



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BÜYÜK MENDERES GRABENİ TEKTONİK
HAREKETLERİNİN UYDU BAZLI TEKNİKLERLE
BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Osman OKTAR

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

AKSARAY, 2020

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 172352301 numaralı Doktora öğrencisi Osman OKTAR tarafından hazırlanan “(BÜYÜK MENDERES GRABENİ TEKTONİK HAREKETLERİNİN UYDU BAZLI TEKNİKLERLE BELİRLENMESİ)” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Harita Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Kemal YURT

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Fatih POYRAZ

Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU

Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 17/07/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Mehmet Ali HİNİS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Doktora tezi olarak sunduđum bu çalıřmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı dűőecek bir yol ve yardıma bařvurmaksızın yazdıđımı, yararlandıđım eserlerin kaynakçada gűőterilenlerden olduđuunu, çalıřmamda kullandıđım verilerin orijinalliđini ve her tűrlű intihalden uzak olduđuunu beyan ederim.

Enstitű tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tűm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Osman OKTAR

TEŞEKKÜR

Bugünlere gelmemde büyük emeği olan, hafızamdan silinmeyen kıymetli öğütlerini bana veren, hayatı boyunca beni hep sevip gözünden sakınan rahmetli babam Muhsin Oktar'a,

Çocukluğumdan bugüne akademik ve sosyal hayatımdaki her aşamada her konuyu iki arkadaş gibi benimle istişare eden anneme,

Üniversite mezuniyetime kadar bende emeği olan tüm değerli hocalarıma,

Yapmış olduğum bu çalışmada ve akademik kariyerime başladığım günden bugüne önerileri, bilgi ve tecrübeleriyle çalışmalarına ve kendimi geliştirmeme büyük katkı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN'a,

Tez çalışmam boyunca tavsiyelerini benden esirgemeyen ve sorularıma değerli zamanlarını ayıran kıymetli hocalarım Doç Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU, Doç. Dr. Fatih POYRAZ ve Dr. Öğr. Üyesi Kemal YURT hocalarıma,

Tez çalışmam boyunca benden desteklerini esirgemeyen Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü ailesine,

Büyük Menderes Grabeni bölgesinde tesis etmiş olduğu GNSS istasyonlarının verilerinin tez kapsamında kullanımına 19074887-115.01.07-E.140987 sayılı 'GNSS Verilerini Kullanma İzni' konulu yazı ile izin veren Aydın Büyükşehir Belediyesi'ne,

Lisans eğitimimi bitirmemde büyük desteğe sahip ve akademik kariyerime başlamama vesile olan değerli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi S. Sefa BİLGİLİOĞLU'na,

Akademik kariyerime başladığımdan bugüne her aşamada ve her durumda tüm detayları istişare ettiğim, bana hep çalışma isteği aşılayan, çalışmalarına daha fazla zaman kalması için harici işlerimi hafifleten fidanlarımın annesi sevgili eşim Fatma OKTAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Babama...

Osman OKTAR
AKSARAY, 2020

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LEVHA TEKTONİĞİ	7
2.1 Depremlerin Oluşumu	9
2.1.1 Faylanma türleri	10
3. TÜRKİYE’NİN TEKTONİK YAPISI	13
3.1 Ege Horst-Graben Sistemi	17
3.1.1 Büyük Menderes Grabeni	19
4. GNSS GÖZLEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YAZILIMLAR	21
4.1 GAMIT/GLOBK	21
4.1.1 GAMIT modülü	22
4.1.2 GAMIT modülünde yapılan işlem adımları	24
4.1.2.1 GNSS gözlemlerinin RINEX formatına dönüştürülmesi	24
4.1.2.2 Proje dizininin oluşturulması	24
4.1.2.3 GAMIT tabloları	24
4.1.2.4 Koordinat (lfile.) dosyasının oluşturulması	26
4.1.2.5 İstasyon bilgi dosyası (station.info)	26
4.1.2.6 Oturum bilgi (session.info) dosyası	27
4.1.2.7 Kontrol tablo dosyası (sestbl.)	27
4.1.2.8 İstasyon tablo dosyası (sittbl.)	27
4.1.2.9 Otomatik temizleme (autocln.cmd) dosyası	28
4.1.3 GLOBK modülü	28
4.1.3.1 Kalman filtreleme tekniği	29
5. İNTERFEROMETRİK YAPAY AÇIKLIKLI RADAR (INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR / INSAR) YÖNTEMİ İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER VE SABİT SAÇICILI İNTERFEROMETRİ (PERSISTENT SCATTERER INTERFEROMETRY / PS-INSAR)	32
5.1 Radar	32
5.2 Yapay Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar-SAR)	34
5.2.1 SAR görüntülerinin özellikleri	34
5.3 InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar / İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar)	35
5.3.1 İnterferometrik faz	36
5.3.2 InSAR yöntemleri	37
5.3.2.1 DInSAR (Differential SAR Interferometry / Diferansiyel InSAR İnterferometrisi)	37
5.3.2.2 PS-InSAR (Persistent Scatterer Interferometry / Sabit Saçıcılı İnterferometri)	39
5.3.2.3 SBAS (Small Baseline Subset / Kısa Baz Uzunluklu İnterferometri)	39
6. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ	41

6.1 Temel Kavramlar.....	41
6.1.1 Durağan (stationary) zaman serileri.....	41
6.1.2 Durağan olmayan (nonstationary) zaman serileri.....	42
6.1.3 Dönüşüm nedir? Dönüşüme neden ihtiyaç duyulur?.....	42
6.1.4 Örneklem frekansı.....	43
6.1.6 Zaman serilerinin bileşenleri	43
6.1.6.1 Tren bileşen analizi	44
6.1.6.2 Periyodik bileşen analizi	44
6.1.6.3 Stokastik bileşen analizi.....	46
6.2 Hızlı Fourier Dönüşümü.....	48
6.3 Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon	51
7. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	52
7.1 Çalışmada Kullanılan GNSS İstasyonları	53
7.2 GNSS Gözlemlerinin GAMIT /GLOBK Yazılımı İle Değerlendirilmesi.....	54
7.2.1 GAMIT ön hazırlık aşaması	54
7.2.2 GAMIT modülü GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi	59
7.2.3 GAMIT sonuçlarının irdelenmesi.....	60
7.2.4 Günlük tekrarlılık grafiklerinin üretilmesi.....	65
7.2.5 GLOBK çözümü ve nokta hızlarının hesaplanması	67
7.3 PS-InSAR Analizi	74
7.3.1 SNAP (Sentinel Application Platform)	75
7.3.2 StaMPS	76
7.3.3 GNSS hızlarının PS-InSAR sonuçlarıyla karşılaştırılması.....	85
7.4 Zaman Serileri Analizi	88
7.4.1 Koordinat zaman serilerinin oluşturulması.....	90
7.4.2 Lineer + trigonometrik modelin oluşturulması.....	91
7.4.3 Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi, giderilmesi ve veri boşluklarının hesaplanması	93
7.4.4 Trend bileşeni analizi (hız kestirimi)	96
7.4.5 Periyodik bileşen analizi.....	101
7.4.6 Koordinat farkları ve trend+periyodik modelin karşılaştırılması	105
7.4.7 Stokastik bileşen analizi	107
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	112
KAYNAKLAR	116
EKLER.....	126
Ek A. GAMIT/GLOBK.....	126
Ek B. Zaman Serileri Analizi	129
ÖZGEÇMİŞ.....	201

DOKTORA TEZİ

BÜYÜK MENDERES GRABENİ TEKTONİK HAREKETLERİNİN UYDU BAZLI TEKNİKLERLE BELİRLENMESİ

Osman OKTAR

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

ÖZET

Bu çalışmada, Büyük Menderes Grabeni'nde (BMG) yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi amacıyla bölgede bulunan ve sürekli gözlem yapan 8 adet GNSS istasyonunun ölçülerinin analizleri gerçekleştirilmiş ve bölgenin hız alanı belirlenmiştir. Ayrıca BMG bölgesini tamamen kapsayacak şekilde PS-InSAR analizi yapılarak bölgede gerçekleşen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) hareketler belirlenmiştir. Son olarak GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen istasyonların günlük koordinat değerleri kullanılarak zaman serileri analizi (ZSA) gerçekleştirilmiştir.

GNSS ölçüleri GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda istasyonların günlük koordinatları, yıllık hızları ve bu hızların standart sapmaları elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda istasyonların Avrasya Sabit/ITRF08 hızları elde edilmiştir. Sonuçlara göre çalışma bölgesinin yatayda yıllık 25-28 mm hızla Güneybatıya doğru hareket ettiği görülmektedir. Düşeyde; BOZD, AYD1 ve KUSD istasyonlarında (+) yönde bir hız değeri gözlenmiş yani yükseklik değerinin arttığı görülmüştür. En büyük hız değeri 2.42 mm/yıl değeri ile BOZD istasyonunda görülürken en küçük hız değeri 0.71 mm/yıl değeri ile AYD1 istasyonunda elde edilmiştir. DNZ1, PAMU, AYDN, DIDM ve DIDI istasyonlarında ise (-) yönde bir hız değeri gözlenmiş yani yükseklik değerinin azaldığı görülmüştür. En büyük hız değeri -5.12 mm/yıl hız değeri ile PAMU istasyonunda ve en küçük hız değeri -0.06 mm/yıl hız değeri ile AYDN istasyonunda görülmüştür.

PS-InSAR analizinde, 13.01.2016 ile 16.12.2018 tarihleri arasında algılanmış 36 adet SAR görüntüsü kullanılmıştır. Analizler StaMPS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre çalışma bölgesi için elde edilen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar incelendiğinde; bölgede yıllık 23 mm'ye kadar alçalma değerleri ve 13 mm'ye kadar yükselme değerleri elde edilmiştir. Ayrıca grabenin merkezinde alçalma, grabenin kuzeyinde ve güneyinde yükselme tespit edilmiştir.

GNSS istasyonlarının Kuzey(N), Doğu(E) ve Yükseklik(U) günlük koordinat değerlerine zaman serileri analizi uygulanarak istasyonların istatistiksel olarak anlamlı trend, periyodik ve stokastik bileşenleri belirlenmiştir. Trend bileşeni analizi sonucunda istasyonların yatayda yıllık 24 mm ile 32 mm arasında değişen hızlarla

Güneybatıya doğru hareket ettiği görülmektedir. İstasyonların Batı ve Güney yönündeki lineer hareketlerinden elde edilen ortalama bileşke hareket 25.72 mm/yıl ve yönü güneybatıdır. İstasyonların Yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler incelendiğinde AYD1 ve BOZD istasyonlarında (+) yönde bir hareket gözlenmiş yani yükseklik değerlerinin arttığı görülmüştür. En büyük lineer hareket 1.43 mm/yıl değeri ile BOZD istasyonunda görülürken en küçük lineer hareket 0.27 mm/yıl değeri ile AYD1 istasyonunda hesaplanmıştır. DIDI, DIDI1, DIDI2, DNZ1, AYDN, DIDM ve PAMU istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareket (-) yöndedir. En büyük lineer hareket -13.79 mm/yıl değeri ile PAMU istasyonunda ve en küçük lineer hareket -2.32 mm/yıl değeri ile DIDI istasyonunda tespit edilmiştir.

Periyodik bileşen analizinde istasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin içerdikleri periyodik bileşenler HFD ile belirlenmiştir. Elde edilen periyot değerleri 2 gün ile 432 gün arasında değişmektedir. Stokastik bileşen analizi sonucunda zaman serileri için ARMA(1,1) ile ARMA(15,14) arasında değişen farklı derecede ARMA modelleri seriler için uygun görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Büyük Menderes Grabeni, Tektonik, GAMIT/GLOBK, PS-InSAR, Zaman serileri analizi.

Temmuz, 2020; 201 sayfa

PhD. THESIS

DETERMINATION OF THE BÜYÜK MENDERES GRABEN TECTONIC MOVEMENTS WITH SATELLITE BASED TECHNIQUES

Osman OKTAR

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatic**

Supervisor: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

ABSTRACT

In this study, the observations of the 8 GNSS stations in Büyük Menderes Graben (BMG), which are constantly observing, were analyzed and the velocity of the area was determined in order to determine crust movements in BMG. In addition, PS-InSAR analyze was performed to determine movements in Line of Sight (LOS) by covering the BMG region. Finally, time series analysis was applied to the Daily coordinate values of the stations.

GNSS observations were analyzed with GAMIT/GLOBK software. As a result of the analysis, daily coordinates, annual velocities, and standard deviations of these velocities of the stations were obtained. As a result of the analysis, the station's Eurasia Fixed/ITRF08 velocities were obtained. According to the result, it was determined that the study area moves to the Southwest with 25-28 mm velocities annually. The velocity results in the Up coordinates of the stations show that BOZD, AYD1, and KUSD stations have velocities in (+) direction, that is, vertical values are increased. The highest velocity value was calculated at BOZD station with 2.42 mm/year value and the lowest velocity value was calculated at AYD1 station with 0.71 mm/year value. The velocities in Up coordinates of DNZ1, PAMU, AYDN, DIDM, and DIDI stations are in (-) direction. The highest velocity value was calculated at PAMU station with -5.12 mm/year value and the lowest velocity value was calculated at AYDN station with -0.06 mm/year value.

In PS-InSAR analysis, 36 SAR images detected between 13.01.2016 and 16.12.2018 were used. Analyses were performed with StaMPS software. According to the result of the analysis, up to 23 mm of annual collapse values and up to 13 mm of annual relevation values were obtained in the region. In addition, it was found that while the collapse occurred in the center of the graben, the elevation increased in the North and South of the graben.

By applying time series analysis to North, East and Up daily coordinate values of GNSS stations, statistically significant trend, periodic and stochastic components of the stations were determined. As a result of the trend component analysis, it is seen that the stations move to the Southwest with velocities ranging from 24 mm to 32 mm annually. The average resultant movement from the linear movements of the stations in the West and South directions is 25.72 mm/year and the direction is southwest. The results of the linear movements in the Up coordinates of the stations show that at

AYD1 ve BOZD stations have linear movements in (+) direction, that is, vertical values increased. The highest linear movement was calculated at BOZD station with 1.43 mm/year value and the lowest linear movement was calculated at AYD1 station with 0.27 mm/year value. Linear movements in Up coordinates of DIDI, DIDI1, DIDI2, DNZ1, AYDN, DIDM, and PAMU stations are in (-) direction. The highest linear movement was detected at PAMU station with -13.79 mm/year value and the lowest linear movement at DIDI station with -2.32 mm/year value.

In the periodic component analysis, the periodic components in the North, East, and Up time series of the stations were determined with HFD. The period values obtained range from 2 to 432 days. As a result of stochastic component analysis, different degrees of ARMA models ranging from ARMA (1.1) to ARMA (15.14) were found suitable for the series.

Keywords: Büyük Menderes Graben, Tectonic, GAMIT/GLOBK, PS-InSAR, Time series analysis.

July, 2020; 201 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yerkürenin katmanlı içyapısı (Kibici, 2005).....	7
Şekil 2.2. Dünya'nın tektonik levha yapısı (URL-22).....	8
Şekil 2.3. Levha sınır tipleri (URL-23).....	10
Şekil 2.4. Eğim atımlı normal faylar (A), eğim atımlı ters faylar (B).	11
Şekil 2.5. Doğrultu atımlı fay (sağ yönlü).	11
Şekil 2.6. Yanal atımlı fay.	12
Şekil 3.1. Türkiye'nin Neotektonik dönemini şekillendiren ana yapılar ve bölgeler (Şengör, 1980).....	13
Şekil 3.2. 1 Ocak 2019 tarihli Türkiye Deprem Tehlike Haritası (URL-5).....	14
Şekil 3.3. Türkiye ve çevresinin aktif tektonik haritası (Reilinger vd., 2006).....	15
Şekil 3.4. Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen depremler (Şengör, 2005).	15
Şekil 3.5. Ege graben ve horstları (URL-4).	18
Şekil 3.6. Büyük Menderes Grabeni (Duman vd., 2011).....	19
Şekil 3.7. Büyük Menderes Grabeni 1900 ve öncesi tarihsel depremler (URL-21).....	20
Şekil 3.8. 1900-2018 yılları arası Büyük Menderes Grabeni'nde meydana gelen ve büyüklüğü 4'ten büyük olan depremlerin dağılımı (URL-8).....	20
Şekil 4.1. İfile. dosyası.	26
Şekil 4.2. İstasyon bilgi (station.info) dosyası.	27
Şekil 4.3. Oturum bilgi (session.info) dosyası.	27
Şekil 4.4. İstasyon kontrol dosyası (sittbl).	28
Şekil 5.1. SLR sisteminin geometrisi.	32
Şekil 5.2. SLR, menzil ve azimut çözünürlükleri.	33
Şekil 5.3. SAR uyduları ve çalışma periyotları (URL-19).....	34
Şekil 5.4. Çöküntü oluşumu öncesi ve sonrası InSAR ölçümleri.	36
Şekil 5.5. İnterferometre geometrisi.	36
Şekil 6.1. Durağan zaman serisi örneği (Küçük, 2004).	41
Şekil 6.2. Durağan olmayan zaman serisi örneği (Küçük, 2004).	42
Şekil 6.3. Bir sinüs fonksiyonunda periyot ve genlik.	44
Şekil 6.4. Periyodik bir sinyalin Fourier dönüşümü (Beyazıt, 1996).	48
Şekil 6.5. Örnek zaman serileri ve Fourier dönüşümleri (Duran, 2013).....	49
Şekil 7.1. Tez iş akış şeması.	52
Şekil 7.2. İstasyon konumları.	53
Şekil 7.3. GAMIT dizin yapısı.....	55
Şekil 7.4. Analizde kullanılan tables dizini.	56
Şekil 7.5. Çalışmada kullanılan IGS istasyonları.	59
Şekil 7.6. Sh_gamit_365.summary dosyası.	60
Şekil 7.7. Autcln.post.sum dosyası.	63
Şekil 7.8. 2014 nrms değerleri.	63
Şekil 7.9. 2015 nrms değerleri.	64
Şekil 7.10. 2016 nrms değerleri.	64
Şekil 7.11. 2017 nrms değerleri.	64
Şekil 7.12. 2018 nrms değerleri.	65
Şekil 7.13. 2014-2015-2016-2017-2018 nrms değerleri.....	65
Şekil 7.14. AYD1 istasyonu 2017 yılı günlük tekrarlılık grafiği.....	67
Şekil 7.15. AYD1 yıllık tekrarlılık grafiği.....	70

Şekil 7.16. İstasyonların yatay hızları (Avrasya Plakası Sabit/ITRF08).	72
Şekil 7.17. İstasyonların düşey hızları (Avrasya Plakası Sabit/ITRF08).	72
Şekil 7.18. Sentinel-1A görüntü çerçevelerinin kapsadığı alanlar.....	75
Şekil 7.19. 131 iz numaralı alçalan özellikli 34 adet Sentinel görüntüsünün master görüntüye göre zamansal ve mekânsal dağılımı (mavi çizgiler interferogram çiftlerini göstermektedir).....	76
Şekil 7.20. IW1 bölümü (BMG batı) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar.....	77
Şekil 7.21. IW1 bölümü (BMG batı) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerleri.	78
Şekil 7.22. Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar (IW1).....	79
Şekil 7.23. IW2 bölümü (BMG orta) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar.....	79
Şekil 7.24. AYDN istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.....	80
Şekil 7.25. AYD1 istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.....	80
Şekil 7.26. BOZD istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.	81
Şekil 7.27. IW2 bölümü (BMG orta) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerleri.	81
Şekil 7.28. Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar (IW2).....	82
Şekil 7.29. IW3 bölümü (BMG doğu) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar.....	83
Şekil 7.30. PAMU istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.....	83
Şekil 7.31. IW3 bölümü (BMG doğu) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerleri.	84
Şekil 7.32. Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar (IW3).....	84
Şekil 7.33. SAR yan-bakış geometrisi ve açısal parametreler.	85
Şekil 7.34. DIDI kuzey zaman serisi.	88
Şekil 7.35. DIDI doğu zaman serisi.	89
Şekil 7.36. DIDI yükseklik zaman serisi.	89
Şekil 7.37. 19.07.2017 ve 20.07.2017 tarihlerinde meydana gelen depremler (URL-16).....	89
Şekil 7.38. AYD1 kuzey zaman serisi.	90
Şekil 7.39. AYD1 doğu zaman serisi.	91
Şekil 7.40. AYD1 yükseklik zaman serisi.	91
Şekil 7.41. AYD1 kuzey lineer + trigonometrik modeli.....	92
Şekil 7.42. AYD1 doğu lineer + trigonometrik modeli.	92
Şekil 7.43. AYD1 yükseklik lineer+trigonometrik modeli.....	92
Şekil 7.44. AYD1 kuzey ağırlıklar.	93
Şekil 7.45. AYD1 doğu ağırlıklar.	94
Şekil 7.46. AYD1 yükseklik ağırlıklar.	94
Şekil 7.47. AYD1 kuzey uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	95
Şekil 7.48. AYD1 doğu uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	95
Şekil 7.49. AYD1 yükseklik uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	95
Şekil 7.50. AYD1 kuzey lineer modeli.....	96

Şekil 7.51. AYD1 doğu lineer modeli.	97
Şekil 7.52. AYD1 yükseklik lineer modeli.	97
Şekil 7.53. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması Kuzey (N)....	100
Şekil 7.54. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması Doğu (E).....	100
Şekil 7.55. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması Yükseklik (U).	101
Şekil 7.56. AYD1 kuzey güç-frekans değişimleri.	102
Şekil 7.57. AYD1 doğu güç-frekans değişimleri.	102
Şekil 7.58. AYD1 yükseklik güç-frekans değişimleri.	102
Şekil 7.59. AYD1 kuzey model ve koordinat farkları.	106
Şekil 7.60. AYD1 doğu model ve koordinat farkları.	106
Şekil 7.61. AYD1 yükseklik model ve koordinat farkları.	106
Şekil 7.62. AYD1 kuzey stokastik bileşeni.	107
Şekil 7.63. AYD1 doğu stokastik bileşeni.	107
Şekil 7.64. AYD1 yükseklik stokastik bileşeni.	108
Şekil 7.65. AYD1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu.	108
Şekil 7.66. AYD1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu.	109
Şekil 7.67. AYD1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu.	109
Şekil 7.68. AYD1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	110
Şekil 7.69. AYD1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	110
Şekil 7.70. AYD1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	110
Şekil A.1. AYD1 istasyonu 2014 yılı günlük tekrarlılık.	126
Şekil A.2. DIDI istasyonu 2015 yılı günlük tekrarlılık.	126
Şekil A.3. AYD1 istasyonu 2016 yılı günlük tekrarlılık.	127
Şekil A.4. DNZ1 istasyonu 2017 yılı günlük tekrarlılık.	127
Şekil A.5. AYD1 istasyonu 2018 yılı günlük tekrarlılık.	128
Şekil B.1. (a) DIDI kuzey zaman serisi, (b) DIDI kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI kuzey ağırlıklar.	129
Şekil B.2. (a) DIDI kuzey uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data, (b) DIDI kuzey lineer modeli, (c) DIDI kuzey güç-frekans değişimleri, (d) DIDI kuzey model ve koordinat farkları. .	130
Şekil B.3. (a) DIDI kuzey stokastik bileşeni, (b) DIDI kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (c) DIDI kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	131
Şekil B.4. (a) DIDI doğu zaman serisi, (b) DIDI doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI doğu ağırlıklar, (d) DIDI doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	132
Şekil B.5. (a) DIDI doğu lineer modeli, (b) DIDI doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDI doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDI doğu stokastik bileşeni.	133
Şekil B.6. (a) DIDI doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	134
Şekil B.7. (a) DIDI yükseklik zaman serisi, (b) DIDI yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI yükseklik ağırlıklar, (d) DIDI yükseklik uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	135

Şekil B.8. (a) DIDI yükseklik lineer modeli, (b) DIDI yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DIDI yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DIDI yükseklik stokastik bileşeni.	136
Şekil B.9. (a) DIDI yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	137
Şekil B.10. (a) DIDI1 kuzey zaman serisi, (b) DIDI1 kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI1 kuzey ağırlıklar, (d) DIDI1 kuzey uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	138
Şekil B.11. (a) DIDI1 kuzey lineer modeli, (b) DIDI1 kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DIDI1 kuzey model ve koordinat farkları, (d) DIDI1 kuzey stokastik bileşeni.	139
Şekil B.12. (a) DIDI1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	140
Şekil B.13. (a) DIDI1 doğu zaman serisi, (b) DIDI1 doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI1 doğu ağırlıklar, (d) DIDI1 doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	141
Şekil B.14. (a) DIDI1 doğu lineer modeli, (b) DIDI1 doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDI1 doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDI1 doğu stokastik bileşeni.	142
Şekil B.15. (a) DIDI1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	143
Şekil B.16. (a) DIDI1 yükseklik zaman serisi, (b) DIDI1 yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI1 yükseklik ağırlıklar, (d) DIDI1 yükseklik uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	144
Şekil B.17. (a) DIDI1 yükseklik lineer modeli, (b) DIDI1 yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DIDI1 yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DIDI1 yükseklik stokastik bileşeni.	145
Şekil B.18. (a) DIDI1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	146
Şekil B.19. (a) DIDI2 kuzey zaman serisi, (b) DIDI2 kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI2 kuzey ağırlıklar, (d) DIDI2 kuzey uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	147
Şekil B.20. (a) DIDI2 kuzey lineer modeli, (b) DIDI2 kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DIDI2 kuzey model ve koordinat farkları, (d) DIDI2 kuzey stokastik bileşeni.	148
Şekil B.21. (a) DIDI2 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI2 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	149
Şekil B.22. (a) DIDI2 doğu zaman serisi, (b) DIDI2 doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI2 doğu ağırlıklar, (d) DIDI2 doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	150
Şekil B.23. (a) DIDI2 doğu lineer modeli, (b) DIDI2 doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDI2 doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDI2 doğu stokastik bileşeni.	151

Şekil B.24. (a) DIDI2 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI2 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.....	152
Şekil B.25. (a) DIDI2 yükseklik zaman serisi, (b) DIDI2 yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI2 yükseklik ağırlıklar, (d) DIDI2 yükseklik uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	153
Şekil B.26. (a) DIDI2 yükseklik lineer modeli, (b) DIDI2 yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DIDI2 yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DIDI2 yükseklik stokastik bileşeni.....	154
Şekil B.27. (a) DIDI2 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI2 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	155
Şekil B.28. (a) DNZ1 kuzey zaman serisi, (b) DNZ1 kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DNZ1 kuzey ağırlıklar, (d) DNZ1 kuzey uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	156
Şekil B.29. (a) DNZ1 kuzey lineer modeli, (b) DNZ1 kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DNZ1 kuzey model ve koordinat farkları, (d) DNZ1 kuzey stokastik bileşeni.....	157
Şekil B.30. (a) DNZ1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DNZ1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	158
Şekil B.31. (a) DNZ1 doğu zaman serisi, (b) DNZ1 doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DNZ1 doğu ağırlıklar, (d) DNZ1 doğu uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	159
Şekil B.32. (a) DNZ1 doğu lineer modeli, (b) DNZ1 doğu güç-frekans değişimleri, (c) DNZ1 doğu model ve koordinat farkları, (d) DNZ1 doğu stokastik bileşeni.	160
Şekil B.33. (a) DNZ1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DNZ1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.....	161
Şekil B.34. (a) DNZ1 yükseklik zaman serisi, (b) DNZ1 yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DNZ1 yükseklik ağırlıklar, (d) DNZ1 yükseklik uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	162
Şekil B.35. (a) DNZ1 yükseklik lineer modeli, (b) DNZ1 yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DNZ1 yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DNZ1 yükseklik stokastik bileşeni.	163
Şekil B.36. (a) DNZ1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DNZ1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	164
Şekil B.37. (a) AYDN kuzey zaman serisi, (b) AYDN kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) AYDN kuzey ağırlıklar, (d) AYDN kuzey uyşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	165
Şekil B.38. (a) AYDN kuzey lineer modeli, (b) AYDN kuzey güç-frekans değişimleri, (c) AYDN kuzey model ve koordinat farkları, (d) AYDN kuzey stokastik bileşeni.	166
Şekil B.39. (a) AYDN kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) AYDN kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	167

Şekil B.40.	(a) AYDN doğu zaman serisi, (b) AYDN doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) AYDN doğu ağırlıklar, (d) AYDN doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	168
Şekil B.41.	(a) AYDN doğu lineer modeli, (b) AYDN doğu güç-frekans değişimleri, (c) AYDN doğu model ve koordinat farkları, (d) AYDN doğu stokastik bileşeni.....	169
Şekil B.42.	(a) AYDN doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) AYDN doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	170
Şekil B.43.	(a) AYDN yükseklik zaman serisi, (b) AYDN yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) AYDN yükseklik ağırlıklar, (d) AYDN yükseklik uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	171
Şekil B.44.	(a) AYDN yükseklik lineer modeli, (b) AYDN yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) AYDN yükseklik model ve koordinat farkları, (d) AYDN yükseklik stokastik bileşeni.....	172
Şekil B.45.	(a) AYDN yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) AYDN yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	173
Şekil B.46.	(a) BOZD kuzey zaman serisi, (b) BOZD kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) BOZD kuzey ağırlıklar, (d) BOZD kuzey uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	174
Şekil B.47.	(a) BOZD kuzey lineer modeli, (b) BOZD kuzey güç-frekans değişimleri, (c) BOZD kuzey model ve koordinat farkları, (d) BOZD kuzey stokastik bileşeni.....	175
Şekil B.48.	(a) BOZD kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) BOZD kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	176
Şekil B.49.	(a) BOZD doğu zaman serisi, (b) BOZD doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) BOZD doğu ağırlıklar, (d) BOZD doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	177
Şekil B.50.	(a) BOZD doğu lineer modeli, (b) BOZD doğu güç-frekans değişimleri, (c) BOZD doğu model ve koordinat farkları, (d) BOZD doğu stokastik bileşeni.	178
Şekil B.51.	(a) BOZD doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) BOZD doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.....	179
Şekil B.52.	(a) BOZD yükseklik zaman serisi, (b) BOZD yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) BOZD yükseklik ağırlıklar, (d) BOZD yükseklik uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	180
Şekil B.53.	(a) BOZD yükseklik lineer modeli, (b) BOZD yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) BOZD yükseklik model ve koordinat farkları, (d) BOZD doğu stokastik bileşeni.....	181
Şekil B.54.	(a) BOZD yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) BOZD yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	182
Şekil B.55.	(a) DIDM kuzey zaman serisi, (b) DIDM kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDM kuzey ağırlıklar, (d) DIDM kuzey uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	183

Şekil B.56. (a) DIDM kuzey lineer modeli, (b) DIDM kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DIDM kuzey model ve koordinat farkları, (d) DIDM kuzey stokastik bileşeni.	184
Şekil B.57. (a) DIDM kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDM kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	185
Şekil B.58. (a) DIDM doğu zaman serisi, (b) DIDM doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDM doğu ağırlıklar, (d) DIDM doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	186
Şekil B.59. (a) DIDM doğu lineer modeli, (b) DIDM doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDM doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDM doğu stokastik bileşeni.	187
Şekil B.60. (a) DIDM doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDM doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	188
Şekil B.61. (a) DIDM yükseklik zaman serisi, (b) DIDM yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDM yükseklik ağırlıklar, (d) DIDM yükseklik uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	189
Şekil B.62. (a) DIDM yükseklik lineer modeli, (b) DIDM yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DIDM yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DIDM yükseklik stokastik bileşeni.	190
Şekil B.63. (a) DIDM yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDM yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	191
Şekil B.64. (a) PAMU kuzey zaman serisi, (b) PAMU kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) PAMU kuzey ağırlıklar, (d) PAMU kuzey uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	192
Şekil B.65. (a) PAMU kuzey lineer modeli, (b) PAMU kuzey güç-frekans değişimleri, (c) PAMU kuzey model ve koordinat farkları, (d) PAMU kuzey stokastik bileşeni.	193
Şekil B.66. (a) PAMU kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) PAMU kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	194
Şekil B.67. (a) PAMU doğu zaman serisi, (b) PAMU doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) PAMU doğu ağırlıklar, (d) PAMU doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	195
Şekil B.68. (a) PAMU doğu lineer modeli, (b) PAMU doğu güç-frekans değişimleri, (c) PAMU doğu model ve koordinat farkları, (d) PAMU doğu stokastik bileşeni.	196
Şekil B.69. (a) PAMU doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) PAMU doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	197
Şekil B.70. (a) PAMU yükseklik zaman serisi, (b) PAMU yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) PAMU yükseklik ağırlıklar, (d) PAMU yükseklik uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.	198
Şekil B.71. (a) PAMU yükseklik lineer modeli, (b) PAMU yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) PAMU yükseklik model ve koordinat farkları, (d) PAMU yükseklik stokastik bileşeni.	199

Şekil B.72. (a) PAMU yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi- otokorelasyon fonksiyonu, (b) PAMU yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.	200
---	-----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 7.1. GNSS istasyonlarının genel bilgileri.	53
Çizelge 7.2. GNSS istasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri.	54
Çizelge 7.3. GNSS istasyonları veri durumları.....	54
Çizelge 7.4. Global dosyalar.....	56
Çizelge 7.5. GAMIT değerlendirme stratejisi.....	58
Çizelge 7.6. Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları.....	59
Çizelge 7.7. GAMIT dizinleri ve açıklamaları.	60
Çizelge 7.8. Stabilizasyon işleminde kullanılan IGS istasyonları.	69
Çizelge 7.9. Nokta hızları (Avrasya Plakası sabit/ITRF08).	71
Çizelge 7.10. Sentinel-1A uydu bilgileri.	74
Çizelge 7.11. SAR görüntülerinin çekim tarihleri.	74
Çizelge 7.12. GNSS gözlemlerinin GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmesi sonucu elde edilen istasyon hızlarının istatistiksel değerlendirme sonuçları.	87
Çizelge 7.13. GNSS ve PS-InSAR tabanlı LOS hızların istatistiksel değerlendirme sonuçları.	87
Çizelge 7.14. 20.07.2017 tarihinde Bodrum/Muğla’da gerçekleşen depremler (URL-16).....	90
Çizelge 7.15. İstasyonların lineer modelleri (trend) ve yıllık hızları.	98
Çizelge 7.16. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması.....	99
Çizelge 7.17. İstasyonların kuzey koordinat bileşenlerinde bulunan periyotlar.....	103
Çizelge 7.18. İstasyonların doğu koordinat bileşenlerinde bulunan periyotlar.	104
Çizelge 7.19. İstasyonların yükseklik koordinat bileşeninde bulunan periyotlar. ...	104
Çizelge 7.20. İstasyonların kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin uygun stokastik modelleri ve FPE değerleri.....	111

SİMGELER VE KISALTMALAR

AOS	Ashtech office suite
BMG	Büyük Menderes Grabeni
B	Batı
CORS-TR	Continuously Operating Reference Stations-Turkey
D	Doğu
DAF	Doğu Anadolu Fayı
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
EGS	Ege Graben Sistemi
EKK	En küçük kareler
f	Frekans
FPE	Final prediction error
G	Güney
GAMIT	GNSS at Massachutes Institue of Techonology
GATGA	Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı
GBA	Güneybatı Anadolu
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GEONEP	Geodetic navstar positioning
GIPSY	GNSS inferred positioning system
GLOBK	Global kalman filtering
GNSS	Global Navigasyon Uydu Sistemleri
HFD	Hızlı fourier dönüşümü
Hz	Hertz
InSAR	Interferometrik-Sentetik Açıklıklı Radar
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
K	Kuzey
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
LGO	Leica geo office
LOS	Line of sight
PS-InSAR	Sabit Saçıcılı İnterferometrik-Sentetik Açıklıklı Radar
RAR	Gerçek Açıklıklı Radar
RINEX	Receiver independent exchange format
SAR	Sentetik Açıklıklı Radar
SBAS	Small Baselines Interferometry
SLC	Single look complex
SLR	Yan Bakışlı Radar
StaMPS	Stanford Method for Persistent Scatterers
SYM	Sayısal yükseklik modeli
T	Periyot
TGO	Trimble geomatics office
TTC	Trimble total control
TUSAGA-Aktif	Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Aktif
VLBI	Çok uzun baz enterferometrisi

1. GİRİŞ

Yer yuvarı üzerinde insanları etkileyen önemli olaylar, su taşkınları, heyelan, gel-git olayları, buzulların erimesi, volkanizma ve deprem olarak sayılabilir. Litosfer tabakasını oluşturan levhaların birbirleri ile olan ilişkileri neticesinde meydana gelen depremler insanlığa büyük zararlar veren doğa olaylarından birisidir. Bu sebeple depremlerin önceden tahmin edilmesi amacıyla çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmalar son yüzyılda artarak devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda depremin zamanı net bir şekilde belirlenmese de fayların hareketleri incelenerek olası deprem yerleri tahmin edilebilmektedir.

Tektonik hareketlerin belirlenmesi amacıyla jeoloji, jeofizik ve jeodezi bilim dallarında ölçmeler yapılmakta ve farklı yöntemlerle bu ölçmeler değerlendirilmektedir. Tektonik hareketlerin jeodezik yöntemlerle belirlenmesinde önceleri klasik yersel ölçme teknikleri kullanılırken, teknolojinin gelişmesiyle VLBI (Çok Uzun Baz Enterferometrisi), SLR (Yan Bakışlı Radar), InSAR (Interferometrik-Sentetik Açıklıklı Radar) ve GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemleri) gibi ölçme teknikleri gelişmiş ve uygulamalarda kullanılmıştır. Bu yöntemlerden en önemlisi olan GNSS ölçme tekniği yöntemi yüksek doğruluk sağlaması, hızlı çözüm olması ve birçok geleneksel uygulamaya göre daha ekonomik olması sebebiyle kullanıcıya avantaj sağlamaktadır.

Yer bilimlerinde, GNSS yöntemi yanında diğer önemli yöntem de InSAR yöntemidir. InSAR yönteminin temeli çalışma alanının deformasyon öncesinde ve deformasyon sonrasında verisinin toplanmasına dayanmaktadır. Bu yöntemde uydunun çalışma alanının farklı zaman diliminde iki defa görüntüsünün alınması veya çalışma alanına ait iki görüntünün aynı anda iki farklı anten vasıtası ile alınması gereklidir. InSAR analizinde deformasyondan önce alınan uydu radar görüntüsü ile deformasyondan sonra alınan uydu radar görüntüsü karşılaştırılarak fark görüntüsü (interferogram) oluşturulmaktadır. Oluşturulan interferogram ile deformasyonu oluşturan olaya ait veri elde edilmiş olacaktır. Bu olaylara örnek olarak; heyelan, deprem, çökme ve buzul erimesi gibi doğa olayları verilebilir. Araştırmacılar PS-InSAR tekniğini geliştirmişler ve bu teknikle belirlenen alan için daha fazla görüntü ile analizler gerçekleştirilerek bölge ile ilgili daha hassas sonuçlar elde edilebilmekte ve bölgenin hareketlerinin zaman serileri oluşturulabilmektedir (Hooper vd., 2012).

Bu tez çalışmasında Büyük Menderes Grabeni (BMG)'ne ait güncel hız bilgileri belirlenmiştir. BMG güncel hız bilgilerinin bölgenin tektonik yapısının belirlenmesinde yardımcı veriler olarak kullanılabilecek olması önem taşımaktadır. Ayrıca çalışma bölgesinde ileride yapılacak jeolojik ve jeofizik çalışmalar için de bu çalışmanın bir altlık oluşturacak olması, çalışmanın önemini artırmaktadır.

Konuyla ilgili günümüze kadar yapılmış çalışmalar farklı zaman dilimlerini kapsamaktadır (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006, Tiryakioğlu, 2012; Weiss, 2020). Bu çalışmada, BMG bölgesine ait yeni gözlemlerle analizler gerçekleştirildiği için, zamansal olarak yeni bir çalışma olması ve bununla beraber bölge için önceden elde edilen sonuçlarla farklılıkların olup olmadığının belirlenmiş olması da ayrıca önem taşımaktadır.

BMG bölgesinde sürekli gözlem yapan 8 adet GNSS istasyonu mevcuttur. Bu istasyonların sürekli gözlemlerinden elde edilen veriler GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiş istasyonların yıllık hızları, hızların standart sapma değerleri ve günlük koordinat değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu koordinat değerlerinden istasyonların koordinat zaman serileri oluşturulmuş ve koordinat zaman serilerine trend bileşen, periyodik bileşen ve stokastik bileşen analizi uygulanarak istasyonların davranış modelleri matematiksel olarak belirlenmiştir. Trend bileşen analizinde öngörülen lineer modeller ile istasyonların ve bölgenin ayrıca yıllık ortalama hızları hesaplanmıştır. Ayrıca, hesaplanan hız verileri, bölgenin tektonik yapısının belirlenmesinde girdi olarak kullanılabilecek olup, istasyonların beklenen (lineer, periyodik vs.) davranışları gösterip göstermediği tespit edilmiştir. Ayrıca BMG bölgesini tamamen kapsayacak şekilde PS-InSAR analizi yapılarak bölgede gerçekleşen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) hareketler belirlenmiştir.

1990'lı yılların başlangıcında GNSS yöntemi ile Türkiye'de kabuk hareketini belirleme amacıyla çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda KAFZ üzerinde 5 mm ile 110 mm arasında değişen büyüklükte hareketler jeodezik, jeolojik ve sismolojik farklı yöntem ve veriler kullanılarak elde edilmiştir. Jeolojik veriler kullanarak Barka ve Kadinsky-Cade (1998) KAFZ'nun batı kesimi için yatayda 5 mm ile 10 mm arasında değişen yıllık hız değeri elde etmişlerdir. Kasapoğlu ve Toksöz (1983) sismolojik veriler kullanarak yine aynı bölge için yatayda yıllık 10 mm hız değeri elde etmişlerdir. Farklı çalışmalarda Taymaz vd. (1991) yatayda yıllık

38 mm hız değeri; Kiratzi ve Papazachos (1995) yatayda yıllık 16 mm hız değeri tespit etmişlerdir. Yine Straub (1996) çalışmasında yatayda 16-18 mm'lik yıllık hız değerini KAFZ'nun batı kesimi için vermiştir. McClusky vd. (2000) çalışmalarında yatayda $22-24 \pm 1$ mm yıllık ortalama hız değerini KAFZ tamamı için vermiştir. Daha kapsamlı bir başka çalışmada Reilinger vd. (2006), Türkiye ve çevresini incelemiş ve çalışma sonucunda KAFZ'nun tamamı için yatayda yıllık ortalama 25 mm hız değerini belirlemiştir.

Yavaşoğlu (2009), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) orta kesimiyle ilgili analizler gerçekleştirmiştir. Çalışma alanında mevcut olan blokları temsil edecek şekilde bir GNSS ağı oluşturmuştur. 4 kampanya GNSS ölçüsünü 2001-2004 yılları arasında gerçekleştirmiş ve GAMIT/GLOBK yazılım takımı ile değerlendirmiştir. Bu değerlendirme sonucunda ITRF2000 referans sisteminde (Avrasya sabit) çalışma bölgesi için hız alanı üretmiştir. Ayrıca elde edilen hız alanı DEFNODE yazılımı ile değerlendirmiş ve blokların birbirine göre rotasyonel hareketlerini ve bu hareketlerden kaynaklanan gerilim birikimini incelemiştir. Sonuçlara göre KAF'nın ana kolunun diğer kollarının tersine aktif olduğu GNSS hız vektörlerinden anlaşıldığı görülmüştür.

Poyraz (2009), doktora tezi çalışmasında Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'ın Tokat-Erzincan (Kelkit Vadisi) arasında kalan doğu kesiminde yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi amacıyla 2006 yılında 36 nokta olarak kurulan GNSS ağında 2006, 2007 ve 2008 yıllarında periyodik GNSS ölçü kampanyaları yapmıştır. GNSS kampanya ölçülerinin analiz işlemi ile uygulama bölgesinin hız alanını ve gerilim (strain) birikimini belirlemiştir. Çalışmasının sonucunda, hız alanında Avrasya ve Anadolu plakası üzerindeki noktalarda kuzeyden güneye ve Anadolu plakası üzerindeki noktalarda doğudan batıya doğru bir artış gösterdiğini tespit etmiştir. Avrasya plakasına göre Anadolu plakası üzerinde bölgenin doğusunda hız büyüklüğü 13 ± 0.5 mm/yıl iken batıda 22 ± 0.3 mm/yıl değerine ulaştığını belirlemiştir. Avrasya plakasının en kuzeyinde hız büyüklüğü 4 ± 0.3 mm/yıl iken en güneyinde bu hız değeri 22 ± 0.3 mm/yıl olarak elde etmiştir.

Çakmak (2010) çalışmasında sürekli ve kampanya tarzı GNSS istasyonlarından elde edilen veriler ile 1999 yılında olan $M_w=7.4$ büyüklüğündeki İzmit depremini temel alarak deprem döngüsünü tanımlamış ve modellemiştir. Blok modelleme yöntemi ile

deprem öncesi ve deprem sonrası güncel hız alanını (2002-2009) aynı blok geometrisi ile modellemiştir.

Arıkan vd. (2010) çalışmalarında 1992-2001 yılları arasında alınan 42 adet ERS görüntüsü ile Batı Anadolu için PS-InSAR analizi gerçekleştirmiştir. GPS modelleme sonuçlarına göre intersismik tektonik sinyalin doğrusal bir eğilim olarak gösterilebildiği çıkarımı yapılmıştır.

Tiryakioğlu (2012), “GNSS Ölçüleri ile Güneybatı Anadolu’daki (GBA) Blok Hareketleri ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi” isimli doktora tezi çalışmasında Güneybatı Anadolu Bölgesi’ndeki blok hareketleri ve gerilim alanlarını belirleme amacıyla bölgeye tesis edilen 57 noktalı Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı (GATGA) ölçülerini GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirerek bölgenin hız alanını elde etmiştir. Ayrıca GRID_STRAIN ve ANSYS yazılımları kullanarak Güneybatı Anadolu’nun yamulma (strain) ve gerilme (stres) alanlarını elde etmiştir. Çalışma sonucunda Anadolu bloğu üzerinde bulunan noktaların Avrasya bloğuna göre 10-15 mm/yıl (± 0.5 mm/yıl) hız ile hareket ettiği görülürken, bu hız değeri Ege açılma bloğunda 26-29 mm/yıl (± 0.5 mm/yıl), Marmaris bloğu üzerinde ise 31-34 mm/yıl (± 0.5 mm/yıl) kadar ulaştığı görülmüştür.

Gülal vd. (2013) çalışmalarında Türkiye’nin güneybatısında bulunan 20 adet TUSAGA-Aktif (CORS_TR) istasyonunun 788 günlük konum bilgilerini zaman serileri analizi ile irdelemişlerdir. Trend bileşeni analizinde; KAMN istasyonu hariç diğer istasyonların güneybatı yönünde 21.7 mm/yıl büyüklüğünde bir harekete sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Periyodik bileşen analizinde istasyonların günlük, aylık, mevsimlik, yıllık ve yılaşırı büyüklüğünde olan periyodik bileşenlerini belirlemişlerdir. Stokastik bileşen analizinde; AKHR doğu bileşeninin hareketini AR(2) modeliyle, diğer istasyonların hareketlerini ARMA(p,q) tipi modellerle tanımlamışlardır.

Hastaoğlu vd. (2014) Koyulhisar (Sivas) bölgesinde heyelanların izlenmesi amacıyla PS-InSAR yöntemi ile analizler gerçekleştirmişlerdir. Analizler StaMPS programında gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda bölgede çöküntü alanları ve bölge için uydu bakış doğrultusundaki hızlar belirlenmiştir.

Solak (2015) çalışmasında Güneybatı Anadolu'daki hız ve gerinim alanı değişimini belirlemek için geçmiş yıllarda kurulmuş olan toplam 30 noktaya sahip Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı'nda (GATGA) GNSS ölçüleri yapmıştır. Çalışma sonucunda çalışma bölgesinin Avrasya Plakası sabit alınarak yıllık 10-35 mm'lik hızla güneybatı yönünde bir hareketi olduğunu belirlemiştir. Ayrıca elde ettiği hızları kullanarak çalışma alanının gerinim alanlarını belirlemiştir.

Oktar (2015) çalışmasında TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarının günlük koordinat değerlerine zaman serisi analizi uygulamış, koordinat zaman serilerinin trend ve periyodik bileşenlerini belirlemiştir.

Poyraz vd. (2016) Gediz grabeninin doğu kesimindeki tektonik hareketlerin izlenmesi amacıyla ENVISAT radar görüntülerine PS-InSAR analizi gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonucunda on yıllık bir periyotta bölge için düşey yönde yaklaşık olarak -9 mm/yıl hız değeri elde edilmiştir.

Yalvaç (2016) doktora tez çalışmasında Konya Kapalı Havzası'nda zemin çökmelerini izlemek amacıyla havzada 25 noktadan oluşan bir deformasyon ağı tesis ederek 2011-2016 yılları arasında gerçekleştirdiği gözlemlerle yıllık 50 mm'ye varan zemin çökme değerleri elde etmiştir. Ayrıca bölgede bulunan sürekli gözlem istasyonlarına ait verilerden havzada zemin çökmelerinin yıl içi davranışlarını belirlemiştir.

Orhan (2018) doktora tezi çalışmasında Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Karapınar ve çevresine ait Cosmo-SkyMed (2016) ve Sentinel-1 (2014-2017) uydu verilerinden temin edilen 37 adet SAR görüntüsü ile bir InSAR yöntemi olan SBAS tekniği ile deformasyon analizi gerçekleştirmiştir. Analizler sonucunda bölgede yıllık 55 mm'ye kadar alçalma değerleri tespit etmiştir.

Aslan (2019) doktora tezi çalışmasında InSAR zaman serileri tekniği kullanarak yüzey deformasyonlarını belirlemiştir. Çalışmada ERS-1, ERS-2, Envisat, TerraSAR-X ve Sentinel-1 görüntüleri kullanılmış olup analizler STAMPS programında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma bölgesiyle ilgili yapılan literatür araştırmasında BMG'nde yeterli jeodezik çalışma olmadığı ancak jeoloji (Sözbilir, 1989; Eravcı, 2006; Yönlü, 2008, Sümer,

2013 ve Türesin, 2019) ve jeofizik (Şahin, 2004; Kaftan, 2010; Altınoğlu, 2012; Çırmık, 2014 ve Akcan, 2019) alanlarında birçok çalışma gerçekleştirildiği görülmüştür.

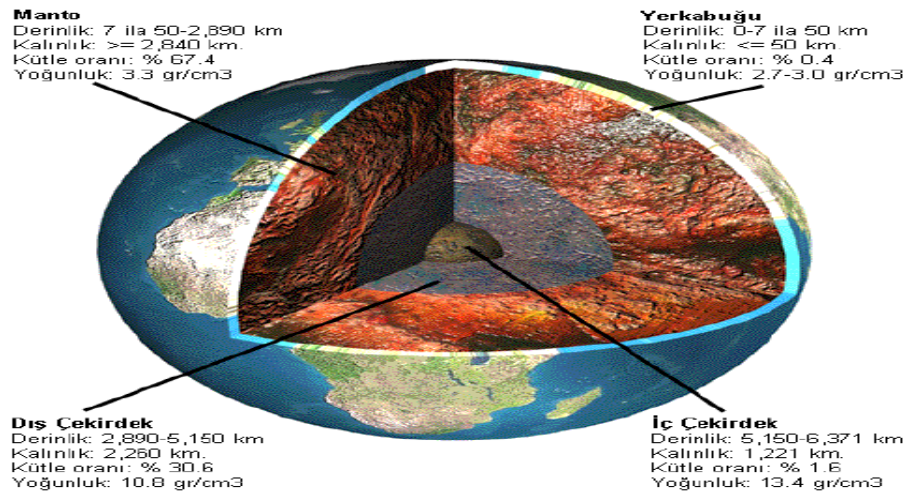


2. LEVHA TEKTONİĞİ

Alfred Wegener'in 1912 yılında yayınlanan "Kıtalar ve Okyanusların Kökeni" adlı eserinde belirtilen Levha Tektoniği Kuramı tektonik kuramlar içinde en önemli kuramlardan biridir. Wegener bu eserinde Yer'in iç bölümünde bulunan ve yer kabuğundan daha yoğun olan bir madde üzerinde bütün kıtaların yüzdüğünü, bundan dolayı 250 milyon yıl önce bütün kıtaların tek bir parça halinde dev bir kıta olduğunu ileri sürmektedir. Wegener'e göre bu dev kıta zamanla daha küçük kıtalara bölünmüştür ve bu küçük kıtalar zaman ilerledikçe birbirlerinden ayrılmışlardır. Teoriye göre okyanus tabanlarından farklı bir yapıda olan kıtalar onlara sıkıca bağlı olmayıp aksine buzdağlarının denizde yüzdükleri gibi kıtalar da derin deniz diplerinde-okyanus tabanlarında açığa çıkan ve yoğunlukları kendilerinininkinden daha fazla olan ağır maddeler üzerinde kayarlar.

Büyük oranda okyanuslardan elde edilen veriler üzerine kurulu olan Levha Tekniği teorisi, bu özelliğinden dolayı bu teoriden daha önce ortaya atılan teorilerden farklıdır. Bu sebeple Levha Tektoniği kuramı yerbilimciler tarafından büyük oranda benimsenmiştir. Bu yüzden Dünya'nın iç yapısının bilinmesi, Levha Tektoniği'ni daha iyi anlamak için gereklidir.

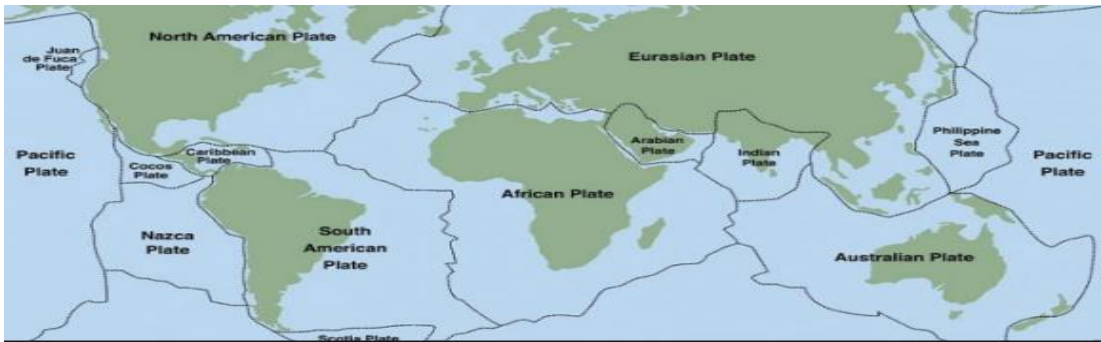
Yerküre en dış yüzeyinden iç kısımlarına doğru farklı yapı ve özellikteki bölümlerden oluşmaktadır. Yerküre, dıştan içe doğru Litosfer, Manto ve Çekirdek olarak adlandırılan katmanlardan oluşmaktadır. Manto, üst ve alt Manto olmak üzere 2 kısma ayrılırken Çekirdek Dış ve İç Çekirdek olarak alt katmanlara ayrılmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yerkürenin katmanlı iç yapısı (Kibici, 2005).

Yoğunluk ve ağırlık açısından en ağır elementler Çekirdek bölümünde bulunmaktadır. Çekirdek, Dünya'nın en iç bölümünü oluşturmaktadır. Çekirdeğin 5120-2890 km'ler arasındaki bölümüne Dış Çekirdek, 6371-5150 km'ler arasındaki bölümüne İç Çekirdek denilmektedir. Çok yüksek basınç ve sıcaklığa maruz kalan ve İç Çekirdek'te bulunan demir-nikel karışımı kristal halde bulunmaktadır ancak bu karışım Dış Çekirdek'te ergimiş halde bulunmaktadır (Karaman, 2006; URL-12).

Manto, Litosfer ile Çekirdek arasındaki katmandır. 100-2890 km'ler arasında bulunan mantonun yoğunluğu $3.3-5.5 \text{ g/cm}^3$, sıcaklığı $1900-3700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Manto, yer hacminin en büyük bölümünü oluşturmaktadır. Yapısında silisyum, magnezyum, nikel ve demir bulunmaktadır. Manto'nun üst kesimi yüksek sıcaklık ve basınçtan dolayı plastiki özellik göstermektedir. Alt kesimleri ise sıvı halde bulunmaktadır. Bu nedenle mantoda sürekli olarak alçalıcı-yükselici hareketler görülmektedir. Litosfer; mantonun üstünde yer alan ve yeryüzüne kadar uzanan katmandır (URL-12). Litosferin kalınlığı ortalama 100 km'dir. Taşküre'nin ortalama 35 km'lik üst bölümüne yerkabuğu denir. Daha çok silisyum ve alüminyum bileşimindeki taşlardan oluşması nedeniyle sial de denir. Yerkabuğunun altındaki bölüme ise silisyum ve magnezyumdan oluştuğu için sima denir (Karaman, 2006; URL-12). Litosfer birbirine göre hareket eden çeşitli boyutlardaki parçalara ayrılmıştır. Bu litosfer parçalarına Levha (Plaka), bunların hareketini açıklayan teoriye de Levha Tektoniği adı verilir (Tüysüz, 1999). Dünya'da tespit edilen 9 tane büyük, çok sayıda da küçük levha vardır. Bu 9 levhanın 6'sı kıta isimleriyle adlandırılmıştır. Bunlar Antartika, Avusturalya, Avrasya, Afrika, Kuzey Amerika, Güney Amerika levhalarıdır (Şekil 2.2). Diğer 3 levha ise okyanus levhaları olup Pasifik, Kokos ve Nazka levhalarıdır. Hindistan ve Arap levhaları başlıca küçük levhalardandır (URL-13).



Şekil 2.2. Dünya'nın tektonik levha yapısı (URL-22).

2.1 Depremlerin Oluşumu

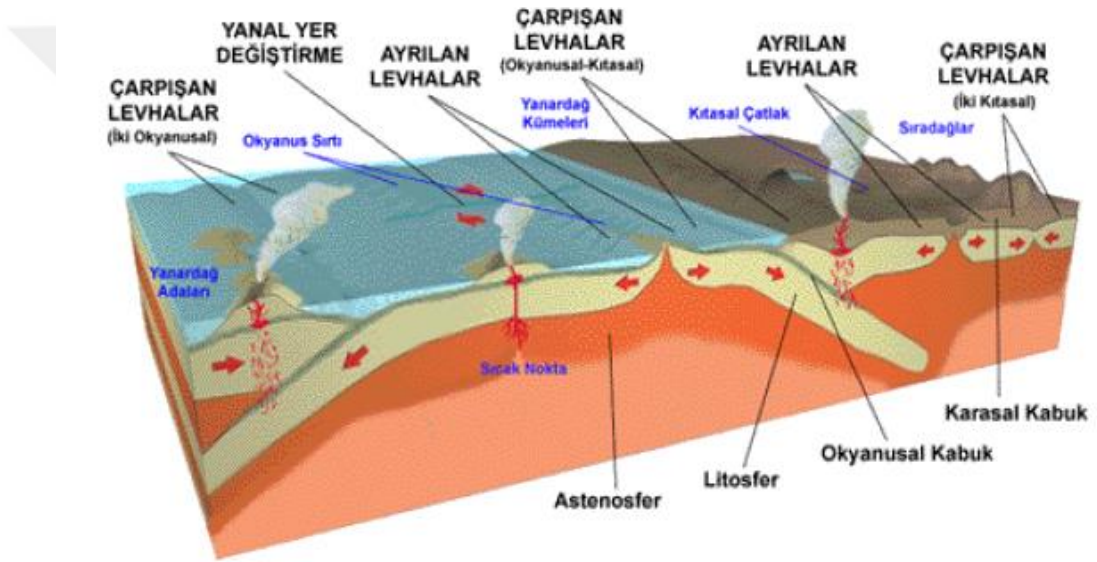
Yerkabuğunda aniden ortaya çıkan enerjinin sonucunda oluşan sismik dalgalar ve bu dalgaların yeryüzünü sarmasına Deprem denilmektedir (URL-6) Diğer bir deyişle deprem, yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayıdır (URL-10). Deprem, insanların hareket etmediğini düşündüğü ve güvenerek ayağını bastığı toprağın da sarsılacağını ve üzerinde bulunmakta olan tüm yapıların da hasar görebileceğini veya bu yapıların insanların can kaybına neden olacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayı olarak tanımlanmaktadır (Kibici, 2005). Farklı jeolojik olaylar depremlerin oluşumuna sebep olmaktadır. Bu açıdan sebeplerine göre depremler; tektonik depremler, volkanik depremler ve çöküntü depremler olarak 3 gruba ayrılmaktadır.

Tektonik depremler, yer içinde biriken iç kuvvetlerin neden olduğu gerilmelerin boşalması ile oluşan katmanların yer değiştirme, oynama ve kırılma gibi hareketlerinin sonucunda meydana gelen genellikle levha sınırlarında oluşmaktadır. Şiddet ve etki alanı bakımından en önemli ve en yıkıcı olan depremlerdir. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı tektonik depremlerdir. Ayrıca Türkiye'de olan depremlerin büyük çoğunluğu tektonik depremlerdir (URL-8). Kaliforniya'da bulunan San Andreas Fayı ve Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen depremler tektonik nedenli depremlere örnektir.

Volkanik depremler, volkanların püskürmesi sonucunda oluşmaktadır. Magmanın yeryüzüne çıkışı sırasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal olayların oluşturduğu gazların yapmış oldukları patlamalarla oluşan depremlerdir. Akdeniz, Pasifik ve Hint Okyanusları ve Japonya'da daha sık görülmektedir. Ülkemizde aktif yanardağ mevcut olmadığı için volkanik depremler oluşmamaktadır (URL-11).

Çöküntü depremler, yeraltında kireçtaşlarında oluşan boşlukların, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukların ve kömür ocaklarında galerilerin tavan bloğunun çökmesi sonucu oluşan depremlerdir. Enerjileri az olduğundan hissedilme alanları yerel olup fazla hissedilmezler (URL-9).

Dünya’da meydana gelen depremler genellikle tektonik depremlerdir. Levha-plaka ve kıta hareketleri ve faylanmaların nedeni de tektoniktir. Dolayısıyla tektonik depremler, diri fay hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Yakın jeolojik geçmişte hareket etmiş, gelecekte de hareket etme potansiyeli olan faylar “diri fay” olarak tanımlanır (MTA, 2013). Levha sınırlarındaki hareketler üç şekilde gerçekleşmektedir. Levhalar ya sınırları boyunca birbirinden uzaklaşırlar, aralarında bir açıklık bırakırlar; ya da levhalar birbiri ile çarpışırlar, biri diğerinin altına dalar veya üzerine bindirir; ya da levhalar sınırları boyunca kayarlar. Bu üç hareketin her birinin kendine özgü sonuçları vardır (Şekil 2.3).

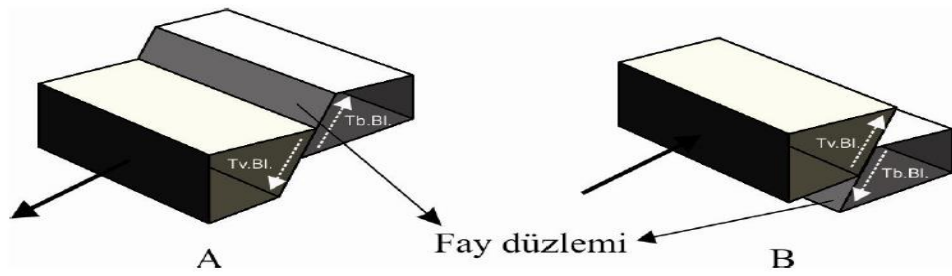


Şekil 2.3. Levha sınır tipleri (URL-23).

2.1.1 Faylanma türleri

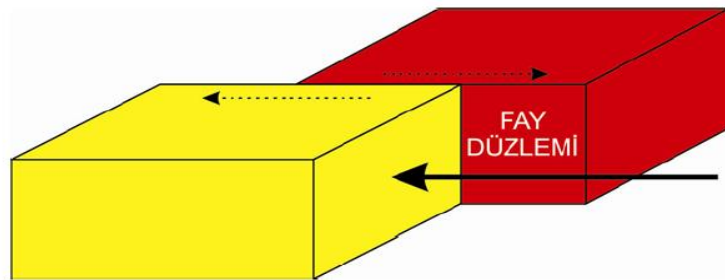
Levhalar hareket ettiklerinde birbirlerine kuvvet uygulamaktadır. Bu kuvvete yer kabuğunda bulunan kayalar direnç göstermekte ve bundan dolayı bazı bölgelerde enerji birikmektedir. Biriken bu enerji, kayaların kırılma sınırını aşmasıyla kırılma (faylanma) meydana gelmektedir. Bu olay sonucu meydana gelen şekile de fay denir. Fay düzlemi (fay aynası), faylarda kayma hareketinin meydana geldiği düzleme denilmektedir. Kırılma yüzeyinden dolayı ayrılan ve kırılma yüzeyinin iki tarafında bulunan kayaç topluluklarına ise blok denilmektedir. Fay düzlemi üzerine yaslanıldığında üstte kalan bloğa tavan, altta kalan bloğa ise taban bloğu denilir. Faylar, blokların hareket yönü ile fay düzlemi arasındaki geometrik ilişkiye göre eğim, doğrultu ve yanal atımlı faylar olarak sınıflandırılır.

Eğim atımlı faylarda hareket fay düzlemi boyunca aşağı ve yukarı doğrudur (Şekil 2.4). Eğer tavan bloğu fay düzlemi üzerinde tabana göre eğim aşağı doğru veya taban bloğu tavana göre eğim yukarı doğru hareket ederek birbirinden uzaklaşıyorsa bu tür faylar eğim atımlı normal faylar adını alırlar. Bu tür faylar doğada Horst ve Graben yapısı olarak ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde Ege Graben Sistemleri bu grubun en büyük temsilcisidir. Eğim atımlı faylarda tavan bloğu taban bloğuna göre fay düzlemi üzerinde eğim yukarı doğru hareket etmiş ya da bunu tam tersine taban bloğu tavana göre fay düzlemi üzerinde eğim aşağı hareket ederek birbirine yaklaşıyorsa bu tür faylar eğim atımlı ters faylar adını alırlar.



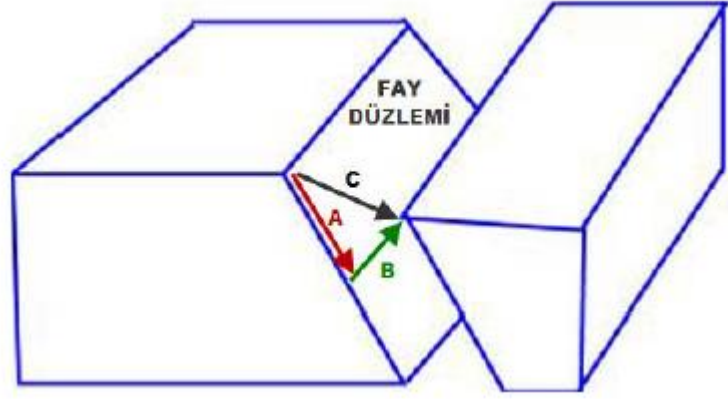
Şekil 2.4. Eğim atımlı normal faylar (A), eğim atımlı ters faylar (B).

Fay düzlemine göre düzlemin her iki tarafında bulunan bloğun yatayda birbirlerine göre ters yönde hareketi varsa bu faylara doğrultu atımlı faylar denir (Şekil 2.5). Bu tür faylarda her iki blok yatayda birbirinden uzaklaşmaktadır. Atım ve kayma yönüne göre doğrultu atımlı faylar, sağ veya sol yönlü doğrultu atımlı fay olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sağ yönlü doğrultu atımlı faylarda, bloklardan biri üzerinde bulunan ve karşı bloğa bakan bir kişiye göre karşı blok sağa doğru hareket etmektedir. Sol yönlü doğrultu atımlı faylarda, yine bloklardan biri üzerinde bulunan ve karşı bloğa bakan bir kişiye göre karşı blok sola doğru hareket etmektedir. Kuzey Anadolu Fayı (KAF), ülkemizde bulunan en önemli doğrultu atımlı fay örneğidir. KAF sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olup uzunluğu 1400 km'dir (Karaman, 2006).



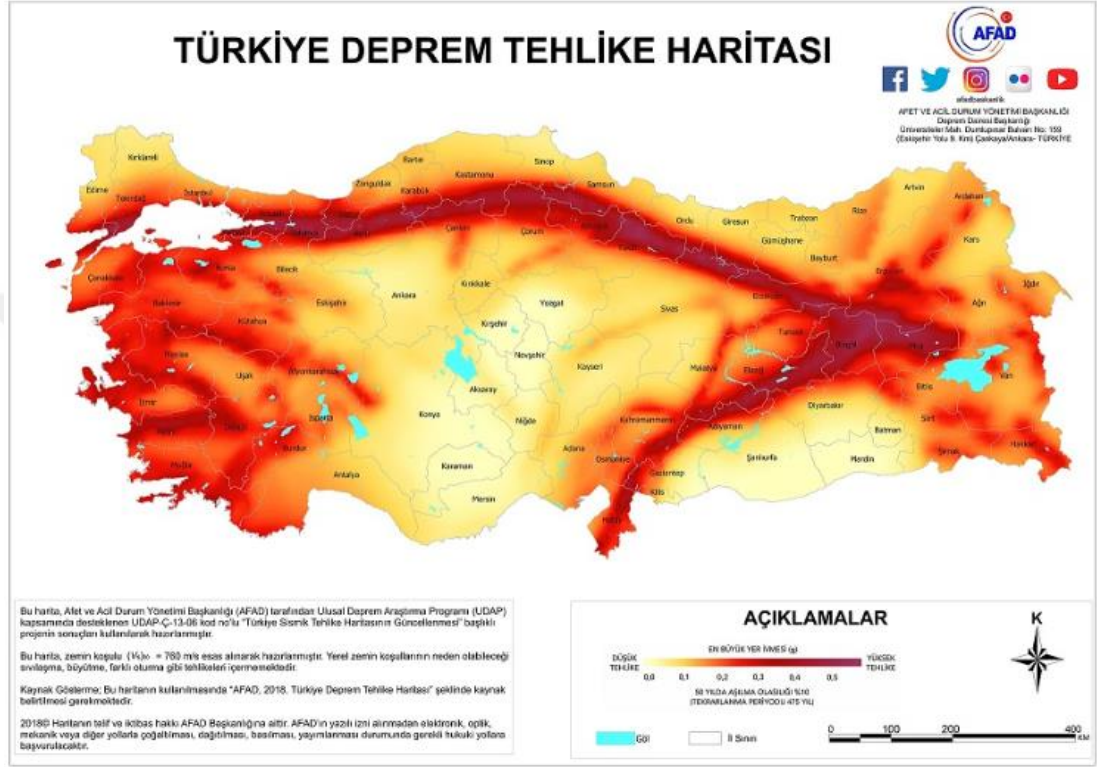
Şekil 2.5. Doğrultu atımlı fay (sağ yönlü).

Yanal atımlı faylar, eğim atımlı faylar ve doğrultu atımlı fayların bileşkesi olarak oluşmaktadır (Şekil 2.6). Eğim atımlı faylarda olduğu gibi, tavan ve taban bloklarının hareketlerine göre normal ve ters fay olarak isimlendirilmektedirler. Yanal atımlı fayların belirlenmesinde fay çizgilerinin dikkatle incelenmesi gerekmektedir (Karaman, 2006). Şekil 2.6’da yanal atımlı bir fay verilmiş olup, A eğim atım bileşenini, B yatay atım bileşenini ve C’de net atım bileşenini temsil etmektedir.



Şekil 2.6. Yanal atımlı fay.

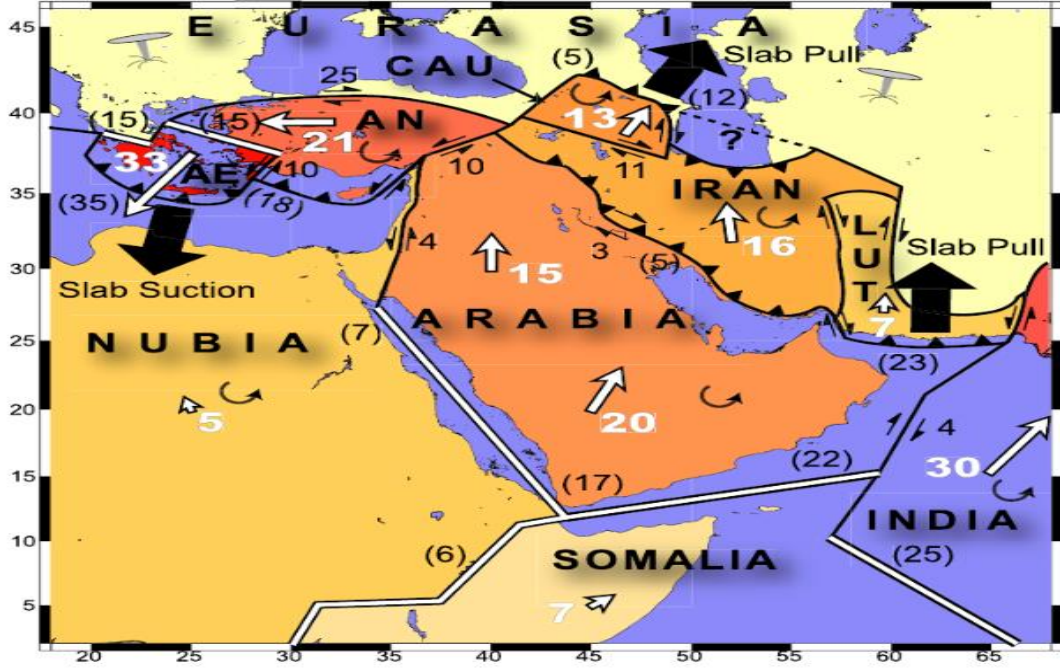
Plakasını Avrasya Plakasına doğru sıkıştırmaktadır (Şekil 3.3). Bunun sonucunda Anadolu Plakası yıllık 21 mm hızla batıya doğru hareket etmektedir (Şekil 3.3). Anadolu Plakasının batı yönündeki bu hareketi ile Ege Bloğu; Rodos-Girit Adaları ile Mora Yarımadasının güneyini izleyen Helenik Yay boyunca Afrika Plakasının üstüne yıllık 33 milimetrelilik bir hızla binmektedir (Reilinger vd., 2006).



Şekil 3.2. 1 Ocak 2019 tarihli Türkiye Deprem Tehlike Haritası (URL-5).

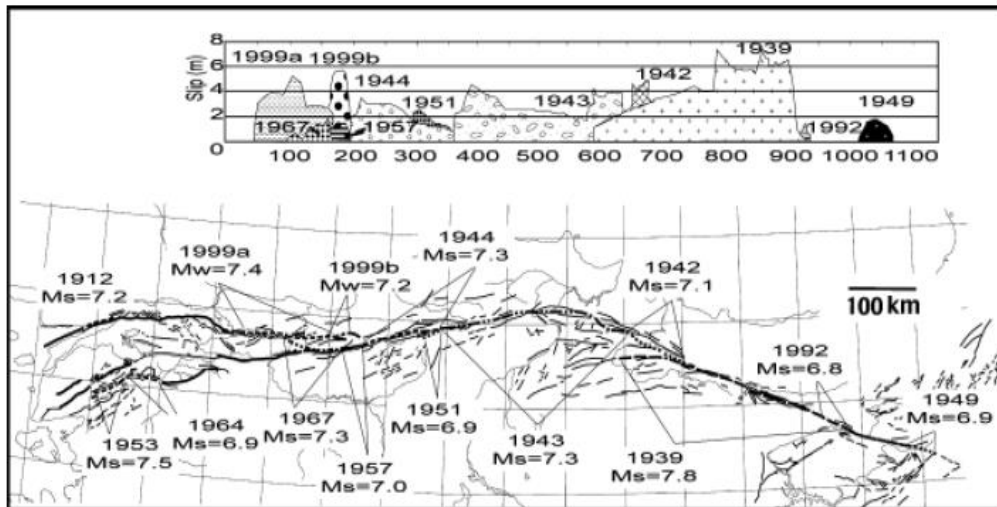
Arap levhasının sıkıştırması sonucu batıya kayan Anadolu levhasının sınırlarında ve Afrika levhasının Avrasya levhasının altına dalması sonucu Akdeniz’de ve Ege Graben Sistemi içerisinde depremler meydana gelmektedir. Ancak Arap levhasının sıkıştırması bu bölgelerdeki hareketlenme ile tamamen telafi edilemediği için İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde de içsel deformasyon nedeniyle depremler olabilmektedir (McClusky vd., 2000). Anadolu ve Avrasya tektonik levhalarının sınırını oluşturan, Türkiye’nin doğusundan başlayarak batısına uzanan deprem aktivitesi yüksek KAF kuşağı, çok büyük can ve mal kayıplarına yol açan birçok depremin oluşmasına neden olmuştur. KAF zonu dünya üzerindeki en önemli doğrultu atılımlı faylardan biridir. Sismik bakımdan çok aktif olan KAF zonu üzerinde çok sayıda tarihsel ve yıkıcı depremler meydana gelmiştir (Şekil 3.4). 1939 Erzincan depremi ($M_w=7,9$) ile başlayan büyük depremler serisi, batıya doğru hareketle 1942

Niksar-Erbaa ($M_w=7,1$), 1943 Tosya ($M_w=7,3$), 1944 Bolu-Gerede ($M_w=7,3$), 1957 Abant ($M_w=7,0$), 1967 Mudurnu ($M_w=7,9$), 1992' de yine Erzincan ($M_w=6,8$) depremi gelmiştir.



Şekil 3.3. Türkiye ve çevresinin aktif tektonik haritası (Reilinger vd., 2006).

En son depremler ise 1999 yılında yaşanan İzmit ($M_w=7,5$) ve Düzce ($M_w=7,2$) depremleridir. Çok büyük can ve mal kaybına neden olan bu depremlerdeki en büyük yatay kayma değerleri 1939 yılında meydana gelen Erzincan depreminde 7,5 m olarak belirlenmiştir (Demir,1999).



Şekil 3.4. Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen depremler (Şengör, 2005).

Kuzey Anadolu Fayı üzerinde 1939 Erzincan depremi sonucu 360 km'lik bir kısmının kırılmasıyla başlayan deprem dizisi, 1942'de Niksar-Erbaa arasında 50 km, 1943'de Erbaa- Kurşunlu arasında 260 km, 1944'de Boyalı-Bolu arasında 180 km, 1957'de Abant-Dokurcun arasında 40 km, 1967'de İğneciler-Sapanca arasında 80 km, Ağustos 1999'da Gölyaka Çınarcık çukuru arasında 160 km safha-safha kırılarak batıya doğru ilerlemiştir. Doğudan batıya doğru ilerleyen bu kırılma göçüne, 1912 Ganos ve Kasım 1999 Düzce depremleri istisna oluşturur (Akyüz ve diğ., 2002; Barka, 1996; Barka vd., 2002; Poyraz, 2009).

İzmit depremi ülkemizde son yıllarda meydana gelen büyük depremlerden bir tanesidir. Bu depremin merkezi, 40.8° N enlem ve 30° E boylam olan 17 Ağustos 1999 depreminin derinliği 10 km' dir. Bu deprem 45 saniye sürmüş, İzmit ve çevresi depremden en çok zarar gören bölge olmuştur. Bunun yanında, depremin merkezinden yaklaşık 70 km uzaklıkta bulunan İstanbul da önemli derecede zarar görmüştür. 17 Ağustos 1999 depreminin büyüklüğü 7.5 olarak ölçülmüştür (Özalaybey vd., 2002). Bu depremin sonucunda oluşan yüzey kırığı, Gölcük, İzmit-Sapanca, Arifiye-Akyazı ve Gölyaka olmak üzere dört parça (segment) içermektedir (Barka, 1999).

Son yıllarda meydana gelen ikinci büyük deprem ise Düzce depremidir. Düzce depremi 12 Kasım 1999'da doğuda Gölyaka ve Kaynaşlı arasında uzanan Düzce Fayı'nda meydana gelmiştir. Depremin merkezi, Düzce'nin güneyinde olup derinliği yaklaşık 10 km'dir. Düzce, Kaynaşlı ve Bolu'da binaların çoğu anlamlı derecede zarar görmüş ve yine birçok kişi hayatını kaybetmiş ve yaralanmıştır. Bu depremin büyüklüğü 7.2 olarak belirlenmiş ve Düzce Fayı boyunca 2-4 m arasında değişen düşey konum değişimleri ölçülmüştür (Barka, 1999; Tüysüz ve Genç, 1999; Ayhan vd., 2001).

Doğu Anadolu Fay Zonu Karlıova'dan İskenderun Körfezi'ne kadar uzanan yaklaşık 550 km uzunluğunda sol yönlü doğrultu atılımlı bir faydır. Her ne kadar günümüzde çok aktif görünmüyorsa da tarihsel veriler bu fayın son 2000 yılda sismik bakımından çok aktif olduğunu göstermektedir (Akbaş, 1999). Doğu Anadolu Fay Zonu sol yanal atımının yanında, yerel olarak normal eğim atımına da sahip, birbirine paralel kayma düzlemleri boyunca hareket eden, birkaç m ile 10 km ulaşan zon içinde izlenebilen aktif bir faydır. Fay sistemi farklı doğrultularda, yer yer kademeli yön değiştiren çok sayıda bölümden (segment) oluşmakta ve genç morfolojisi ile arazide açık olarak

izlenmektedir. Barka ve Kadinsky-Cade (1988) DAFZ'nu Karlıova ile Türkoğlu (Maraş) arasında 14 segmente ayırmış ve tanıtmış, fayın Akdeniz'e doğru devam ettiğini belirtmiştir. 2000'li yıllarda Türkiye'de 2 büyük deprem daha meydana gelmiştir. Bu depremler 2011 Van depremi ve 2019 Elazığ depremleridir. 23 Ekim 2011 tarihinde gerçekleşen Van depreminin merkez üssü Van Tabanlı Köyü olup büyüklüğü 7,2'dir (Bedirhanoğlu vd., 2011). 4 Nisan 2019 tarihinde DAFZ üzerinde gerçekleşen Elazığ depreminin merkez üssü Elazığ/Sivrice olup büyüklüğü 5,2'dir (Akgül, 2020).

Pasinler Fayı Erzurum-Pasinler Hafzası'nda Kafkasya'ya doğru uzanan sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Pasinler fayı DAF Zonu'nun kuzeydoğuya doğru bir uzanımı gibi düşünülebilir. Yakın geçmişte meydana gelen yıkıcı depremler fayın sismik bakımdan aktif olduğunu kanıtlamaktadır (Akbaş, 1999).

Ege Horst-Graben Sistemi; Batı Anadolu'da Ege denizine dik yönde uzanan birbirine paralel ova ve dağları oluşturan faylar olup, bu sistemde ovalar kendilerini sınırlayan aktif faylar üzerinde yerçekimi ile aşağıya doğru hareket etmektedir. Bu faylar eğim atımlı faylar sınıfına girmektedir (Tutkun. vd, 1999). Grabenlerin büyük bir kısmı aktif durumdadır, bunların dipleri yavaş yavaş çökmekte, kenarları ise, izafî olarak yükselmektedir. Eğim atımlı faylardan ve grabenlerden aktif olanlar: Batı Anadolu'da, Ege kıyılarında, Marmara denizi içinde, Saros, Edremit ve İzmit körfezlerinde, Gediz, Büyük ve Küçük Menderes vadileri kenarlarında, Amik ovası grabeninde ve bu grabenin kuzeydoğu istikametindeki uzantısında yer almışlardır. Kuzey Anadolu'da İznik-Bandırma hattı, Adapazarı-Düzce-Hendek grabenleri de bu gruba girer. Diğer grabenler ise aktivitelerini kaybetmişler, hareketsiz-sakin bir duruma gelmişlerdir (Ketin, 1969).

3.1 Ege Horst-Graben Sistemi

Batı Anadolu, dünyada kıtasal genişlemenin en aktif olduğu bölgelerden birisi olup yüksek sismik aktiviteye sahiptir. Bölgedeki tektonik durum karmaşık bir yapı sunar. Kıtasal genişlemenin yaşı ve kaynağı konusunda araştırmacılar farklı modeller sunmuşlardır (Okat, 2007). Tektonik kaçış (Dewey ve Şengör, 1979; Şengör 1979; Şengör 1980; Şengör 1985; Şengör vd., 1987), yay ardı genişleme (Meulenkaamp vd.,

1988), orojenik çökme (Dewey, 1988; Seyitoğlu ve Scott, 1992, Seyitoğlu ve Scott, 1996), Mc Kenzie modeli ve Alptekin modeli başlıca modellerdir.

Tektonik kaçışa göre, Anadolu Levhası Geç Serravalian zamanı boyunca Arap ve Avrasya Levhaları'nın çarpışmasından kaynaklanan Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fayları boyunca batıya doğru hareket etmiştir. Böylece Anadolu levhasının B-GB yönlü tektonik kaçışı, Batı Anadolu'da horst-graben sisteminin gelişimine neden olan açılma tektoniği rejimini oluşturmuştur.

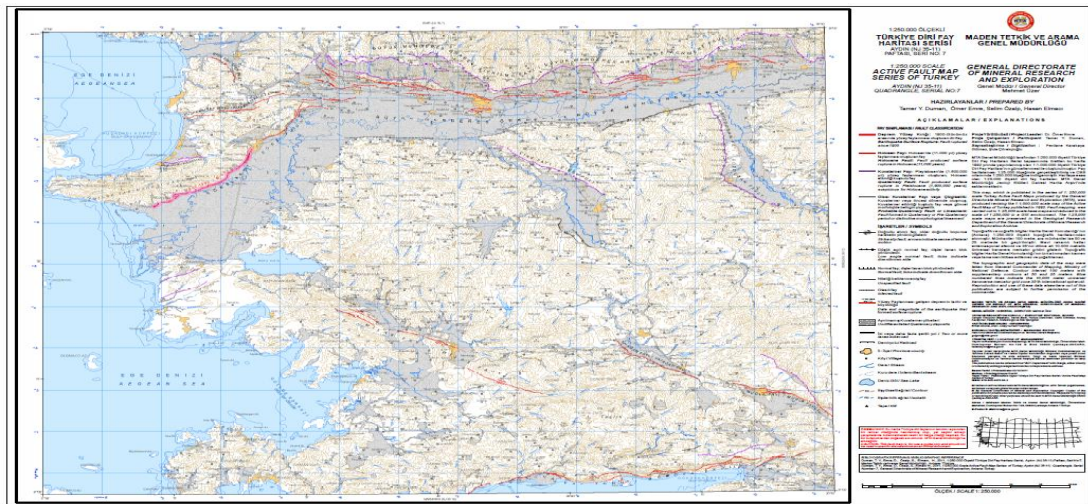
Çoğunlukla D-B doğrultulu normal faylarla sınırlandırılmış Ege Graben Sistemi (EGS), çok sayıda bloklardan oluşmaktadır. Bu bloklar arasında, D-B uzanımlı grabenler yer almaktadır. Bölge, genel olarak KKD-GGB yönlü bir çekme rejiminin etkisi altında bulunmaktadır. Bölgede egemen olan ana KKD-GGB genişleme yönü, bu depremlerin odak mekanizma çözümleri sonucu elde edilmiş T ekseni yönleri ile uyumluluk göstermektedir (URL4). Ege bölgesindeki başlıca grabenler kuzeyden güneye doğru; Edremit Körfezli, Bakırçay-Simav grabeni, Gediz-Küçük Menderes grabenleri, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi grabenleri şeklinde sıralanabilir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6). 1990 ile 2000 yılları arasında EGS'nde 5.5 şiddetinden daha büyük şiddette, hasara sebep olan ve bölgede yüzey kırığı oluşturan çok sayıda deprem gerçekleşmiştir. EGS'nde bulunan çöküntü alanlarda depremler yoğunlaşmıştır. Bölge, oldukça karışık tektonik görünüm sunması nedeniyle sürekli depremlere maruz kalmış ve gelecekte de deprem oluşturma potansiyeli yüksek olan bir bölgeyi temsil etmektedir. Geçmiş yüzyılda (1900-2000) olmuş depremlerin ($M \geq 4.0$) büyük çoğunluğu, Büyük Menderes çöküntüsünün doğu ucu ile Simav çöküntüsü boyunca meydana gelmiştir.



Şekil 3.5. Ege graben ve horstları (URL-4).

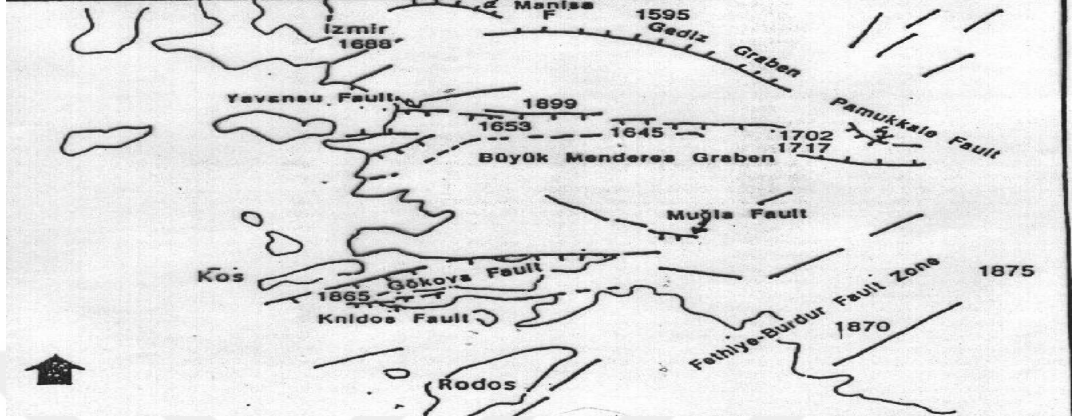
3.1.1 Büyük Menderes Grabeni

Büyük Menderes Grabeni (BMG), batıda Ege Denizi ile doğuda Denizli ili arasında bulunan 10-20 km arasında değişen genişlikte ve 150 km uzunluğunda D-B doğrultulu aktif normal faylarla sınırlanmış bir çöküntüdür (Paton 1992, URL-21), (Şekil 3.6). BMG'nin batı ucu Germencik bölgesinde iki ayrı kola ayrılıp Kuzey kolu Kuşadası'na doğru ilerlemekte, güney kolu ise GB'ya dönerek Ege Denizi'ne girer. Grabenin Doğu ucu ise Pamukkale bölgesinde Gediz Grabeni ile kesişir. Grabende bulunan ana fay grabenin kuzey sınırı boyunca uzanmakta olup bu fay güneye doğru eğimlidir (URL-21). Bu bölgede bulunan faylar eğim atımlı normal faylar olup, doğu ve batı uçlarında doğrultu atım bileşenlere sahiptirler. Ortaklar-Sarayköy arasında uzanan faylar Grabeni kuzeyden sınırlamakta olup bu faylar D-B doğrultulu olup birbirlerine paralel uzanan ve 10 km genişliği olan bir zon oluşturur. Bu faylar çoğunlukla listrik karakterde eğim atımlı normal faylar olup eğim açıları farklı lokasyonlarda 30°'nin altına düşer (URL-4). Tarihsel döneme bakıldığında BMG'nde birçok deprem oluşmuştur (Guidobani vd., 1994; Ambraseys ve Finkel 1995). Grabenin Denizli'den başlayan ve Aydın'a kadar olan bölgesinde 17. Yüzyılda meydana gelmiş 1645, 1653 ve 1702 (I>VIII) depremleri etkin olmuştur (Şekil 3.7). 1-2 m'lik fay şevleri oluşturmuş olan ve 19. Yüzyılda gerçekleşen 1899 depremi yakın zamanlarda gerçekleşmiş olan en büyük depremdir, (Şekil 3.7). Grabenin en batısında 1955'te gerçekleşmiş olan Balat depreminin büyüklüğü $M=6.7$ olup bu depremin fay düzlemi çözümünde depremin KD-GB sağ-yanal hareket gösterdiği belirlenmiştir (McKenzie, 1972).



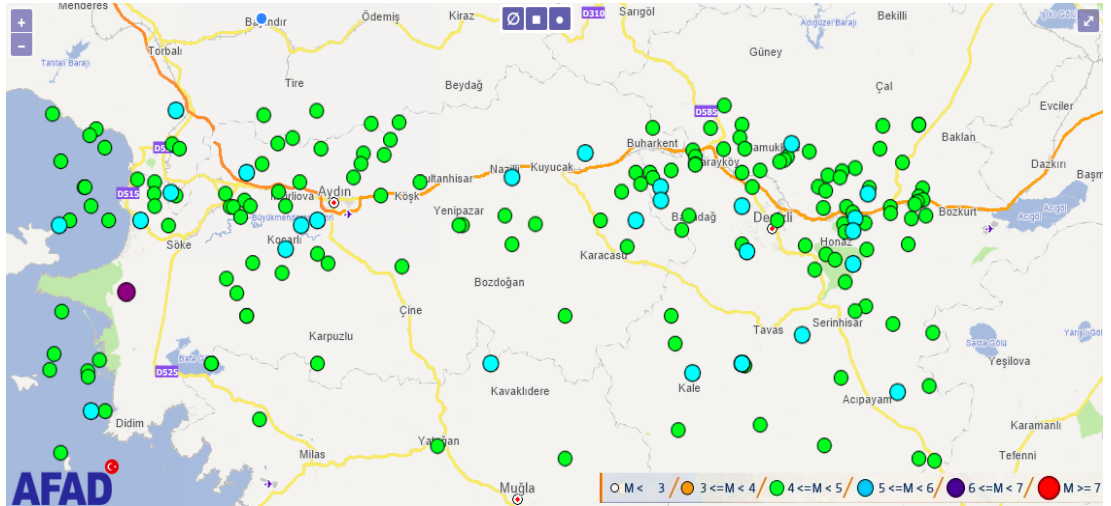
Şekil 3.6. Büyük Menderes Grabeni (Duman vd., 2011).

Grabende Denizli civarında güncel sismik aktivite yoğunlaşmakta olur graben üzerinde bulunan antik şehirler ve morfolojisinde yapılan incelemelerde eski depremlerle ilgili deformasyonlar ve fay şevlerine rastlanmış olup konuyla ilgili çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 3.7. Büyük Menderes Grabeni 1900 ve öncesi tarihsel depremler (URL-21).

Şekil 3.8'de 1900-2018 yılları arasında BMG'inde meydana gelen ve büyüklüğü 4'ten büyük olan depremlerin dağılım haritası verilmiştir.



Şekil 3.8. 1900-2018 yılları arası Büyük Menderes Grabeni'nde meydana gelen ve büyüklüğü 4'ten büyük olan depremlerin dağılımı (URL-8).

4. GNSS GÖZLEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YAZILIMLAR

GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi amacıyla birçok yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımlar ticari ve akademik olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır.

Ticari yazılımlarda GNSS gözlemlerinin işlenmesi aşamalarında bulunan birçok işlem adımı (faz belirsizliği çözümü, modellendirmeler, faz kesikliklerinin giderilmesi vb.) yazılım tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Bu durum gözlemlerin değerlendirilmesinde kullanıcı müdahalesini zayıflatmakta ve hassasiyeti düşürmektedir. Ticari yazılımlara örnek olarak LGO (Leica Geo Office), AOS (Ashtech Office Suite), TGO (Trimble Geomatics Office) ve TTC (Trimble Total Control) programları verilebilir.

Ancak yüksek hassasiyet gerektiren özellikle bilimsel ve akademik çalışmalarda akademik yazılımlar tercih edilmektedir. Tektonik hareketlerin izlenmesi, deprem araştırmaları ve jeodezik amaçlı yüksek doğruluk gerektiren çalışmalar bu çalışmalara örnek olarak verilebilir. Akademik yazılımlara örnek olarak GAMIT/GLOBK (GNSS at Massachusetts Institute of Technology), BERNES (University of Bern), GIPSY (GNSS Inferred Positioning System) ve GEONAP (Geodetic Navstar Positioning) verilebilir.

4.1 GAMIT/GLOBK

GAMIT/GLOBK istasyon koordinatları ve hızları, post-sismik deformasyonun stokastik veya fonksiyonel gösterimleri, atmosferik gecikmeler, uydu yörüngeleri ve Dünya dönüklük parametrelerinin kestirimi için Massachusetts Institute of Technology (MIT), the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA), Scripps Institution of Oceanography (SIO) ve Australian National University tarafından geliştirilen kapsamlı bir GNSS analiz paket programıdır (Herring vd., 2015). Yazılım, ticari olmayan amaçlar için üniversiteler ve devlet kurumları tarafından yazılı anlaşma veya telif ücreti olmadan temin edilebilmektedir (URL-1). GNSS gözlemleri işleme kodları Chuck Counselman, Sergei Gourevitch, Yehuda Bock, Rick Abbot ve King tarafından MIT’de 1980’de geliştirilmiştir.

Gözlemlerin değerlendirilmesini kontrol etmek için yazılım /libraries, /gamit ve /kf dizinleri içinde derlenmiş Fortran ve C programlarını çalıştıran C-kabuk kodlarını (/com dizininde bulunur ve çoğunlukla sh_ ile başlayacak şekilde adlandırılan) kullanır. Yazılım herhangi bir UNIX işletim sistemi altında çalışacak şekilde tasarlanmış olup günümüze kadar LINUX, MacOS-X, HP-UX, Solaris, IBM/RISC, and DEC için farklı versiyonlar oluşturulmuştur (Herring vd., 2015). GAMIT/GLOBK kurulum dosyaları kullanıcı şifresi ile GAMIT/GLOBK anasayfasından (URL-1) indirilebilir. Ayrıca kurulumdan önce kullanılacak işletim sistemine göre kurulum önkoşulları tamamlanmalıdır (URL-2). Örneğin LINUX çekirdeği temel alınarak geliştirilen Ubuntu işletim sistemini kullanacak bir analistin, GAMIT/GLOBK yazılımının kurulumu ve kullanımı için işletim sistemi hakkında temel bilgilere sahip olması gerekmektedir. Kurulum için (Herring vd., 2013) kaynağı kullanılabilir.

GAMIT modülü analizlerde taşıyıcı dalga faz ölçmeleri ve pseudorange gözlemlerini kullanarak, üç boyutlu koordinatları, uydu yörüngelerinin, atmosferik zenit gecikmelerinin ve Dünya dönüklük parametrelerinin kestirimini yapan programların bir araya getirilmesi ile oluşturulan program grubudur. Bu işlemleri gerçekleştirirken faz belirsizlikleri çözümü için ikili fark yöntemini kullanmaktadır.

GAMIT modülünde GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesinde birçok aşama bulunmaktadır. Bu aşamalar hem otomatik hem de manuel olarak yapılabilir. Ancak her iki durumda da veriler aynı işlem adımlarından geçmektedir.

4.1.1 GAMIT modülü

GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesinde Bölüm 4.1’de belirtilen bilgileri elde edebilmek için birçok aşama bulunmaktadır. Bu aşamalar GAMIT’in alt programları olan MAKEXP, MAKEJ, MAKEX, FIXDRV, MODEL, AUTCLN ve SOLVE programları tarafından gerçekleştirilmektedir.

Diğer programlara girdi verisi olacak GAMIT formatında gözlem dosyaları, MAKEXP ve MAKEX programları tarafından üretilmektedir. The Receiver Independent Exchange FORMAT (RINEX) formatında istasyonların gözlem dosyaları, istasyonlarda kullanılan alıcı, anten ve zaman bilgilerini içeren dosya (station.info), uydu numaralarını içeren dosya (sessions.info), kullanılan istasyonların

koordinat bilgilerini içeren dosya (L-file) ve global dosyalar MAKEXP programının girdi verileridir. MAKEXP programının çıktı verileri MAKEX programının girdi verileridir.

MAKEX programının girdi verileri; istasyonların yaklaşık koordinatlarının bulunduğu (L.file) dosyası, GAMIT formatında olan ölçme anındaki tüm bilgileri içeren (X-files) dosyaları ve alıcı saat bilgilerini içeren K-dosyalarıdır.

MAKEXP ve MAKEX programlarının çalıştırılmasıyla elde edilen dosyalar FIXDRV programının girdi verileridir. FIXDRV programının çalıştırılmasıyla B ve I dosyaları oluşturulmaktadır. I dosyası her istasyon ve oturum için saat farklarını ve oranlarını içermektedir. B dosyasında ise analiz süresince kontrolü sağlayan bilgiler saklanmaktadır.

Bir sonraki adım MODEL programının çalıştırılmasıdır. MODEL programında analiz sırasında gözlenen ve teorik olarak elde edilen ölçme değerlerinin farkları ile X dosyalarındaki her bir ölçmenin kısmi türevi hesaplanmaktadır. Daha sonra AUTCLN programında kullanılmak üzere C-dosyaları oluşturulur.

AUTCLN programında C dosyaları kullanılarak devir kesiklikleri (cycle-slips) ve kaba hata içeren ölçmeler belirlenerek bu ölçüler ölçü gruplarından çıkarılır.

Son olarak değiştirilen C dosyaları SOLVE programında kullanılır. SOLVE programında istasyon konumlarına ve uydu yörüngelerine ait tüm parametreler en küçük kareler yöntemi ile dengelenir.

GAMIT yazılımı ile elde edilen sonuç dosyalarının en önemlileri Q ve H dosyalarıdır. SOLVE programının çalıştırılması sonucu elde edilen tam sayı belirsizliklerinin çözümü ve sonuçların hataları Q dosyalarında bulunmaktadır. Q dosyası sayesinde verilerin değerlendirilme adımları detaylı bir şekilde incelenebilir. Dengeleme sonrası türetilmiş ölçüler ve kovaryans matrisleri H dosyalarında bulunmaktadır (Poyraz, 2009). GAMIT'in alt programları ve gözlemlerin işlenmesi aşamaları hakkında daha detaylı bilgi Herring ve diğerleri (2015a ve 2015b) tarafından hazırlanan kullanma kılavuzlarında yer almaktadır.

4.1.2 GAMIT modülünde yapılan işlem adımları

GAMIT modülünde GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesinde çalışma dizinin oluşturulması ve dizaynı, gözlemlerin işlenmesinde kullanılacak dosyaların indirilmesi ve oluşturulması ve işleme adımları gibi birçok aşama mevcuttur.

4.1.2.1 GNSS gözlemlerinin RINEX formatına dönüştürülmesi

Öncelikle farklı istasyonlarda çeşitli alıcılarda elde edilen GNSS gözlemlerinin RINEX formatına dönüştürülmesi gereklidir. GNSS gözlemleri her alıcı firmasının kendi özel (binary) formatında kaydedilmekte olup, bunlar en az navigasyon mesajı ve gözlem (faz ve kod) dosyalarından oluşmaktadır. Gözlemlerin RINEX formatına dönüştürülmesiyle gözlemler alıcıdan bağımsız hale getirilmektedir. RINEX formatı 4 farklı ASCII dosyadan oluşmaktadır. Bu dosyalar; gözlem veri dosyası, GPS navigasyon mesajı dosyası, Meteorolojik veri dosyası ve GLONASS navigasyon mesajı dosyasıdır (URL-3). Ayrıca gözlemlerin değerlendirilmesinde kullanılacak IGS istasyonlarının koordinatları internet üzerinden doğrudan bu formatta indirilebilmektedir.

4.1.2.2 Proje dizininin oluşturulması

GAMIT programının sorunsuz çalışabilmesi için Herring vd. (2015) hazırlamış olduğu kullanım kılavuzuna göre proje dizininin oluşturulması ve düzenlenmesi gerekmektedir.

4.1.2.3 GAMIT tabloları

GAMIT tabloları, GAMIT modülünün Standart-Küresel (Global) girdileri olup (sopac ve yazılım ana sayfası) merkezlerinden indirilebilir. Aşağıda GAMIT tabloları kısaca açıklanacaktır.

gdetic.dat, jeodezik datum dönüşüm parametrelerini içermektedir. Dosya MIT veya kullanıcı tarafından oluşturulmakta olup ASCII formatındadır.

luntab., ay efemeris tablosudur. Julyen tarihine göre ayın x,y,z konumunu verir. İnersiyal referans sistemi (B1950 veya J2000) girilen kontrollerle eşleşmelidir. Dosya luntab.97.B1950 veya luntab.2009.J2000 şeklinde isimlendirilmelidir. Dosya MIT tarafından oluşturulmakta olup ASCII formatındadır.

soltab., yer ve güneş efemeris dosyasıdır. Jülyen tarihi ile güneşe göre dünyanın konumunu verir. İnersiyal referans sistemi (B1950 veya J2000) girilen kontrollerle eşleşmelidir. Dosya soltab.2009.J2000 şeklinde isimlendirilebilir. Dosya ASCII formatında olup MIT tarafından oluşturulmaktadır.

nutabl., nutasyon dosyası olarak isimlendirilen bu dosya yerin kendi eksen etrafında dönerken dönme ekseninin konumunun değişimi ile ilgili bilgileri içermektedir. Dosya isimlendirilirken dosya uzantısı olarak yıl bilgisi eklenir (nutabl.2018). MIT tarafından üretilmekte olup ASCII formatındadır.

ut1., UT1 tablosu TAI (Üniversal Atomik Zaman) ve UT1 (Evrensel Zaman) değerlerini içerir. Düzenli olarak güncellenmesi gerekmektedir. MIT, SOPAC veya kullanıcı tarafından oluşturulmaktadır.

pole., dosyası kutup hareketlerini tablo halinde içermektedir. Düzenli olarak güncellenmesi gerekmektedir. Dosya ASCII formatında olup, MIT, SOPAC ve kullanıcı tarafından oluşturulmaktadır.

leap.sec, 01.01.1982 Tarihinden bu yana dünyanın güneş etrafındaki bir tam turunda okyanuslardaki gelgitler veya çeşitli nedenlerle meydana gelen yavaşlamanın hangi tarihte UTC saatine düzeltme olarak geldiğini bildirir. Her ne kadar GAMIT dosyalarında ve hesaplamalarında çoğunlukla GPS zamanını kullansa da bazı eski x dosyalarında UTC zamanı kullanılır. Bu sebeple leap.sec dosyasının bilgilendirme amaçlı kullanılması fayda sağlayacaktır (MARAŞ, 2010). Koordinat dönüşümünde leap.sec dosyasından faydalanılır. Dosya SIO, MIT ve kullanıcı tarafından oluşturulmakta olup ASCII formatındadır.

svnav.dat, Her bir GNSS uydusunu birbirinden ayırt etmek için uydu numarasını, PRN numarasını, uydu kütlelerini, yörüngeden sapma parametrelerini çizelge şeklinde verir. Çizelgede uydunun yayına başlama veya yörünge değişimini esas alan tarih/saat/dakika bilgisi de bulunmaktadır. Dosya her yeni uydunun yörüngeye yerleştirilip yayına başlamasından ve/veya uydunun yörünge rotasının değişiminden sonra güncellenir. Kütle değeri ile birlikte Block numarası yerçekimiyle ilgili olmayan ivmeleri hesaplamak için kullanılır. Eğer antmod.dat dosyasında uydu model bilgisi mevcut değilse uydu kütle merkezi ile verici anten merkezi arasındaki farkın tespitinde

uydu Block numarası kullanılır. Dosya ASCII formatında olup MIT tarafından oluşturulmaktadır.

antmod.dat, anten faz merkezi kayıklıklarını ve anten marka modelinin azimuta ve yükseklik açısına bağlı değişim fonksiyonunu bilgilerini içermektedir. Dosya ASCII formatında olup IGS ve MIT tarafından üretilmektedir.

rcvant.dat, alıcı ve anten özelliklerini içeren dosyadır. ASCII formatında olup MIT, SIO ve kullanıcı (IGS standartlarına göre) tarafından oluşturulmaktadır.

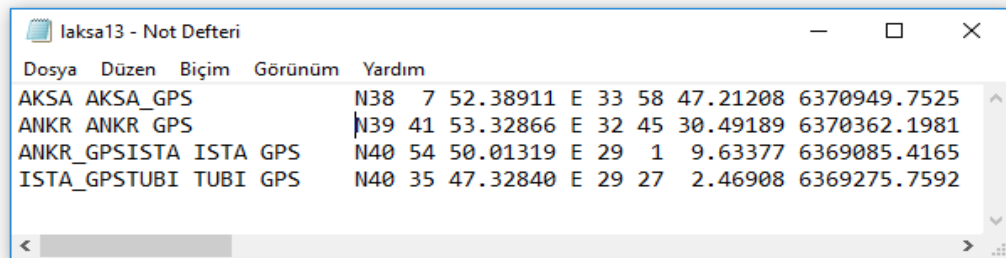
itr08.apr, IERS ITRF08_GPS.SSc dosyasından çevrilerek kullanılan itr2008 referans sisteminde global ölçekte koordinat bilgilerini içermektedir.

4.1.2.4 Koordinat (lfile.) dosyasının oluşturulması

L-file dosyası projede kullanılacak tüm istasyonların yaklaşık koordinat bilgilerini içerir. Yaklaşık koordinat değerlerinde bulunan 1 metrelik hatalar, son değere 1 mm'den fazla hata katmaz (Herring vd., 2015). Yaklaşık koordinatlar GAMIT'in alt modülü olan sh_rx2apr kullanılarak elde edilebilir. RINEX dosyasının içerisinde de yaklaşık koordinatlar mevcut olup burada bulunan koordinat bilgileri de kullanılabilir. Şekil 4.1'de örnek lfile. dosyası verilmiştir.

4.1.2.5 İstasyon bilgi dosyası (station.info)

GNSS gözlemlerinde istasyonlarda kullanılan alıcı ve anten bilgilerini içeren dosyadır. Değerlendirme sonucu elde edilen nokta yüksekliğini doğrudan etkilediğinden dolayı anten yüksekliği ölçme tekniği ve anten tipi girdileri veriler içinde en önemli



Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
AKSA	AKSA_GPS		N38 7 52.38911 E 33 58 47.21208 6370949.7525	
ANKR	ANKR_GPS		N39 41 53.32866 E 32 45 30.49189 6370362.1981	
ANKR_GPSTUBI	ISTA GPS		N40 54 50.01319 E 29 1 9.63377 6369085.4165	
ISTA_GPSTUBI	TUBI GPS		N40 35 47.32840 E 29 27 2.46908 6369275.7592	

Şekil 4.1. lfile. dosyası.

girdilerdir. Anten yüksekliği aynı istasyon için birden fazla girilebilmekte olup kronolojik sırada olması gereklidir. Eğer bir istasyon için sadece bir yükseklik bilgisi

girilirse, bu girdi aynı istasyonda yapılmış olan diğer gözlemler için de geçerli olacaktır (Poyraz, 2009). Şekil 4.2’de örnek station.info dosyası verilmiştir.

```
aksa
(A1,2(A4,1X),A16,F7.4,2(1X,F8.4),2(1X,A6),1x,a5,1X,F5.2,1X,I4,1X,I3,1x,I2,6(1X,I2))
* Station.info created manually using make_stnfo by osman 2018-02-15:13:54
*
*SITE Station Name Session Start Session Stop Ant Ht HtCod Ant N Ant E RcvCod SwVer Receiver SN AntCod Dome Antenna SN
AKSA aksaray 2013 81 13 2 21 2013 81 13 50 43 0.0410 DHPAB 0.0000 0.0000 TPSCR3 10.61 443-3139 TPSCR3 CR 443-3139
ANKR Ankara / Turkey 2008 127 11 00 00 2017 175 00 00 00 0.0700 DHPAB 0.0000 0.0000 TPS_E_GGD 2.6.1 Jan,10,2008 2.60
ISTA Istanbul / Turke 2007 312 11 50 00 2016 130 07 00 00 0.0610 DHPAB 0.0000 0.0000 ASHTECH Z-XII3 1K00-1D04 8.00
TUBI Gebze 2012 153 07 50 00 2016 034 08 50 00 1.4260 DHPAB 0.0000 0.0000 TRIMBLE 4700 1.37 / 1.37 1.37
```

Şekil 4.2. İstasyon bilgi (station.info) dosyası.

4.1.2.6 Oturum bilgi (session.info) dosyası

Oturum bilgi (session.info) dosyası başlangıç zamanı, örnekleme aralığı, gözlem sayısı ve uydu numaraları bilgilerinden oluşmaktadır (Şekil 4.3). Dosya *sh_makexp* komutu kullanılarak MAKEXP programı tarafından oluşturulmaktadır.

```
# Session.info : free format, non-blank first column is comment
#Year Day Sess# Interval #Epochs Start hr/min Satellites
2013 81 1 30 2000 13 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
```

Şekil 4.3. Oturum bilgi (session.info) dosyası.

4.1.2.7 Kontrol tablo dosyası (sestbl.)

GNSS gözlemlerinin GAMIT programı ile değerlendirilmesinde tüm kontrol aşamasını içeren komutlar sestbl. dosyasında bulunmaktadır. Bu kontrol tablosu ile ölçülerin ağırlıklandırılmasını, tam sayı belirsizliği çözümünü, atmosferik parametrelerin ve yörünge parametrelerinin belirlenmesini ve model parametrelerinin (yer dönüş, yeryuvarı gel-git ve anten faz merkezi parametreleri) kestirimini yaparak kontrol etmek mümkündür (Yavaşoğlu, 2009).

4.1.2.8 İstasyon tablo dosyası (sittbl.)

İstasyonlarla ilgili tüm kontrol komutları bu dosyada bulunmaktadır (Şekil 4.4). Gözlemlerin işlenmesiyle ilgili genel komutları içeren sestbl. dosyasında belirtilen parametreler, analistin istediği istasyonlar için bu dosyada değiştirilebilmektedir. Ayrıca istasyonların çözümünde geçerli olacak zorlamaları bu dosyada verilebilir.

GNSS değerlendirmelerine yeni katılacak istasyonlar için yatay ve düşeyde 100 m gibi zorlamalar verilmesi gerekmektedir (Poyraz, 2009).

```
SITE          FIX    --COORD.CONSTR.--  
ALL           NNN     100.  100.  100.  
ANKR Ankara  NNN     0.050 0.050 0.500  
ISTA ISTA     NNN     0.050 0.050 0.100  
TUBI TUBI IGS NNN     0.150 0.150 0.100 |
```

Şekil 4.4. İstasyon kontrol dosyası (sittbl.).

4.1.2.9 Otomatik temizleme (autocln.cmd) dosyası

GAMIT programı ilk çözümü yaptıktan sonra tekrar ağırlıklandırma yaparak ve algoritma oluşturarak yeniden istasyonlara ait ağırlıkları hesaplamaktadır. Bu bilgiler autocln.cmd dosyası içerisinde belirtilmektedir.

4.1.3 GLOBK modülü

GAMIT'te gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen H dosyaları GLOBK modülü için girdi verisidir. GLOBK modülü; nokta konumları, yörünge parametreleri ve yerin dönüş parametreleri ile ilgili kovaryans matrislerini veri olarak kabul etmektedir. GLOBK modülünün ana işleyiş algoritmasında Kalman Filtresi kullanılmaktadır (Herring vd., 2015).

GLOBK modülü veri işlemi aşamasında GAMIT modülüne benzer şekilde çok sayıda alt program çalıştırmaktadır. Bu programlar HTOGLB, GLRED, GLOBK ve GLORG'dır. GLOBK ilk olarak GAMIT yazılımı SOLVE programı tarafından üretilen H dosyalarını GLOBK formatında kullanılabilecek H dosyalarına dönüşmesi için HTOGLB alt programını kullanır. GAMIT tarafından H dosyaları her bir oturum için ayrı ayrı elde edilir. Bütün kampanya H dosyalarını birleştirmek için global ölçekte değerlendirilmiş ve internet aracılığıyla kullanıcılara sunulan H dosyalarından faydalanılır. Global ve lokal H dosyaları yardımıyla çözümler bir araya getirilir. Bu entegrasyon işlemi GLRED programı aracılığıyla gerçekleştirilerek her bir istasyona ait uzun dönem ve kısa dönem zaman serileri elde edebilir. Elde edilen günlük birleştirilmiş H dosyaları amaca göre haftalık, aylık ve senelik olarak birleştirilerek tek bir H dosyası elde edebilir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için GLOBK alt programı kullanılır. GLORG programı referans sisteminin tanımlanmasında ve istasyonlara ait

hız bilgisinin elde edilmesinde kullanılır (Yavaşoğlu, 2009; Poyraz, 2009; Tiryakioğlu, 2012).

GAMIT modülünün verilerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen nokta ve uydu vektör sonuçları, büyük varyanslı ve korelasyonlu bir matris oluşturup yüksek miktarlarda kısıtlanmış çözümlerin normal geometrik ilişkilerinin sürmesine imkân tanımaktadır. Örnek olarak, bir durum vektörünün üç nokta konumunda yüksek miktarla kısıtlanmış olan bir Kalman Filtresi'nin birleştirmesiyle elde edilen çözüm vektörü GAMIT'te kestirilen modele lineer olarak yakın bir apriori modele uygulandığında elde edilen çözümün aynısı olur. Bu açıdan bu teknik, koordinatların eşzamanlı saptanmasında birden fazla oturumdan gelen dengeleme sonuçlarını birleştirebildiğinden nokta ve uydu parametrelerinde başvuru farklı apriori kabullerin kullanımının etkisini test etmekte etkinliğe sahiptir. Bu özellik birbirinden farklı güvenilir ağların kullanılmasından çıkarılan dengelemelerin tek tip olarak birleştirilmesinde kullanışlıdır. Zamana göre noktaların hızlarını tanımlayan parametreler bu çerçeveye kolayca oturtulabilir ve bu oranla ilgili nokta koordinat kestirimlerinin dağılımı oturumlar arasındaki nokta koordinatlarını serbest bırakmak için stokastik (zamana bağlı) süreçler koyularak kestirilebilir (Erdoğan, 2005; Yavaşoğlu, 2009; Poyraz, 2009; Herring, 2015).

4.1.3.1 Kalman filtreleme tekniği

Kalman filtresi karışık sistemlerin optimal kestiriminde kullanılan bir yöntemdir. Kalman filtresi genel olarak, hatalı verilerin olması ve sistemin stokastik modelinin bilinmesi durumunda bilinmeyen parametreleri kestirmek için kullanılan bir sistemdir. Ayrıca ilerideki bir ölçme zamanına ilişkin durum vektörünü ve bunun stokastik modelini tanımlamasını diğer kestirim yöntemlerine göre avantajlı kılan nedenlerin başında gelir (Chui vd., 1991; Doğan, 2002).

Sistemin temelinde bir objenin diferansiyel denklemlerle tanımlanması ile aynı objenin davranışlarını incelemek için yapılan gözlem ölçülerinin denklemlerinin uygun dengeleme yöntemiyle birleştirilmesi yatmaktadır. Kalman Filtreleme yönteminin matematik modeli incelendiğinde yukarıda bahsedilen temelin fonksiyonlarla ifade edilmesi olduğu görülmektedir. Klasik olarak Kalman Filtrelemenin temelleri aşağıda özetlenmiştir (Yang vd., 1999).

Bir lineer gözlem denklem sistemi,

$$V_i = L_i - A_i X_i P_i \quad (4.1)$$

$$U_i = X_i - F_{i,i-1} X_{i-1} \quad (4.2)$$

ile ifade edilmektedir.

Burada L , m boyutlu ölçüler vektörünü; A $m \times n$ boyutlu katsayılar (dizayn) matrisini; X , n boyutlu bilinmeyen vektörünü; P , ağırlık matrisini; V , m boyutlu ölçü hataları vektörünü; m , ölçü sayısını; n , bilinmeyen sayısını; $n \times n$ boyutlu dönüşüm matrisini; U , n boyutlu sistem hatalar vektörünü ve i , zamanı temsil etmektedir. Kalman filtresi, belli bir zamana ($i-1$) ilişkin elde edilen ölçüler yardımıyla bilinmeyen X_{i-1} durum vektörünün minimum varyanslı en uygun doğrusal kestirimi için yinelemeli bir algoritma oluşturur.

Filtreleme işleminin doğru sonuç vermesi için başlangıçta belirlenen durum vektörü beklenen değere olabildiğince yakın olmalıdır. Ayrıca sistem hatalar vektörü U ve ölçü hatalar vektörünün V beklenen değeri sıfır, aralarında ise korelasyon olmadığı kabul edilmelidir. Denklem 4.2’de varyans yayılma kuralı kullanılarak;

$$Q(X_i) = F_{i,i-1} Q(X_{i-1}) (F_{i,i-1})^T + Q_U \quad (4.3)$$

denklemini elde edilir. Ayrıca Denklem 4.1 düzenlenerek sistemin fonksiyonel modeli;

$$M_i X_i = B_i \quad (4.4)$$

şekline getirilmektedir. En Küçük Kareler yöntemine göre parametre kestirimi;

$$\tilde{X}_i = Q_i, B_i, Q_i = M_i^{-1}, \tilde{Q}_i = Q_i \quad (4.5)$$

şeklinde olmaktadır. Denklemde $\tilde{X}_i$ ve Q_i hesap değerleridir. Hesap değerleri ve dönüşüm matrisleri kullanılarak bir sonraki zamana ait kovaryans matrisi ve bilinmeyen değerler kestirilebilmektedir.

$$\underline{X}_i = F_{i,i-1} \tilde{X}_{i-1} \quad (4.6)$$

$$\underline{Q}_i = F_{i,i-1} \tilde{Q}_{i-1} (F_{i,i-1})^T + Q_U \quad (4.7)$$

(4.6) ve (4.7) denklemlerinde $\underline{X}_j$ ve $\underline{Q}_i$ kestirim değerleridir. Yeni zamandaki prediksyon değerlerinin düzeltilmesiyle ilgili denklemler;

$$\tilde{X}_i = \underline{X}_j + K(L_i - A_i \underline{X}_j) \quad (4.8)$$

$$\tilde{Q}_i = (E - KA_i) \underline{Q}_i \quad (4.9)$$

$$K = \underline{Q}_i A_i^T (A_i \underline{Q}_i A_i^T + Q_V)^{-1} \quad (4.10)$$

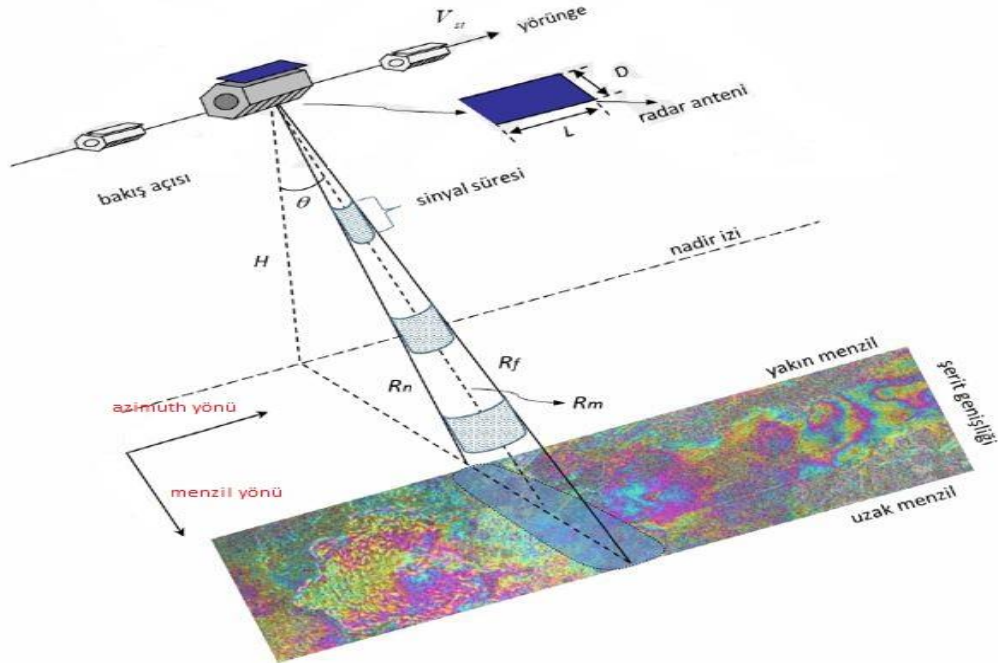
Denklemlerde verilen K , kuvvetlendirme matrisidir. İteratif işlem uygulanarak bir sonraki zamandaki kestirme değerleri (4.6) ve (4.7) denklemlerinden hesaplanmaktadır. (4.8), (4.9) ve (4.10) denklemleri ile de prediksyon değerlerinin düzeltmeleri hesaplanmaktadır. Bu bakımdan Kalman filtresi her yeni zaman için en başa dönme çalışma ilkesine dayanmaktadır. $F_{i,i-1}$ dönüşüm matrisi ve Q_U kofaktör matrisinin klasik bir Kalman filtresinde (4.1) ve (4.2) denklemleri için var olduğu varsayılmaktadır. Bundan dolayı $F_{i,i-1}$ ve Q_U büyüklükleri Kalman filtresi ile hesaplanan değerlerin doğruluğunu belirlemektedir (Xu, 2007).

5. İNTERFEROMETRİK YAPAY AÇIKLIKLI RADAR (INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR / INSAR) YÖNTEMİ İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER VE SABİT SAÇICILI İNTERFEROMETRİ (PERSISTENT SCATTERER INTERFEROMETRY / PS-INSAR)

5.1 Radar

Radar, nesnelerin menzilini, açısını veya hızını belirlemek için radyo dalgalarını kullanan bir algılama sistemidir. Uçak, gemi, uzay aracı, güdümlü füzeler, motorlu taşıtlar, hava oluşumları ve arazileri tespit etmek için kullanılmaktadır (URL-18). Radar sisteminin çalışma prensibi, sistemde bulunan güçlü frekans üretici ile ürettiği mikrodalga sinyalini platformda bulunan anten vasıtasıyla hedefe gönderilmesi ve yansıyan mikrodalga sinyali hassas bir şekilde alıcı ile kaydedilmesi esasına dayanmaktadır (Hanssen, 2001).

Radar sistemleri, düzlemsel göstergeli ve Yan Bakışlı Radar (Side Looking Radar-SLR) sistemleri olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. SLR, Gerçek Açıklı Radar (RAR) ve Yapay Açıklı Radar (SAR) sistemlerinin genel adıdır. SLR sisteminin geometrisi Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. SLR sisteminin geometrisi.

SLR sistemleri Menzil (range) ve Azimut (azimuth) olarak iki farklı çözünürlüğe sahiptir. Bakış doğrultusundaki hedefin ayırt edilebilme gücü Menzil çözünürlüğü olarak ifade edilirken uydunun veya uçağın uçuş doğrultusuna paralel bulunan hedefin ayırt edilebilme gücü Azimuth çözünürlüğü olarak ifade edilmektedir (Çakır, 2003).

Menzil çözünürlüğü;

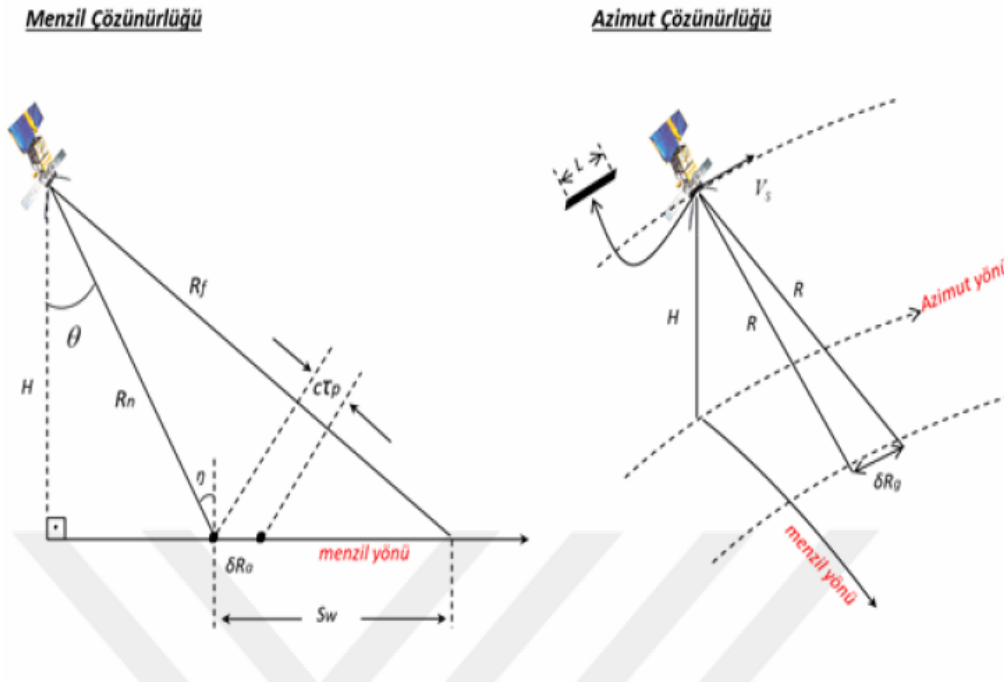
$$\delta R_g = \frac{c\tau p}{2\sin(\eta)} \quad (5.1)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada; c ışık hızı, τp sinyal süresi, η geliş açısı (radar ışını ile yüzey normali arasındaki açı) bilgileridir.

Azimuth çözünürlüğü;

$$\delta R_a = \frac{R\lambda}{L} \quad (5.2)$$

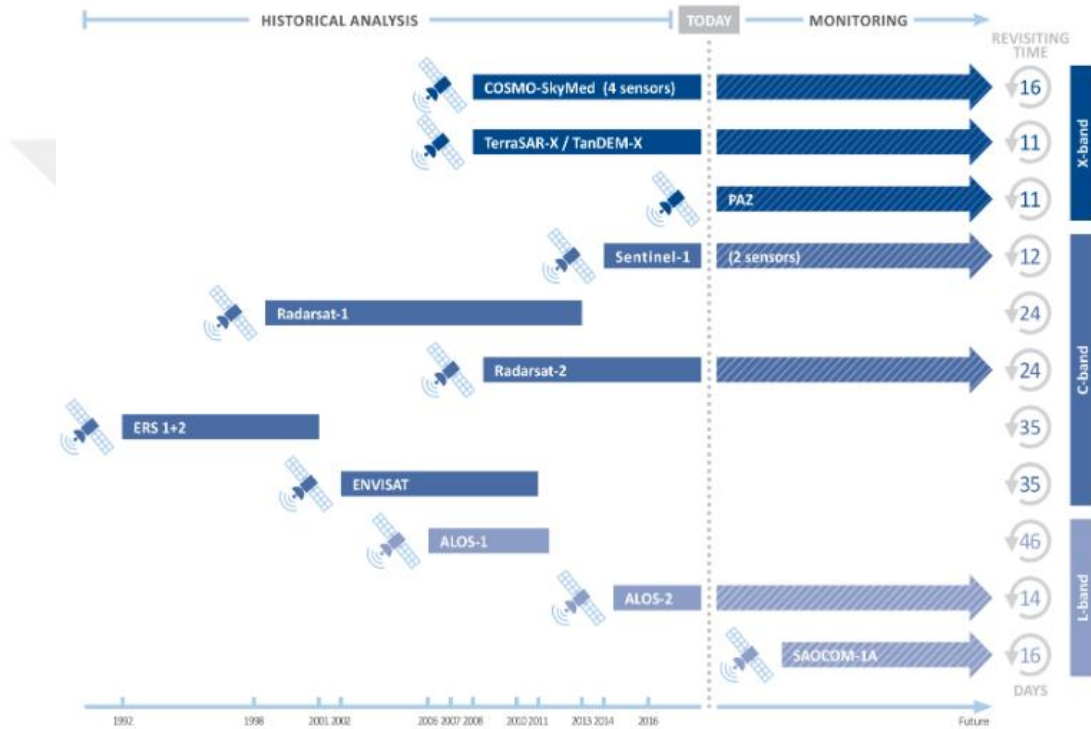
denklemleri ile hesaplanır. Burada; R (R_m) menzil mesafesini, λ dalga boyunu, L anten uzunluğunu ifade etmektedir. Şekil 5.2’de Menzil ve Azimut çözünürlükleri verilmiştir.



Şekil 5.2. SLR, menzil ve azimut çözünürlükleri.

5.2 Yapay Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar-SAR)

Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) uyduları, radar sinyalleri yayarak ve yansıyan sinyali analiz ederek Dünya yüzeyinin görüntülerini alır. SAR uyduları sürekli olarak dünyayı dolaşırken, zaman içinde aynı alan için birden fazla SAR görüntüsü toplanabilmektedir. SAR veri kümelerinin analizi sonucunda, yüzey deformasyonunun aşamaları çıkarılabilir (URL-19). Şekil 5.3'te SAR uyduları ve çalışma periyotları verilmiştir.



Şekil 5.3. SAR uyduları ve çalışma periyotları (URL-19).

5.2.1 SAR görüntülerinin özellikleri

Uydudan gönderilen mikrodalga ışınımının, atmosfer boyunca uydudan hedef nesne arasında iletim ve geri alım işlemi sonucunda kompleks SAR görüntüleri elde edilmektedir. Hedef tarafından yansıyan genlik ve faz bilgilerinin kaydı SAR görüntülerini oluşturmaktadır. Görüntülere ait genlik bilgisi, hedefe ait yansıma özelliklerini temsil ederken; faz bilgisi ise hedefe olan uzaklığın bir fonksiyonudur. Elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesinde algılama yapan SAR uyduları, farklı uygulamalardaki bazı sınırlamaları gidermek için farklı dalga boylarına, polarizasyona, çözünürlüklere sahiptir (Orhan, 2018).

SAR görüntülerinin kalitesi, hedefin pürüzlülüğü, sahip olduğu dalga boyu, yükseklik, polarizasyon, sinyalin geliş açısı, yörünge yönü gibi parametrelere bağlıdır. Radar bantları, polarizasyon ve nem muhtevası bu parametrelerden olup aşağıda açıklanmıştır.

Radar bantları; SAR uyduları dalga boyları açısından üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar 3 cm ile 24 cm arasında değişen dalga boylarına sahip X, C ve L bantlarıdır.

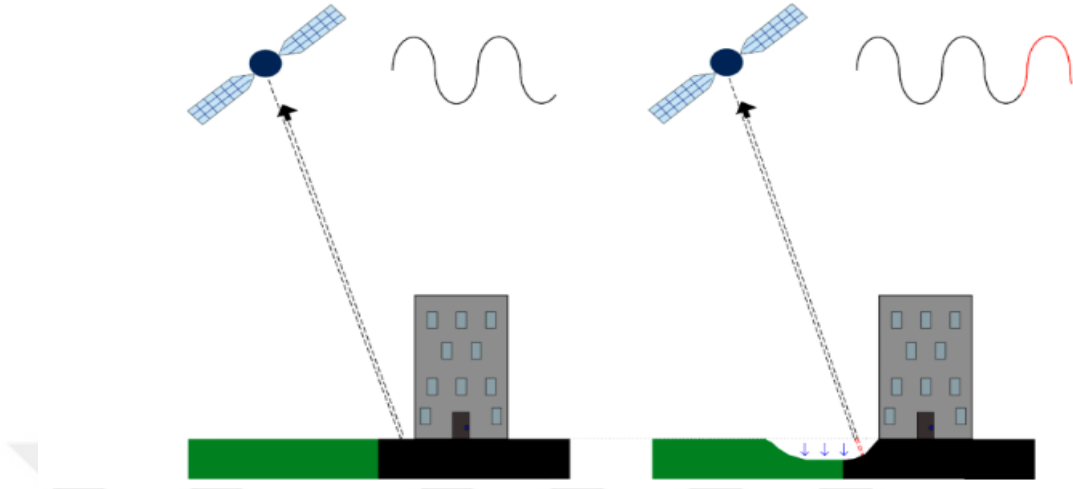
Polarizasyon; Radar tekniğinde anten yatay (H) veya düşey (V) olarak polarize olmuş sinyaller üretip tekrar algılama yapmaktadır. Sistem aynı veya farklı polarizasyon özelliklerine sahip sinyaller yollayıp algılama özelliğine sahip olabilmektedir. HH, VV, HV ve VH polarizasyonları genellikle kullanılan polarizasyonlardır. HH ve VV gibi paralel polarizasyona sahip görüntüler özellikle deformasyon çalışmalarında kullanılmaktadır (Orhan, 2018).

Nem muhtevası; nesnenin sahip olduğu nem miktarı, elektromanyetik dalganın yansıtma, soğurma ve saçılma özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır. Sinyalin geri saçılma miktarı, nesnenin sahip olduğu nem miktarı ile doğru orantılıdır.

5.3 InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar / İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar)

InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar / İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar), dünya yüzeyinin milimetre ölçekli deformasyonlarını radar uydu ölçümleriyle belirleyen bir tekniktir (URL-22). Bu teknikte aynı alanda farklı zamanlarda elde edilen iki görüntü arasındaki sinyal fazı değişimi ile yüzeydeki deformasyon belirlenmektedir. İnterferometri, interferans (girişim) kelimesinden türemiş ve girişim ölçme anlamında kullanılmaktadır. İki dalganın (elektromanyetik, ışık, ses, sismik vb.) girişim özelliklerini ölçerek aralarındaki farktan, yapılan uygulamaya göre ihtiyaç duyulan hassas bilgilerin elde edilmesine olanak sağlar. İnterferometri, elektromanyetik spektrumun mikrodalga kısmında algılama yapan SAR görüntüleri ile birleştirildiğinde iki kompleks yapıdaki görüntünün girişim özelliklerini ölçmeye yarayan InSAR tekniğini ortaya çıkartır (Köksal, 2011). InSAR tekniği ile yeryüzü değişimlerinin incelenmesi, Sayısal Arazi Modellerinin üretilmesi, volkanik alanların takip edilmesi, buzulların takibi, heyelan alanlarının takibi, toprak nemi belirleme vb.

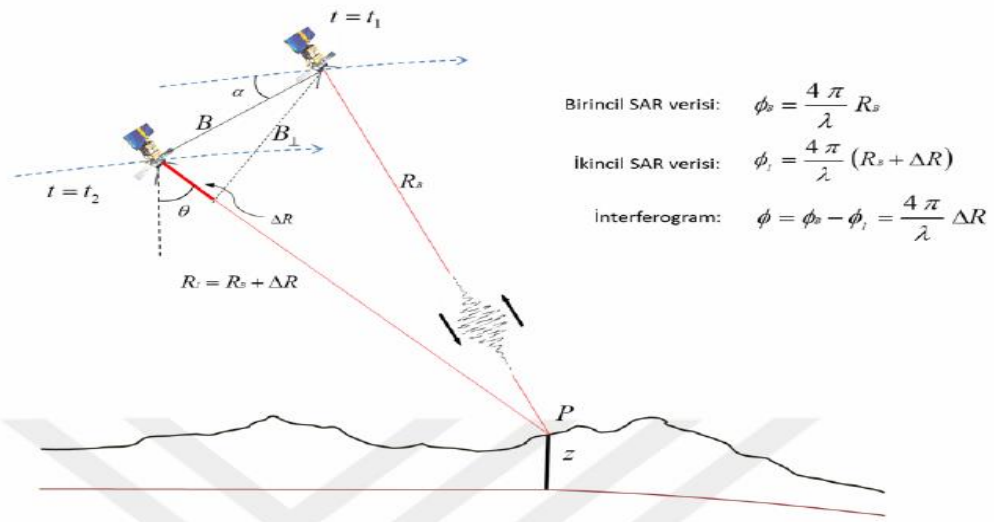
alışmalar gerçekleştirilebilir. InSAR tekniği faz görüntülerindeki faz farkı bilgisinin hesaplanması temeline dayanmaktadır (şekil 5.4).



şekil 5.4. knt oluşumu öncesi ve sonrası InSAR lmleri.

5.3.1 İnterferometrik faz

Genel olarak interferometre geometrisi şekil 5.5'te gösterilmektedir. P noktası yeryüzünde bulunan herhangi bir noktayı temsil etmekte ve bu P noktasının, uzayda bulunan Birincil (B, t_1) ve İkin cil (I, t_2) uydu geçişleri ile SAR geometri prensiplerine uygun olarak gözlenmektedir.



şekil 5.5. İnterferometre geometrisi.

Kompleks haldeki SAR verileri arasındaki interferometrik faz bilgisini elde edebilmek için uydu ile yüzey arasındaki (R_B, R_i) fark kullanılır (Ferretti 2001). Birincil görüntü

ile eşlenik hale getirilen ikincil görüntünün çarpılması ile interferometrik faz bilgisi elde edilir. İnterferometrik faz, topoğrafyanın görüntüsünü eş yükselti eğrileri şeklinde örüntülerden oluşturur.

Faz farkı bilgisinin içinde iki zaman aralığında gerçekleşen deformasyon bilgisinin haricinde bozucu etkenler de bulunmaktadır (Denklem 5.3). Sadece deformasyon değerinin belirlenebilmesi için kompleks yapıdaki birincil ve ikinci görüntünün piksel bazlı olarak eşleştirilmesi ve son olarak birbirlerine karşılık gelen faz farkı değerinin bu bozucu etkenlerden çıkartılması gerekmektedir.

$$\emptyset = \emptyset_{topo} + \emptyset_{def} + \emptyset_{atm} + \emptyset_{orb} + \emptyset_n \quad (5.3)$$

Faz farkı, topografik etki, deformasyon, atmosferik etki, yörüngesel etki ve termal saçılma karakteristiği, zamansal ve baz uzunluğundan kaynaklanan görüntülerden oluşmaktadır. Denklem 5.3'teki $\emptyset$ iki görüntü arasındaki faz farkı olmak üzere, $\emptyset_{topo}$ SYM'den ileri gelen artık faz, $\emptyset_{def}$ bakış doğrultusu boyunca oluşan yer değiştirmeden kaynaklanan faz değişimi, $\emptyset_{atm}$ iki görüntü arasındaki atmosfer-hava koşullarına bağlı faz gecikme farkı, $\emptyset_{orb}$ orbit-yörünge hatasından dolayı oluşan faz ve $\emptyset_n$ saçılım, termal farklılıklar, görüntü eşleştirmeden kaynaklı oluşabilecek hatalar gibi gürültü bileşenidir (Ferretti vd., 2001).

5.3.2 InSAR yöntemleri

InSAR yöntemleri DInSAR, PS-InSAR ve SBAS yöntemleridir.

5.3.2.1 DInSAR (Differential SAR Interferometry / Diferansiyel InSAR İnterferometrisi)

DInSAR yöntemi, iki farklı zamanda algılanan iki farklı kompleks SAR görüntüleri arasındaki faz farkı belirlenerek yer yüzünde meydana gelen deformasyonun mm ölçeğinde tespit edilmesini sağlayan temel InSAR tekniğidir (Karimzadeh ve Ahmadi, 2013). DInSAR analizleri iki, üç veya dört geçişli olmak üzere üç farklı şekilde yapılmaktadır.

İki geçişli teknikte, aynı alana ait farklı zamanda alınmış iki SAR görüntüsü ve harici bir Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılmaktadır. Bu iki görüntü arasında oluşan

faz farkından uydu bakış doğrultusundaki (LOS) deformasyonun elde edilmesini sağlamaktadır.

DInSAR yönteminde, SLC (Single Look Complex) formatındaki görüntüler kullanılmaktadır. SLC görüntüler faz verisini içinde bulundurmaktadır. Belirlenen çalışma bölgesine ait iki farklı zamanda algılanmış SAR görüntüsü ve bölgeye ait SYM ile aşağıda verilen işlem adımları takip edilerek DInSAR analizi gerçekleştirilmektedir.

- Görüntülerin eşleştirilmesi (Co-Registration)
- Yeniden örnekleme (Resampling)
- Görüntü filtrelemesi
- İnterferogram oluşturulması
- Düz yeryüzü fazının çıkarımı
- Topoğrafya fazının hesaplanması ve çıkarımı
- Atmosferik düzeltme
- Uyumluluk/Uyuşum (Coherence) kestirimi
- Deformasyon fazı görüntüsü
- Faz filtrelemesi
- Faz belirsizliğinin giderilmesi (Unwrapping)
- Yer sabit referans sistemine dönüşüm (Geocoding) (Deguchi vd., 2006)

DInSAR yönteminde farklı zamanda algılanmış aynı bölgeye ait iki görüntü kullanılarak sadece bu iki tarih arasında hareket belirlenebilmektedir. Ancak elde edilen interferogramlar görüntülerin zamanları, atmosferik koşullara bağlı meydana gelen korelasyonsuzluk sebebiyle olumsuz etkilendiğinden bölge için elde edilen deformasyonu negatif etkilemektedir. Bu sorunu ortadan kaldırabilmek amacıyla çoklu SAR görüntüleri ile uzun süre içerisinde meydana gelen deformasyonların belirlenebilmesi için InSAR zaman serisi analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler Sabit Saçıcılı İnterferometri (Persistent Scatter Interferometry/PS-InSAR) ve Kısa Baz Uzunluklu İnterferometri (Small Baselines Interferometry/SBAS) teknikleridir.

5.3.2.2 PS-InSAR (Persistent Scatterer Interferometry / Sabit Saçıcı İnterferometri)

PS-InSAR tekniği, gelişmiş ölçüm sonuçları elde etmek için düzenli aralıklarla çekilen birden fazla görüntüyü kullanan bir InSAR küme işleme yöntemidir. PS-InSAR’da N adet SAR görüntüsü kullanılırken N-1 adet interferogram elde edilir. Görüntü kümesinden bir adet görüntü diğer görüntülerle yüksek korelasyon oluşturacak şekilde ve yaklaşık görüntü tarihlerinin ortasında olacak şekilde ana (master) görüntü olarak seçilmektedir. Diğer görüntüler de seçilen master görüntü ile görüntü çifti oluşturma amacıyla ikincil görüntü görevi görürler. Ferretti vd. (2001) tarafından tanımlanmış olan (5.4) denklemi ile PS noktaları seçilmektedir.

$$D_A = \frac{\tau_A}{\mu_A} \quad (5.4)$$

Denklemde; D_A genlik dağılım endeksi, τ standart sapma ve μ genlik değerlerinin ortalamasıdır. Yerleşim yerlerinde PS noktaları binalar, yollar, köprüler vb. şeklinde iken kırsal alanlarda kaya parçaları veya taş bloklar dikkate alınarak belirlenmektedir (Orhan, 2018).

PS-InSAR tekniğinde topoğrafya hatası harici SYM dâhil edilerek giderilmektedir. Hassas yörünge bilgileri kullanılarak yörünge hatası giderilmektedir. Bu işlemlerden sonra faz çözümü (phase unwrapping) işlemi gerçekleştirilmekte (Denklem 5.3) olup bu yöntemde deformasyon zamanda ve mekânda korelasyona sahip iken atmosfer sadece mekânsal korelasyona sahiptir. Gürültü ise hem zamanda hem de mekânda dekorelasyona sahiptir. Zamansal ve mekansal filtreler kullanılarak deformasyon fazı, atmosfer ve gürültü fazından ayrılır. Analiz sonucunda çalışma alanının uydu bakış doğrultusundaki (LOS) hızı veya gerçekleşen yıllık deformasyon elde edilmiş olur (Orhan, 2018).

5.3.2.3 SBAS (Small Baseline Subset / Kısa Baz Uzunluklu İnterferometri)

SBAS yöntemi deformasyon trendini belirlerken, görüntünün tamamını irdeleyerek yüksek korelasyona sahip dağılmış hedefleri (Distributed Scatterer) bir arada incelemektedir. Bu yöntemde; aynı bölgeye ait farklı zaman dilimlerinde algılanmış ($t_0, \dots, t_N$) N+1 adet görüntü olduğu düşünülerek, tüm SAR verileri azimut ve menzil yönünde kayıklığın olmadığı genel bir referans grid yapısına sahip olmak için master

görüntü olarak isimlendirdiğimiz veri ile eşleştirme (co-registration) işlemine tabi tutulur. Devamında $N+1$ adet görüntü arasındaki mekansal korelasyonsuzluğun (spatial decorrelation) etkisini azaltacak şekilde uygun zamansal, geometrik dik baz ve Doppler frekans değerlerinin sınırlandırılması ile M adet görüntü çifti oluşturulur ve her görüntü çiftinden interferogram görüntüsü oluşturulur. Son olarak görüntülerdeki yüksek uyuma (high coherence) sahip hedeflere, tekil değer ayrışımı (SVD) yöntemi 41 tabanlı bir yaklaşım uygulanarak deformasyon trendi belirlenmiş olur (Berardino vd., 2002).



6. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ

Bir fiziksel büyüklüğün bir veya birden çok bağımsız değişkene göre durumunu veren gözlemler topluluğuna zaman serisi denir (Duran, 2013). Bu fiziksel büyüklükle ilgili gözlemlerin, veri edinme zamanına göre sıralanması önem arz etmektedir. Zaman serileri, ismini genellikle bağımsız değişkenin zaman olmasından almasına rağmen konumun da bağımsız değişken olduğu zaman serileri vardır. Gravite (çekim alanı) ve jeolojik verilere ait zaman serileri, konumun bağımsız değişken olduğu durumlara örnek olarak verilebilir (Duran, 2013).

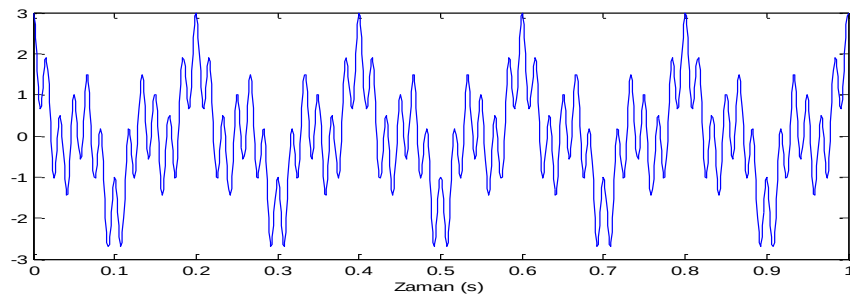
Zaman serileri fiziksel olayın takibi için etkilediği büyüklüğün bağımsız değişkene göre durumunu gösteren ardışık gözlemlerden oluşturulur. Gözlem verileri kullanılarak grafik oluşturulduğunda fiziksel olayın davranışı ile ilgili kabaca yorum yapılabilir (Duran, 2013). Bu grafikler incelenerek zaman serisine uygulanacak analiz yöntemleri belirlenebilir.

6.1 Temel Kavramlar

Bu bölümde zaman serilerinin daha iyi anlaşılması için bazı önemli kavramlar hakkında bilgi verilecektir. Bu bilgiler zaman serilerinin daha iyi anlaşılması için gerekli görülmüştür.

6.1.1 Durağan (stationary) zaman serileri

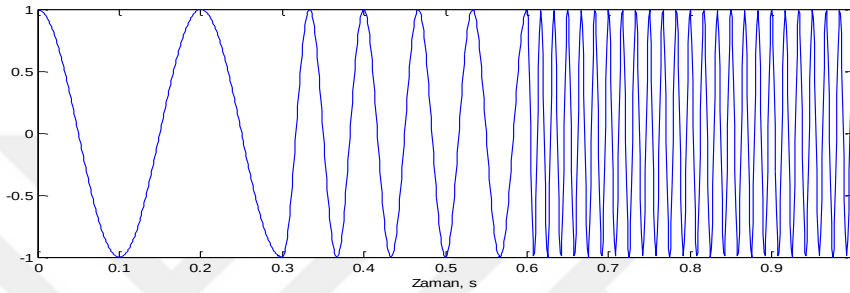
Bir zaman serisinde bulunan frekans bileşeni zaman boyunca hiç değişmiyorsa bu tür serilere durağan (stationary) zaman serileri denir. Yani tüm spektral bileşenler tüm zaman boyunca mevcuttur (Duran, 2013). Şekil 6.1’de durağan bir zaman serisi örneği görülmektedir.



Şekil 6.1. Durağan zaman serisi örneği (Küçük, 2004).

6.1.2 Durağan olmayan (nonstationary) zaman serileri

Zaman içinde frekans içeriği değişkenlik gösteriyorsa bu tür serilere ise durağan olmayan (nonstationary) zaman serileri denir. Özellikle zaman içerisinde ortaya çıkıp kaybolan olayların tespit edilmesi veya bir olayın başlangıcının ne zaman olduğu bilgisinin elde edilmesi doğal olayların incelenmesinde büyük öneme sahiptir. Bu nedenle hangi bileşenin ne zaman görüldüğünün bilinmesi gerekir (Küçük, 2004). Şekil 6.2’de durağan olmayan bir zaman serisi örnek olarak verilmiştir.



Şekil 6.2. Durağan olmayan zaman serisi örneği (Küçük, 2004).

6.1.3 Dönüşüm nedir? Dönüşüme neden ihtiyaç duyulur?

Dönüşüm, diziler veya fonksiyonlar arasında birinin diğerine haritalanmasını sağlayan matematiksel işlemdir. Dönüşüme uğrayan bir fonksiyon ile orijinal halinde belirlenemeyen ancak fonksiyonda mevcut olan bilgiler elde edilebilir. Bir denklemin dönüşümünü çözmek orijinal denklemi çözmekten daha kolay olabilir (örneğin; Diferansiyel denklemlerin Laplace dönüşümü yardımıyla çözümü gibi). Dönüştürülen bir fonksiyon veya dizi orijinal halinden daha az yer tutabilir ve bu sayede veri sıkıştırma veya azaltma sağlanmış olur. Bir fonksiyonun orijinalinden ziyade dönüştürülmüş haliyle işlem yapmak daha kolay olabilir. Karmaşık fonksiyonların daha basit bir şekilde temsil edilmeleri dönüşüm işleminde asıl hedeftir (Küçük, 2004).

Bu çalışmada kullanılacak dönüşüm yöntemi koordinat zaman serilerinin ilk bakışta görülmesi zor olan bilgi ve özelliklerinin elde edilmesine yarayan dönüşüm yöntemi olan Fourier Dönüşümüdür. Bu dönüşüm yöntemi hakkında detaylı bilgi ilerleyen bölümlerde verilecektir.

6.1.4 Örnekleme frekansı

Örnekleme işleminde, Analog sinyalden eşit zaman aralıklarında örnekler alınarak, geri kalan kısmı atılır. Örneklerin hangi zaman aralığında alınacağını belirlemede örnekleme teoremi kullanılmaktadır. T_s zaman aralığı ile örnek alınan bir sinyalde örnekleme frekansı (sıklığı) $f_s=1/T_s$ denklemi ile hesaplanır. Fourier teoremine göre sabit bir aralıkta tanımlanmış herhangi bir fonksiyon sinüzoidal fonksiyonların toplamı şeklinde ifade edilebilir. Analog sinyali oluşturan frekans bileşenleri Fourier analiziyle belirlenebilir. Bu sinyalin en yüksek frekans bileşenini f_m ile belirleyelim. Örnekleme teoremi,

$$f_s \geq 2f_m \quad (6.1)$$

(6.1) denklemindeki koşulu sağlanırsa, yani örnekler en az $2f_m$ sıklığıyla alınırsa, özgün sinyalin aynısı bu örnekler kullanılarak oluşturulabilir (URL-17). Bu teorem, Shannon örnekleme teoremi veya Nyquist örnekleme teoremi olarak da adlandırılmaktadır.

6.1.6 Zaman serilerinin bileşenleri

Sabit GNSS istasyonlarının kabuk hareketi, yer altı su kaynaklarının hareketi, gel-git, güneş lekeleri değişimi ve referans sistemi hataları gibi farklı sebepler sonucu gösterdiği davranış biçimi (lineer, periyodik vb.) ve büyüklüğü, bu istasyonlarda zamana bağlı olarak yapılan gözlemlerin zaman serilerinin hem zaman bölgesi hem de frekans bölgesi analizleri ile açıklanabilir (Gülal vd., 2013).

Genel olarak t_i ($i=1,2,3,\dots,N$) zamanlarında GNSS istasyonlarında yapılan ölçümlerin $Y(t_i)$ zaman serisi, yapay ya da ko-sismik ve post-sismik atılımların sebep olduğu kayıklıklar hariç, üç bileşene ayrılabilir. Bu bileşenler (6.2) denkleminde verilmiştir.

$$Y(t_i) = T(t_i)_{\text{Trend}} + P(t_i)_{\text{Periyodik}} + S(t_i)_{\text{Stokastik}} \quad (6.2)$$

Zaman serileri analizinde, ilk olarak serinin zaman eksenini grafiği çizilerek serideki olağan dışı ölçüler (örneğin kaba hatalar) giderilir ve serinin genel bir yorumu yapılabilir. Daha sonra serideki bileşenler tespit edilir.

6.1.6.1 Tren bileşen analizi

Bir zaman serisinin belli bir yönde göstermiş olduğu eğilime trend adı verilir. Serideki trend bileşeni, serinin zamana bağlı uzun zamanlı değişimlerini temsil etmektedir. Genellikle polinom şeklinde tanımlanan serideki trend bileşeni (6.3) denkleminde gösterilmiştir (Gülal vd., 2013)

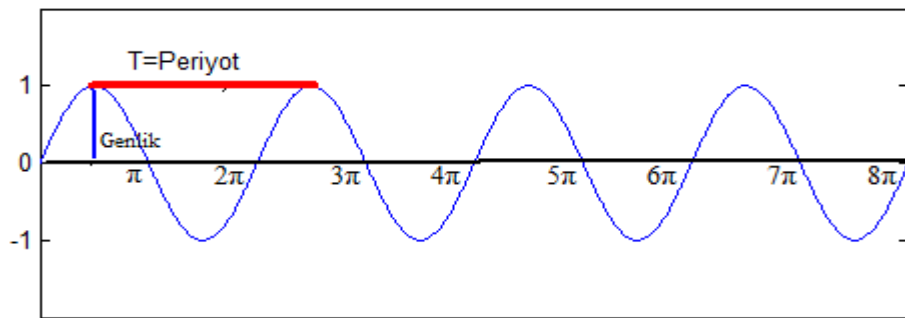
$$T(t_i)_{Trend} = \sum_{k=1}^m c_k t_i^{k-1} \quad (6.3)$$

Burada c_k , ($k=1,2,\dots,m$) fonksiyonunun derecesine bağlı parametrelerdir. GNSS istasyonları için $m=2$ alınarak, GNSS istasyonlarının lineer olarak artan veya azalan yöndeki değişimleri (hızları) tanımlanır.

6.1.6.2 Periyodik bileşen analizi

Periyodik bileşenin daha net anlaşılması için ilk olarak frekans ve periyot kavramlarının tanımları yapılmıştır.

Periyot; bir sürecin döngüsel hareketini tamamlaması için gerekli zaman uzunluğu olarak tanımlanabilir. Şekil 6.4'te görüldüğü üzere, sürekli aynı döngüyü tekrar eden bir dalga olan sinüs fonksiyonunun periyot uzunluğu verilmiştir. Periyot süresi literatürde genellikle T harfi ile gösterilmektedir. Şekil 6.3'te görülmekte olan sinüs fonksiyonunun periyot uzunluğu 2π 'dir.



Şekil 6.3. Bir sinüs fonksiyonunda periyot ve genlik.

Bir olayın birim zamanda (1 saniye) hangi sayıda tekrarlandığı bilgisini veren Frekans, matematiksel olarak periyot değerinin çarpmaya göre tersidir ve 6.4 denkleminde verilmiştir.

$$f = \frac{1}{T} \quad (6.4)$$

Bu denklemde f frekans, T periyottur. Uluslararası Birim Sistemi'nde (SI) frekansın birimi Hertz (Hz) olarak verilmiştir. Bir Hz, saniyede bir tekrarlamayı ifade etmektedir. Frekans değeri ile zaman serisinde bulunan salınım sayısı doğru orantılıdır. Bu yüzden zaman serisinden üretilen frekans bilgisi ile seri ile ilgili önemli bilgiler elde edilebilir.

Frekans, zaman serisi veya fonksiyonların içinde farklı periyotlara sahip bileşenlerin tanımlanmasına olanak sağlaması sebebiyle araştırmacılar için büyük önem taşımaktadır.

Zaman serisiyle ilgili frekans bilgisinin öneminden dolayı, zaman alanını frekans alanına dönüştüren birçok matematiksel yöntem geliştirilmiş olup bu yöntemler içinde en yaygın olan ve en çok kullanılan yöntem Fourier dönüşümüdür. Diğer yöntemler için Wigner dağılımı, Hilbert ve Radon dönüşümleri örnek olarak verilebilir (Qiao, 2005).

Serideki periyodik bileşen, f_s ($s=1,2,\dots,p$) frekansları ile $P(t_i)$ ölçülerine bağlı olarak Denklem 6.5'te verilen trigonometrik fonksiyon ile modellenabilmektedir (Gülal vd., 2013).

$$P(t_i)_{\text{Periyodik}} = \sum_{s=1}^p [a_s \cos(2\pi f_s t_i) + b_s \sin(2\pi f_s t_i)] \quad (6.5)$$

(6.3) ve (6.5) denklemleri, (6.2) denklemine yerine konulursa $Y(t_i)$ (6.6) denklemi elde edilir.

$$Y(t_i) = \sum_{k=1}^m c_k t_i^{k-1} + \sum_{s=1}^p [a_s \cos(2\pi f_s t_i) + b_s \sin(2\pi f_s t_i)] + S(t_i)_{\text{Stokastik}} \quad (6.6)$$

(6.3) denklemine bilinmeyen trend bileşeni parametreleri c_k ile periyodik bileşen parametreleri a_s , b_s ve bu parametrelerin kovaryans matrisi En Küçük Kareler (EKK) yöntemine göre kestirilir. Parametrelerin standart sapmaları hesaplanır. Elde edilen c_k , a_s ve b_s parametreleri ve bu parametrelerin m_{ck} , m_{as} ve m_{bs} standart sapmaları ile (6.7) denklemi kullanılarak her bir parametre için test büyüklükleri hesaplanır.

$$\hat{t}_{ck} = \frac{c_k}{m_{ck}}; \quad \hat{t}_{as} = \frac{a_s}{m_{as}}; \quad \hat{t}_{bs} = \frac{b_s}{m_{bs}} \quad (6.7)$$

Bu test büyüklükleri öngörülen $1 - \alpha$ güven düzeyi ve f serbestlik derecesine bağlı t-dağılımının $t_{f,1-\alpha/2}$ güven sınırı ile karşılaştırılır.

$$|\hat{t}_{ck}|; |\hat{t}_{as}|; |\hat{t}_{bs}| < t_{f,1-\alpha/2} \quad (6.8)$$

ise parametreler anlamsız,

$$|\hat{t}_{ck}|; |\hat{t}_{as}|; |\hat{t}_{bs}| > t_{f,1-\alpha/2} \quad (6.9)$$

ise parametreler $1 - \alpha$ güven düzeyinde anlamlıdır. Test sonucu anlamsız parametreler fonksiyondan çıkartılır ve parametreler anlamlı olana kadar bu işleme devam edilir.

6.1.6.3 Stokastik bileşen analizi

Trend ve periyodik bileşenleri giderilerek durağan hale getirilen zaman serisine otoregresif bir modelin uyup-uymadığına, değişkenin serisel bağımlılığının incelemesiyle karar verilir. Durağan serilerde ardışık sinyaller arasındaki iç bağımlılığın ölçülmesinde otokorelasyon fonksiyonu kullanılır. $S(t_i)$ stokastik bileşenin k gecikmeli otokorelasyon katsayısı r_k :

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^N S(t) \cdot S(t+k)}{\sum_{t=1}^N (S(t))^2} \quad (6.10)$$

(6.10) denklemi ile hesaplanır. Otokorelasyon fonksiyonları ($k > 0$ için) yaklaşık olarak sıfır ortalamalı ve $s_{rk} \approx 1/\sqrt{N}$ standart sapmalı normal bir dağılıma sahiptir (Chatfield, 1996). rk 'ların öngörülen yanılma olasılığında istatistiksel olarak:

$$-u_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot s_{rk} < r_k < +u_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot s_{rk} \quad (6.11)$$

güven aralığının ($\alpha=0,05$ için $\pm 1.96\sqrt{N}$) dışında kalması, r_k 'ların sıfırdan istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir. Bu durumda, $S(t_i)$ stokastik bileşeni p 'inci dereceden otoregresif modellerle ifade edilebilir. Otoregresif modellerde bir diğer önemli parametre de durağan sürece ait kısmi otokorelasyon fonksiyonlarıdır. Kısmi otokorelasyon fonksiyonu katsayısı Φ_{kk} , r_k otokorelasyon katsayılarına bağlı olarak:

$$\Phi_{1,1} = r_1 \quad (6.12)$$

$$\Phi_{k,k} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} \Phi_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \Phi_{k-1,j} r_j} \quad (6.13)$$

$$\Phi_{k,j} = \Phi_{k-1,j} - \Phi_{k,k} \Phi_{k-1,k-j} \quad k \neq j \quad (6.14)$$

denklemleri ile, katsayılarının güven aralığı da (6.11) denkleminde benzer şekilde hesaplanır. Otoregresif modeller [AR(p)], durağan zaman serilerinin modellenmesinde kullanılan doğrusal modellerden birisidir. AR(p) modelinde $S(t)$ değeri, sinyalin p dönem geçmiş değerlerinin ağırlıklı toplamının ve rassal hata teriminin doğrusal fonksiyonudur. Ancak, bazı durumlarda $S(t)$ değeri, sinyalin geriye doğru q dönem geçmiş $\varepsilon(t)$ hata terimlerinin ve ortalamasının doğrusal fonksiyonu olarak da ifade edilebilmektedir. Bu durumda otoregresif modellere bir de hareketli ortalama [Moving Average-MA(q)] bileşenin de katılması gerekmektedir. Modele hareketli ortalama bileşeninin eklenmesiyle, aynı süreç daha az parametrelili modellerle izah edilebilmektedir. Otoregresif modele, hareketli ortalama bileşenin katılmasıyla “otoregresif-hareketli ortalama” ARMA(p,q) modeli ortaya çıkmaktadır (Salas vd., 1980; Tonkaz, 2002).

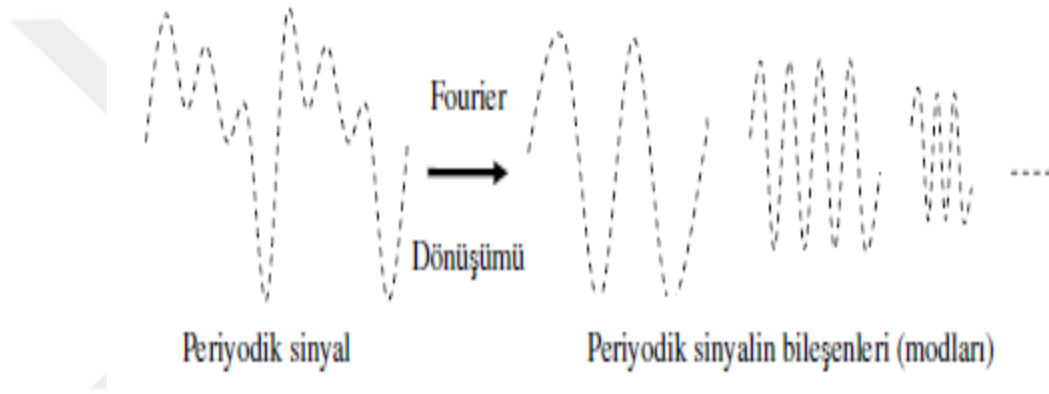
Denklem 6.15’te bir ARMA(p,q) modelinin genel hali verilmiş olup q derecesinin sıfır olması durumunda denklem AR(p) modelinin genel halini ifade etmektedir.

$$S(t)_{Stokastik} = \sum_{i=1}^p a_i S(t-i) + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon(t-j) + \varepsilon(t) \quad (6.15)$$

En Küçük Kareler Yöntemine (EKKY) göre denklemde bulunan a_i ve b_j parametreleri çözülür. Denklemde bulunan p ve q model derecelerine Final Prediksiyon Hatası (FPE) ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC) gibi kriterler kullanılarak karar verilmektedir (Worden vd., 2002). Ayrıca, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları da model derecelerinin seçiminde faydalı olmaktadır. $S(t_i)$ sürecini temsil eden model derecesi belirlendikten sonra $\varepsilon(t)$ aynı denklemden elde edilebilmektedir. $\varepsilon(t)$ ’nin otokorelasyon katsayılarının (6.11) denklemi ile güven aralığının içinde kalması durumunda $\varepsilon(t)$ ’nin iç bağımlılığının olmadığına karar verilmekte ve seçilen modelin uygun olduğu sonucuna varılmaktadır (Worden vd., 2002).

6.2 Hızlı Fourier Dönüşümü

Fonksiyonlar kendilerini oluşturan sinüs veya kosinüs gibi periyodik fonksiyonlarla ifade edilebilmektedirler. Bir fonksiyonun kendisini oluşturan birçok sayıda alt fonksiyonlarla ifade edilebilmesi matematiksel olarak fonksiyonların kullanılabilirliğini arttırmıştır. 19. yüzyılda Fransız matematikçi Joseph Fourier herhangi bir periyodik fonksiyonun sınırsız sayıda karmaşık üstel periyodik fonksiyonun toplamıyla ifade edilebileceğini göstermiştir. Şekil 6.4'te periyodik bir sinyalin frekans dönüşümü ile elde edilen sinüs bileşenleri gösterilmiştir (Beyazıt, 1996).



Şekil 6.4. Periyodik bir sinyalin Fourier dönüşümü (Beyazıt, 1996).

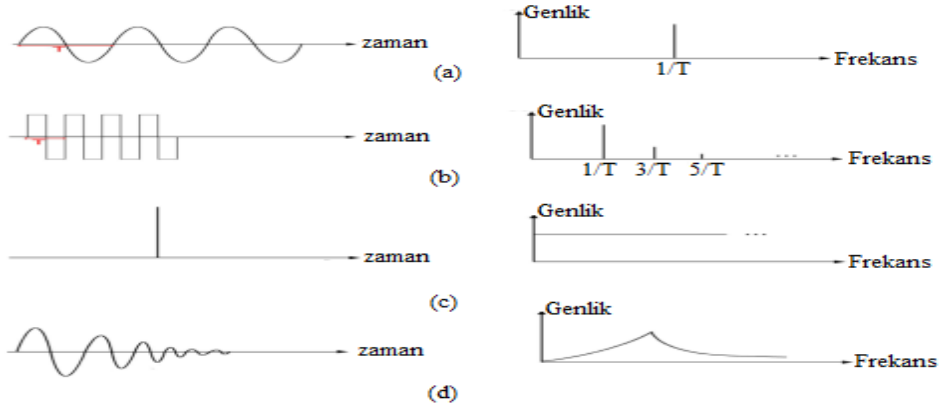
Herhangi bir sinyali $x(t)$ şeklinde zamana bağlı bir fonksiyon olarak ifade edilecek olursa fonksiyonun değişik kompleks üstel fonksiyonlar şeklinde göstermek için bu fonksiyonun üstel fonksiyonlarla skaler olarak çarpılıp zaman aralığı boyunca toplanması gerekir. Aşağıdaki denklemler sırasıyla Fourier ve Ters Fourier Dönüşümlerini ifade etmektedir (Polikar, 1996).

$$X_s(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-2j\pi ft} dt \quad (6.16)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X_s(f) \cdot e^{2j\pi ft} df \quad (6.17)$$

6.16 ve 6.17 bağıntılarındaki t , zamanı, f frekansı ifade etmektedir. Burada $e^{2j\pi ft}$ karmaşık ve periyodik üstel fonksiyonu ifade etmektedir. $X_s(f)$ ise $x(t)$ sinyalinin Fourier Dönüşümü'dür (FD). Sinyalin yeniden elde edilmesi için frekans katsayıları belirlenen üstel fonksiyonlarla katsayıların çarpılıp zaman aralığı boyunca toplanması

gerekmektedir (Polikar, 1996). Bu sayede farklı frekanslardaki periyodik fonksiyonlar toplanarak sinyal yeniden oluşturulmaktadır. Şekil 6.5'te FD'ye uğramış çeşitli fonksiyonların spektral analizi konunun daha iyi anlaşılması için örnek olarak verilmiştir.



Şekil 6.5. Örnek zaman serileri ve Fourier dönüşümleri (Duran, 2013).

Zaman serileri analizinde en çok kullanılan tekniklerden biri olan Fourier Dönüşümü ile zaman serisinin içerdiği farklı frekans değerleri hesaplanır. N uzunluğunda, (sonlu) bir $x(t)$ ayrık sinyal için “Ayrık Fourier Dönüşümü” (AFD),

$$X_s(f) = \sum_{t=0}^{N-1} x(t) \cdot e^{-j f \frac{2\pi}{N} t} \quad (6.18)$$

$$x(t) = \frac{1}{N} \sum_{f=0}^{N-1} X_s(f) \cdot e^{j f \frac{2\pi}{N} t} \quad (6.19)$$

denklemleri ile tanımlanmaktadır. AFD'nin doğrudan hesaplanmasında her bir $X_s(f)$ değeri için N karmaşık çarpma ve N-1 karmaşık toplama işlemi kullanılmaktadır. Bu durumda N adet AFD değeri hesaplanırken, N^2 çarpma ve $N(N-1)$ toplama işlemi yapılmaktadır.

Denklem 6.5'teki periyodik hareketin belirlenebilmesi için bu hareketin frekanslarının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, ilk olarak serideki trend bileşeninin Denklem 6.3 ile belirlenmesi ve parametrelerinin anlamlı çıkması durumunda seriden giderilmesi gerekmektedir. Eğer trend bileşeni seriden giderilmezse, serideki trend bileşeni spektral analiz sonuçlarını etkiler ve sıfır frekansında peak verir. Trend bileşeni giderilmiş zaman serisinin zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüşümü Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) ile yapılmaktadır. HFD, AFD'den farklı değildir. AFD'nin hesaplanması için etkili ve mükemmel bir algoritmadır. Ancak, AFD periyodik bir

yapıya sahip olduğundan, spektrum hesabında, sinyal son örneğinin arkasından tekrar ilk örneği geliyormuş gibi işlem görmektedir. Bu durumda sinyal enerjisinin diğer frekanslara sızması sonucu spektral sızma (spectral leakage) meydana gelmektedir. Bu etkiyi azaltmak için sinyalin dönüşüm öncesi, genliği kenarlara doğru yavaşça sıfıra yaklaşan bir pencere fonksiyonu ile çarpılması öngörülür. Bu amaçla kullanılan pencereleme fonksiyonlarından Hanning Pencere Fonksiyonu, N ölçü sayısı olmak üzere (Denklem 6.20);

$$w(i) = 0.5 - 0.5\cos\left(\frac{2\pi i}{N}\right) \quad (6.20)$$

denklemini ile ifade edilmektedir. Pencerelemiş $Y(t_{ip})=Y(t_i).w(i)$ ölçülerinin HFD (6.21) denklemini ile tanımlanır.

$$X(k) = \sum_{t_i=0}^{N-1} Y(t_{ip}) e^{-jk\frac{2\pi}{N}t_i} \quad (6.21)$$

$0 \leq k \leq N - 1$ aralığı için (6.21) denklemindeki $X(k)$ 'nin hesabı için N adet karmaşık çarpım gereklidir. $X(k)$ değeri tüm N değerleri için hesaplanırken N^2 'nin karmaşık çarpımları ve N^2-N karmaşık eklenir. $X(k)$ 'nin HFD katsayıları yorumlamaya yardımcı olmaz çünkü bu değerler karmaşık sayılardır. Bu yüzden sinyalin (6.22) denklemini ile gücü hesaplanır.

$$P_{xx}(k) = |X(k)|^2 \quad (6.22)$$

$P_{xx}(k)$ değerleri ile sinyalde yoğunluk gösteren frekanslar belirlenir (Allen, 2004). Güç spektrumu ile belirlenen f_s frekansları (6.2) denkleminde yerine konularak frekansa ait a_s ve b_s parametreleri EKK ile kestirilebilmektedir. Kestirilen parametrelerin "0" beklenen değerinden sapmalarının anlamlı olup olmadığı (6.7) denklemini ile hesaplanan test büyüklükleri yardımıyla test edilir. $1 - \alpha$ güven seviyesi ve f serbestlik derecesine bağlı t-dağılımının $t_{f,1-\alpha/2}$ güven sınırına göre anlamsız çıkan frekans fonksiyondan çıkartılır. Bu işleme anlamlı frekanslar (parametrelerden birinin anlamlı olması yeterlidir) tespit edilene kadar devam edilir.

6.3 Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon

Zaman serisi ile zaman serisinin gecikmeli verileri arasındaki ilişkileri otokorelasyon katsayısı vermektedir. Zaman serisindeki bütün gecikmelere ait otokorelasyon katsayısı değerleri otokorelasyon fonksiyonunu oluşturmaktadır. Bu durumda $k=1,2,\dots,(T-2)$ olmak üzere otokorelasyon katsayısı:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^T (x_t - \bar{x})^2} \quad (6.23)$$

denkleminde bulunur. 6.23 denkleminde; x_t orijinal zaman serisi, x_{t+k} k dönem erken zaman serisi, $\bar{x}$ zaman serisinin ortalaması ve r_k da k'ncı gecikmeye ait otokorelasyon değeri anlamına gelmektedir. Otokorelasyon katsayısı olan r_k , -1 ile +1 arasında değer almaktadır.

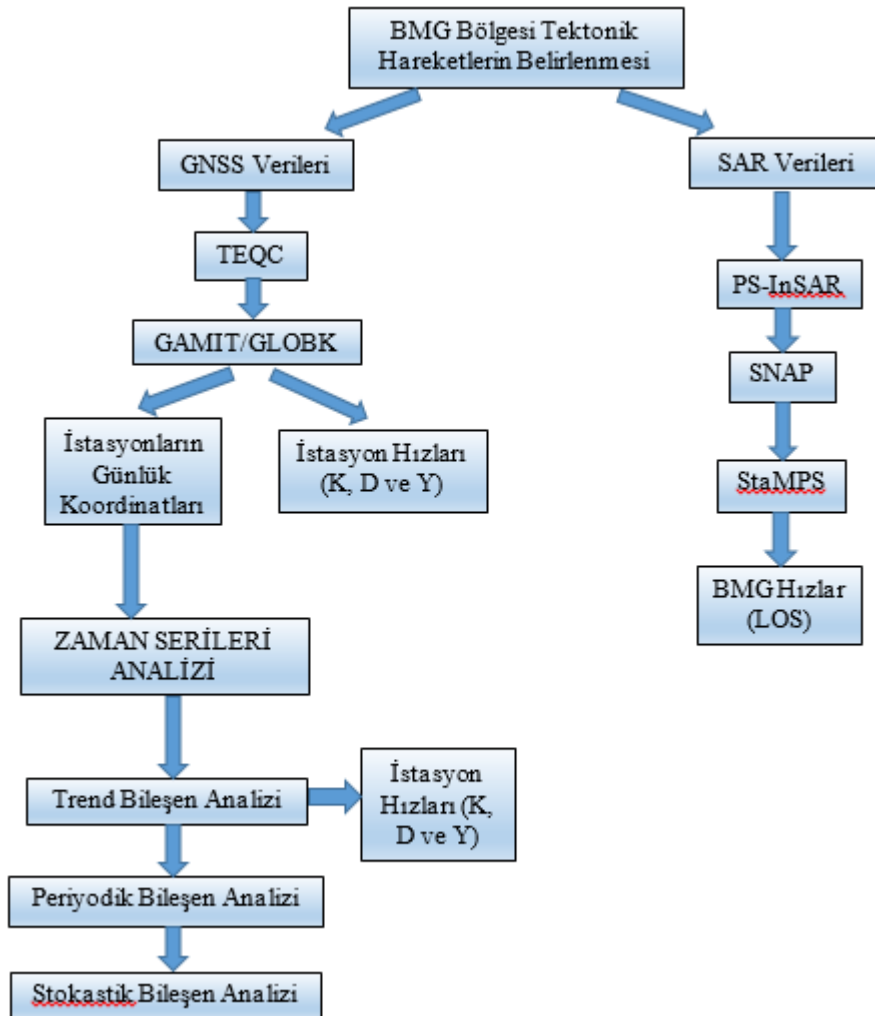
Kısmi korelasyon katsayısı ise diğer değişkenlerin etkilerinin olmadığı varsayıldığında yani bu değişkenler sabit iken iki değişken arasındaki ilişkinin miktarını vermektedir. Kısmi otokorelasyon katsayısı diğer gecikmeli serilerin ($x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-k+1}$) etkileri ihmal edildiğinde x_t ile x_{t+k} serileri arasındaki ilişki miktarını verir. Kısmi otokorelasyon katsayısı 6.24 denklemi ile ifade edilir.

$$r_{kj} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} (r_{k-1,j})(r_{k-j})}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} (r_{k-1,j})(r_j)} \quad (6.24)$$

6.24 denkleminde; r_k , k gecikmeli otokorelasyon katsayısı; r_{kj} , j'inci gecikmeli serinin etkisi yok edildiğinde k gecikmeli kısmi otokorelasyon katsayısı yani; $r_{kj}=r_{k-1,j}-(r_{kk})(r_{k-1,k-j})$ olmaktadır (URL-17).

7. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

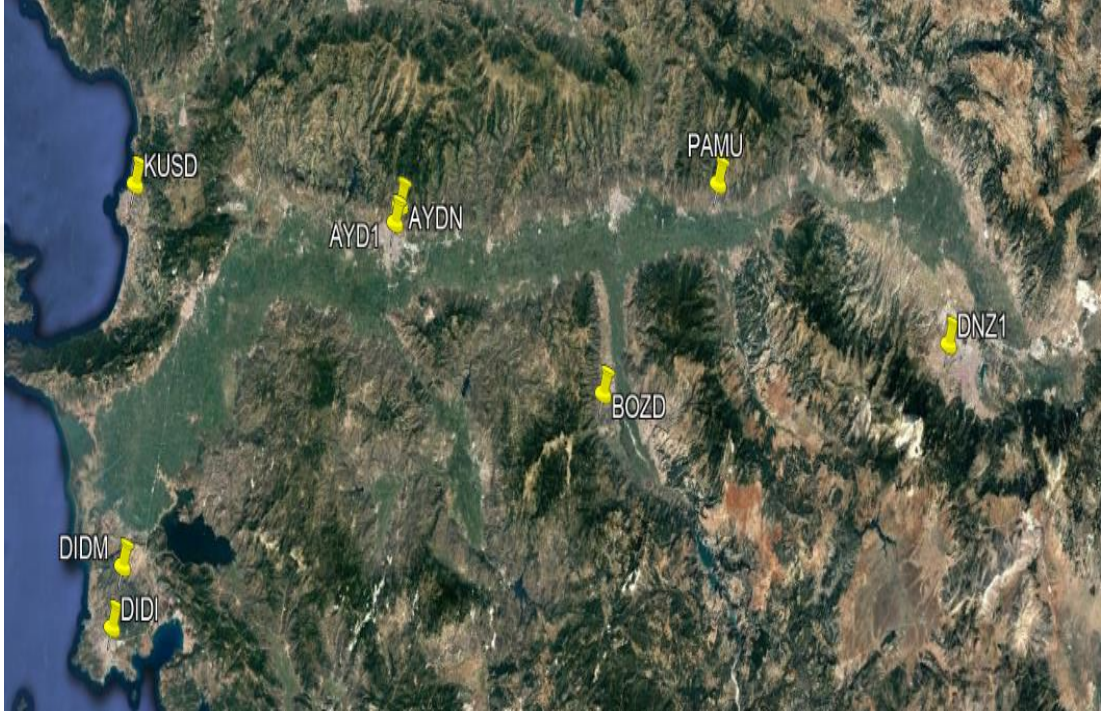
Bu çalışmada, Büyük Menderes Grabeni'nde (BMG) yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi amacıyla bölgede bulunan ve sürekli gözlem yapan 8 adet GNSS istasyonunun ölçülerinin analizleri gerçekleştirilmiş ve bölgenin hız alanı belirlenmiştir. GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi, MIT tarafından geliştirilen GAMIT (GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology)/ GLOBK (Global Kalman) yazılım takımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Herring vd., 2018). Ayrıca BMG bölgesini tamamen kapsayacak şekilde PS-InSAR analizi yapılarak bölgede gerçekleşen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) hareketler belirlenmiştir. PS-InSAR analizi StaMPS/MTI (Hooper vd., 2018) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Son olarak GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen istasyonların günlük koordinat değerlerine zaman serileri analizi (ZSA) uygulanmıştır. Tez çalışmasıyla ilgili İş Akış Şeması Şekil 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1. Tez iş akış şeması.

7.1 Çalışmada Kullanılan GNSS İstasyonları

Çalışmada BMG bölgesinde bulunan Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarından AYD1, DIDI ve DNZ1 istasyonları ve Aydın belediyesinin tesis etmiş olduğu sabit istasyonlardan AYDN, BOZD, DIDM, KUSD ve PAMU istasyonlarının verileri kullanılmıştır (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. İstasyon konumları.

GNSS istasyonlarına ait bulunduğu il/ilçe, istasyon kodu, enlem ve boylam bilgileri Çizelge 7.1’de; GNSS istasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.1. GNSS istasyonlarının genel bilgileri.

İST. NO	İL / İLÇE	İSTASYON KODU	ENLEM (derece)	BOYLAM (derece)
1	Aydın/Merkez	AYD1	37,84072	27,83788
2	Aydın/Didim	DIDI	37,37213	27,26866
3	Denizli/Merkez	DNZ1	37,77880	29,04374
4	Aydın/Merkez	AYDN	37,84700	27,84614
5	Aydın/Bozdoğan	BOZD	37,67294	28,31762
6	Aydın/Didim	DIDM	37,37335	27,27740
7	Aydın/Kuşadası	KUSD	37,86913	27,26467
8	Aydın/Pamukören	PAMU	37,92378	28,54335

Çizelge 7.2. GNSS istasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri.

İST. NO	İSTASYON ADI	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ
1	AYD1	01.01.2014	31.12.2018
2	DIDI	01.01.2014	31.12.2018
5	DNZ1	25.05.2017	31.12.2018
6	AYDN	04.08.2017	31.12.2018
7	BOZD	04.08.2017	31.12.2018
8	DIDM	04.08.2017	31.12.2018
9	KUSD	04.08.2017	29.03.2018
10	PAMU	10.08.2017	31.12.2018

Çizelge 7.3'te GNSS istasyonlarının veri durumları ve eksik veri yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 7.3. GNSS istasyonları veri durumları.

İST. NO	İSTASYON	ÖLÇÜ GÜNÜ	VERİ ADEDİ	EKSİK VERİ (%)
1	AYD1	1826	1737	4,9
2	DIDI	1826	1769	3,1
3	DNZ1	586	584	0,3
4	AYDN	515	330	35,9
5	BOZD	515	311	39,6
6	DIDM	515	332	35,5
7	KUSD	238	105	55,9
8	PAMU	509	238	53,2

7.2 GNSS Gözlemlerinin GAMIT /GLOBK Yazılımı İle Değerlendirilmesi

Bu çalışmada BMG bölgesinde bulunan 8 GNSS istasyonunun 2014-2018 tarih aralığını kapsayan ölçüleri değerlendirilmiştir. GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi, MIT tarafından geliştirilen GAMIT (GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology)/ GLOBK (Global Kalman) yazılım takımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Herring vd., 2018).

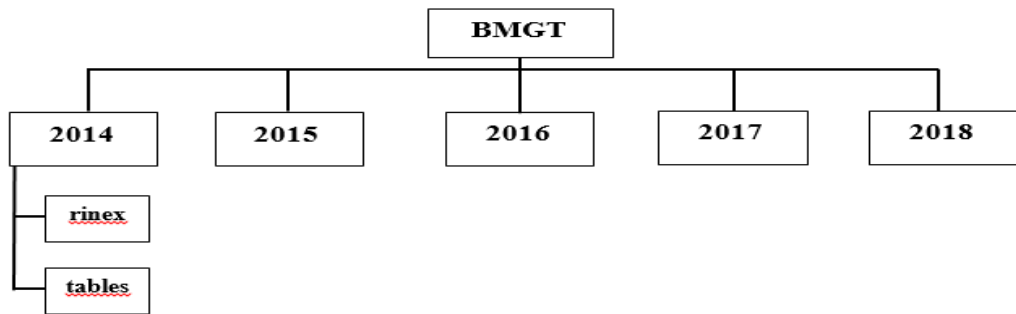
7.2.1 GAMIT ön hazırlık aşaması

GAMIT/GLOBK yazılım takımında yapılan tüm işlem adımları aşağıda anlatılmıştır. İlk adımda, yazılımın ana girdi verisi olan ve farklı alıcılardan elde edilmiş GNSS gözlemlerinin alıcıdan bağımsız olması için RINEX formatına dönüştürülmesi

gerekmektedir. Topcon Link, TEQC ve ASHTECH Office Converter programları RINEX formatına dönüşüm için kullanılabilecek programlardan bazılarıdır. Ayrıca aynı gün için oluşturulan saatlik GNSS gözlemlerinin birleştirilmesi TEQC programı kullanılarak yapılabilmektedir (URL-1). AYDN, BOZD, DIDM, KUSD ve PAMU istasyonlarının GNSS gözlemleri saatlik olduğu için birleştirme işleminde TEQC (URL-14) programı kullanılmıştır. AYD1, DIDI ve DNZ1 TUSAGA-Aktif istasyonlarının GNSS verileri Compact (Hatanaka) formatında olup dosya isimleri büyük harfle (AYD10010.19D) yazılmıştır. Dosya isimlerinin küçültülmesi *sh_casefold* ve RINEX formatına dönüşüm *sh_crx2rnx* GAMIT/GLOBK komutlarıyla gerçekleştirilmiştir.

GAMIT yazılımı RINEX dosyalarının isimlendirilmesinde özel bir dizayn istemektedir. Bu işlem veri dosyası yönetiminde, verilerin interaktif işlenmesinde ve çözüm bulmada kolaylıklar sağlamaktadır (Herring vd., 2018). RINEX gözlem (observation) dosyalarının isimlendirilmesinde “iiiiigg0.yyo” formatı gereklidir. “iiii” GNSS gözlemlerinin yapıldığı istasyonun 4 karakterden oluşan, Türkçe karakter içermeyen ve küçük harflerle yazılan kodunu; “ggg” yılın gününü; “0” o gün için yapılan oturum sayısını; “yy” gözlemlerin yapıldığı yılın son iki rakamını ve “o” da RINEX dosyasının türünü (o=observation) temsil etmektedir (Herring vd., 2018). Örneğin AYD1 TUSAGA-Aktif istasyonunun 2019 yılının 138. gününde yapılan gözlemlerin RINEX dosya adı ayd11380.19o şeklinde olmalıdır.

Daha sonra GAMIT yazılımının çalışabilmesi için gerekli dizin yapısının oluşturulmuştur. Ana dizin, 4 karakterle isimlendirilen ve proje adını (BMGT) ifade eden dizindir. Ana dizin içerisinde ölçüm yıllarına ait yıl dizinleri ve her yıl dizini içerisinde rinex ve tables dizinleri olmalıdır (Şekil 7.3). Her yıl içerisinde bulunan rinex dizini içerisine o yıla ait olan RINEX dosyaları kopyalanmıştır.



Şekil 7.3. GAMIT dizin yapısı.

Tables dizini, GAMIT yazılımının GNSS gözlemlerini değerlendirme adımlarında kullandığı ve değerlendirilen yıla uygun olan global dosyaları içermektedir. Bu dosyalar *sh_setup* komutu ile bu dizine getirilebildiği gibi, ihtiyaca bağlı olarak sağlayıcılardan temin edilerek manuel olarak da bu dizine kopyalanabilir. Örneğin 2017 yılı için *sh_setup* komutu çalıştırıldığında, komut 2017 dizini içerisinde tables dizini oluşturur ve bu dosyaları GAMIT kütüphanesinden bu dizine çağırır (Şekil 7.4).

```
osman@osman:~/Masaüstü/BMGT/2017/tables$ ls
antmod.dat  gdetic.dat  lfile.old  otl.list    soltab.
atl.grid    gpt.grid    luntab.    pmu.usno    station.info
atl.list    guess_rcvant.dat  map.grid    pole.        svnav.dat
atml.grid   hi.dat      map.list    pole.usno    svsexclude.dat
atml.list   igs14_comb.apr  met.grid    process.defaults  svt
autcln.cmd  itrff08_comb.apr  met.list    rcvant.dat   tform.dat
core        itrff08_eura.apr  nutabl.     sestbl.      tmp.lfile
dcb.dat     leap.sec     otcmc.dat   sites.defaults  uti.
eq_rename   lfile.       otl.grid    sittbl.      uti.usno
```

Şekil 7.4. Analizde kullanılan tables dizini.

Dizin içerisinde bulunan dosya isimlerinin renkleri dosyalarla ilgili önemli bilgiler vermektedir. Kırmızı renk dosyanın GAMIT kütüphanesinde bulunmadığını, mavi renk dosyanın link olduğunu ve kullanılabilir olduğunu göstermektedir (Özbey, 2017). Global dosyalar ve açıklamaları Çizelge 7.4’te verilmiştir.

Çizelge 7.4’te verilen global dosyalara ek olarak, tables dizi içinde ölçülerin değerlendirmesinde çok önemli yer tutan ve üzerinde bazı düzenlemeler yapılması gereken dosyalar bulunmaktadır. Bunlar; “sestbl., station.info, process.defaults, site.defaults ve sittbl.” dosyalarıdır.

Çizelge 7.4. Global dosyalar.

DOSYA ADI	AÇIKLAMA
antmod.dat	Anten bilgileri
gdetic.dat	Jeodezik datum dönüşüm parametreleri
luntab.	Ay efemeris tablosu
soltab.	Yer ve güneş efemeris tablosu
nutabl.	Nutasyon efemeris tablosu
uti.	IERS bülteni UT1
pole.	IERS bülteni A değerleri
leap.sec	UTC’ye eklenen 1 saniyelik ofsetler
svnav.dat	Uydu tanıma bilgileri
guess_rcvant.dat	Alıcı ve anten bilgileri
tform.dat	Koordinat dönüşüm parametreleri
igs14_comb.apr	IGS istasyonları XYZ koordinatları
otl.grid	Okyanus yüklenmesi grid dosyası

“sestbl.” dosyası GNSS ölçülerinin değerlendirilmesinde tüm kontrol aşamasını içeren komutları ve stratejileri içeren dosyadır. Kısaca bu stratejiler, tam sayı belirsizliğinin çözümü, ölçülerin ağırlıklandırılması, atmosferik parametrelerin ve yörünge parametrelerinin belirlenmesi ve model parametreleri için (yer dönme, yeryuvarı gelgit ve anten faz merkezi parametreleri) için yapılan kestirimler şeklinde sıralanabilir (Poyraz, 2009; Tiryakioğlu, 2012; Herring vd., 2015). Bu dosya içerisinde değerlendirme stratejisi ve çalışmanın amacına göre çeşitli düzenlemeler yapılabilir. Dosya içerisinde; BASELINE, RELAX ve ORBIT gibi değerlendirme modelleri, çözümü yapılacak ölçme türü için LC_AUTCLN, LC_HELP, L1_ONLY, L2_ONLY, L1, L2_INDEPENDENT gibi farklı değerlendirme stratejileriyle çalışma seçenekleri, radyasyon modeli için BERNE, BERN2, UCLR1, UCLR2 ve NONE seçenekleri, T/L file güncellemesi ve güncelleme şartı gibi değerlendirme seçenekleri bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan sestbl. dosyasında belirlenen çözüm stratejileri Çizelge 7.5’te verilmiştir.

“station.info” dosyası GNSS ölçülerinin yapıldığı IGS istasyonları ve çalışmada kullanılan diğer istasyonlara ait bilgileri içeren dosyadır. Bu bilgiler sırası ile 4 karakterli istasyon adı, istasyonun bulunduğu şehir ve ülke adı, GPS oturumu başlangıç ve bitiş tarihi (yıl, yılın günü, saat, dakika ve saniye), anten yüksekliği, anten yüksekliği ölçüm noktası, alıcı modeli ve anten modeli bilgileridir. Bu bilgiler manuel olarak dosyaya eklenebildiği gibi, *sh_upd_stnfo* komutuyla da yapılabilir. Bu dosyayla ilgili en sık karşılaşılan hatalar anten yüksekliğinin ve alıcı kodu bilgilerinin yanlış girilmesidir. Bu bilgiler yanlış girilse dahi yazılım değerlendirmeye devam edeceği için hata ancak sonuçların incelenmesiyle belirlenebilmekte ve bu da zaman kaybına sebep olmaktadır. Değerlendirmede kullanılacak her bir istasyon ve her oturum için bu bilgiler eksiksiz bir şekilde bu dosyada oluşturulmalıdır.

“process.defaults” dosyası hesap ortamını, yazılımın çalıştırıldığında ihtiyaç duyulan verilerin hem bilgisayar içerisindeki konumunu (dizin yolu) hem internet ortamında başvurulacak sağlayıcıların ftp adreslerini, değerlendirmede ki tüm işlem adımlarını, değerlendirme şart ve sınırlamaları, yani değerlendirmenin başlangıcından sonuçların arşivlenmesine kadar yapılacak işlemlerin yer aldığı dosyadır (Herring vd., 2015). GAMIT kütüphanesinde bulunan “process.defaults” dosyası veri değerlendirme işlemi için yeterli olup, sadece mail adresi eklenmesi gerekmektedir.

Çizelge 7.5. GAMIT değerlendirme stratejisi

Choice of experiment	BASELINE
Choice of observable	LC_AUTCLN
AUTCLN command file	autcln.cmd
Zenit delay estimation	Y
Update T/L files	L_ONLY
Update tolerance	0.3
Radiation model for ARC	BERNE
Reference system for ARC	EGM08
Tides applied	31
Use otl.grid	Y
Antenna model	AZEL

“sittbl.” dosyası istasyonlar için belirlenen kontrol komutlarını içermektedir. Genel değerlendirme için “sestbl.” dosyasında belirlenen bazı parametreler bu dosyada istasyona özel olarak değiştirilebilir. Ölçülerin değerlendirilmesinde geçerli olacak koordinat zorlamaları bu dosya içerisinde verilmektedir.

“sites.defaults” dosyası içerisinde GNSS ölçülerini değerlendirmek istediğimiz istasyonlar ve değerlendirmede kullanmak istediğimiz IGS istasyonlarının isimleri bulunur. Ayrıca stabilizasyon ve tekrarlılık analizi için kullanmak istediğimiz istasyonları bu dosya içerisinde belirtiriz. GAMIT değerlendirme aşamasında her gün için nokta koordinatları ve her bir nokta için atmosferik gecikme ve yörünge bilgileri değerlendirme aşamasında kullanılan parametrelerin hiçbirinde kısıtlama yapılmadan elde edilmektedir. Değerlendirmede hem lokal bir ağı global bir ağ ile ilişkilendirmek, hem de milimetre hassasiyetindeki nokta koordinatlarından yararlanarak, yörünge ve dünya dönme parametrelerinin daha hassas hesaplanmasını sağlamak amacıyla IGS global ağına bağlı noktalardan faydalanılması gerekmektedir (Poyraz, 2009; Herring vd., 2018). Ayrıca dosya içerisinde istasyon kodundan sonraki sütunda 4 karakterli, Türkçe karakter içermeyen harflerden oluşan proje adının (experiment name) girilmesi gereklidir. Proje adının ayrıca analiz adımlarında değerlendirme komutları içerisinde de aynı şekilde kullanılması gerekmektedir (Herring vd., 2018). Çalışmada kullanılan IGS istasyonlarının seçimi nokta hızlarının hesaplandığı bölümde detaylı olarak açıklanacaktır. Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları Çizelge 7.6’da verilmiştir. IGS istasyonlarının konumları Şekil 7.5’te verilmiştir.

Çizelge 7.6. Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları.

İSTASYON	ŞEHİR/ÜLKE	İSTASYON	ŞEHİR/ÜLKE
ANKR	Ankara/Türkiye	MATE	Matera/İtalya
BAKU	Bakü/Azerbaycan	NICO	Nicosia/Güney Kıbrıs
BUCU	Bükreş/ROMA	RAMO	Mitzpe/İsrail
CRAO	Simeiz/Ukrayna	SOFI	Sofya/Bulgaristan
GLSV	Kiev/Ukrayna	TEHN	Tahran/İran
GRAZ	Graz/Avusturya	TELA	Telaviv/İsrail
ISTA	İstanbul/Türkiye	TUBI	Gebze/Türkiye



Şekil 7.5. Çalışmada kullanılan IGS istasyonları.

7.2.2 GAMIT modülü GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi

Yapılan bu ön hazırlık ve düzenlemelerden sonra *sh_gamit* komutu çalıştırılarak ölçülerin otomatik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. *sh_gamit* komutunun çalıştırılması ile birçok alt komut ve modül otomatik olarak sırasıyla çalıştırılmaktadır. Komut çalıştırdıktan sonra değerlendirmenin durumu ile ilgili bilgilerin yazıldığı dosyalar GAMIT.status, GAMIT.warning ve GAMIT.fatal dosyalarıdır (Herring vd., 2015). Bu dosyalardan en önemlisi GAMIT.fatal dosyasıdır. Bu dosya, yazılımın o güne ait çözümde bir sorunla karşılaştığında oluşturulacak olup hatanın nerede olduğu bu dosya içerisinde yazmaktadır (Tiryakioğlu, 2012). Yukarıda belirtilen ön hazırlıklarda yapılabilecek hatalar, internet bağlantısının zayıf olması veya kesilmesi ve global dosyalarda eksik bulunması veya güncel olmaması (ölçü tarihini kapsamaması) GAMIT.fatal dosyasının oluşma sebeplerinden bazılarıdır. Ölçülerin çözüm süresi; çözülecek gün sayısına, istasyon sayısına, veri aktarım hızına ve kullanılan bilgisayarın işlem hızına bağlıdır. Çözümün tam olması; programın herhangi bir sebepten dolayı durmaması, GAMIT.fatal dosyasının oluşmaması ve her gün için tüm alt programların normal (Normal End veya Normal Finish) bir şekilde

sonuçlanmasına bağlıdır. Bu adımdan sonra yıl dizini içerisinde otomatik olarak archive, brdc, control, figs, gfiles, glbf, gsoln, igs, ionex, met, mkrinex, raw, rinex, tables, 138 ve 139 dizinleri oluşacaktır. Dosya açıklamaları Çizelge 7.7’de verilmiştir.

Çizelge 7.7. GAMIT dizinleri ve açıklamaları.

DİZİN	AÇIKLAMA	DİZİN	AÇIKLAMA
archive	Global ve lokal arşivler	ionex	İyonosfer modelleri
brdc	Hassas efemerisler	met	Meteorolojik modeller
control	Kontrol dosyaları	mkrinex	Arş. ot. ind. Rinex dos.
figs	Faz çizimleri	raw	Ham veriler
gfiles	G dosyaları	rinex	RINEX
glbf	Binary h dosyaları	tables	Global ve komut dosyaları
gsoln	GLOBK girdi-çıkı dosyaları	138	Çözülen gün dosyaları
igs	IGS orbitleri	139	Çözülen gün dosyaları

7.2.3 GAMIT sonuçlarının irdelenmesi

sh_gamit çalıştırıldığında karşılaşılan en yaygın problemler station.info dosyasına girilen eksik veya yanlış alıcı-anten bilgileri ve kötü izleme veya kötü koordinatlardan kaynaklanan data kaybıdır. Kötü öncül koordinatlar autcln programının datanın tamamını silmesine sebep olacaktır (Herring vd., 2018).

GAMIT çözümü sonuçlarının iyi olup olmadığını belirlemek için başvurulması gereken 3 temel kural vardır. Bunlar; analizin beklenen datayı kapsamayı, datanın beklenen seviyede modele uyumu ve belirsizliklerin kabul edilebilir derecede küçük olmasıdır (Herring vd., 2018). Çoğu durumda bu 3 durumla ilgili gün dizini içerisinde oluşturulan *sh_gamit_ggg.summary* dosyası incelenerek değerlendirme yapılabilir (Şekil 7.6).

```

Input options -s 2018 234 365 -expt bmgt -orbit IGSF
Processing 2018 365 GPS week 2034 1 Using node: osman Started at: 19_03_09_06:10:29
Processing directory: /home/osman/Masaüstü/BMGT/2018/365
Disk Usage: 385344 Free 504818 Mbyte. Used 44%
Number of stations used 16 Total xfiles 16
Postfit RMS rms, total and by satellite
RMS IT Site All 01 02 03 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
RMS 16 ALL 7.6 67 84 72 86 81 70 83 69 68 68 72 71 78 89 89 87 72 82
71 69 69 68 67 65 82 71 76 69 69 85 83
Best and Worst two sites:
RMS 16 BUCU 5.7 4 5 6 5 4 6 6 5 7 5 6 5 5 5 6 6 5 6
5 6 4 5 5 8 6 5 4 6 6 5 5 9 6 6 5 5 5
RMS 16 TELA 6.1 5 5 8 6 5 4 6 6 5 5 9 6 5 5 5 6 7 6 10 5 5
5 5 6 6 5 5 6 5 5 6 5 6 7 7 5 5 5 5 5 5 5
RMS 16 SOFI 9.9 7 10 7 12 11 12 8 11 7 8 9 9 14 11 11 7 12
11 9 8 7 7 11 7 11 11 9 12 11
RMS 16 AYD1 10.9 10 13 10 11 12 9 11 9 9 9 11 11 12 11 11 13 11 14
10 9 10 9 11 10 13 11 11 8 9 13 12
Double difference statistics
Prefit nrms: 0.77645E+00 Postfit nrms: 0.18687E+00
Prefit nrms: 0.77425E+00 Postfit nrms: 0.19012E+00
Prefit nrms: 0.77645E+00 Postfit nrms: 0.18673E+00
Prefit nrms: 0.77425E+00 Postfit nrms: 0.18999E+00
Number of double differences: 76092
Phase ambiguities (Total WL-fixed NL-fixed): 449 440 428 AUTCLN (Total Expected) 449 449
Phase ambiguities WL fixed 98.0% NL fixed 95.3%
Processing 2018 365 GPS week 2034 1 Using node: osman Finished at: 19_03_09_06:16:28

```

Şekil 7.6. Sh_gamit_365.summary dosyası.

Bu dosyada belirli bir günde analiz edilmek istenen istasyon sayısı ve değerlendirme sonucu oluşan X dosyalarının sayısı karşılaştırılır. Eğer birbirine eşitse tüm istasyonlar çözüme dâhil edilmiş demektir. Değilse ikisinin farkı kadar istasyon bu günde çözülmemiş demektir. RMS (root mean square error / karesel ortalama hata) ile başlayan satırlar autln.post.sum dosyasından çıkarılır ve uydu-istasyon arasındaki RMS değerini gösterir. İkinci RMS satırında, ilk değer mm cinsinden toplam RMS'dir. Kalan 4 satır, saçılma değerleri açısından en düşük iki ve en yüksek iki istasyonu göstermektedir. Normal bir projede en iyi istasyonlar 3-5 mm, en kötü istasyonlar 7-9 mm aralığında değerler almaktadır. 10-15 mm arasında değerler yüksektir ancak kabul edilebilir gürültü seviyesidir. RMS değerinin 15 mm'den fazla olması zayıf alıcı, yüksek seviyede sinyal yansımaları (multipath), şiddetli hava, autln dosyası içindeki yaklaşımdan kaynaklı problem, genellikle zayıf koordinatlardan kaynaklı veya data süresinin kısa olması gibi sorunları göstermektedir (Herring vd., 2015).

Kontrol için incelenmesi gereken diğer bir dosya da gün dizini içerisinde oluşturulan qexpta.ddd dosyasıdır. q dosyasının en son satırında bulunan postfit.nrms değeri kontrol edilmelidir (Denklem 7.1). Analizle ilgili sonuçların yazdırıldığı q dosyasında bulunan nrms (Chi-kare $[x^2]$ 'nin serbestlik derecesine oranı) değerlerinin $0.15 < nrms < 0.25$ aralığında olması gereklidir. Dosya içerisinde normlandırılmış karesel ortalama hata (nrms-Normalized Root Mean Square) değeri yanında istasyon koordinatları, yer dönüş parametreleri ve uydu yörünge bilgileri sınırlamaları da bulunur (Tiryakioğlu, 2012). GAMIT'te her gün için gerçekleştirilmiş çözümlerde nrms değerinin bu değerler arasında olması, kurulan modelin doğruluğu ve ölçülerin gürültü (noise) seviyelerinin kabul edilebilir seviyede olduğu anlamına gelmektedir (Poyraz, 2009; Tiryakioğlu, 2012; Herring vd., 2015 ve Herring vd., 2018).

$$NRMS = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - x_{ort})^2}{n-1}}}{x_{max} - x_{min}} \quad (7.1)$$

x_i : i. Ölçme değeri

x_{ort} : Ölçmelerin ortalaması

x_{max} : En büyük ölçme değeri

x_{min} : En küçük ölçme değeri

n : Ölçü sayısı

Çalışmada her bir günün GAMIT çözümü sonucunda elde edilen postfit nrms değerleri ve sınır değerler grafik olarak çizdirilmiş ve grafikler Şekil 7.8, Şekil 7.9, Şekil 7.10, Şekil 7.11, Şekil 7.12 ve Şekil 7.13'te verilmiştir. Postfit nrms değerinin ilk çözümde $0.15 < nrms < 0.25$ şartını sağlamadığı günler tespit edilmiştir. Şartın sağlanmadığı günlerin q, autcln.post.sum ve sh_gamit_ggg.summary dosyaları incelenip, analiz sonucunda elde edilen nrms değerini etkileyebilecek sebepler araştırılmıştır. Bu incelemeler sonucunda, bazı istasyonlarla ilgili ikili fark değerleri, range rms değeri, öncül koordinatlarla ilgili farklar vb. gibi sebeplerin nrms değerini etkileyebileceğine karar verilmiş ve gerekli düzenlemeler yapılarak o gün için sh_gamit çözümü tekrar yapılmıştır. Yapılan bu incelemeler ve gerekli düzenlemeler sonucunda nrms değeri tüm günler için $0.15 < nrms < 0.25$ şartını sağlamıştır (Şekil 7.8, Şekil 7.9, Şekil 7.10, Şekil 7.11, Şekil 7.12 ve Şekil 7.13).

GAMIT çözümleri için incelenmesi gereken diğer bir kontrol dosyası da autcln.post.sum dosyasıdır. Dosya içerisinde GNSS ölçüsünün yapıldığı noktaya ait sonuçlar bulunmaktadır. Dosya içerisinde bulunan Allan SD@100 ve Range rms değerlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Her nokta için Allan SD@100 değerinin 50 ppb'den (parts per billion) küçük olması beklenir. Atomik oskilatörlü saatlere sahip alıcılarda ise bu değerin 1 ppb'den küçük olması beklenmektedir (Tiryakioğlu, 2012). Bu değerin beklenen değerde büyük olması durumu, o nokta için kötü faz ölçüsü olduğu anlamına gelmemektedir. Ancak bu değerin yüksek olduğu istasyonlarda faz kesiklerinin olma ihtimalini göstermektedir.

P kod için bozucu etki olmadan Range rms değeri 1000-2000 mm arasında olmalıdır (Herring vd., 2015; Herring vd., 2018). Range rms değerinin bu aralık üzerinde bir değer aldığı durumda o noktanın öncül koordinatları ile gerçek koordinatları arasında 10 metreden daha fazla fark olduğu veya o noktaya ait RINEX dosyasının hatalı olduğu düşünülmelidir. GAMIT, çözümde bu noktayı dâhil etmeyecek ve ilerleyen adımlarda bu noktanın koordinatlarını hesaplamayacaktır. Bu sorunu gidermek için hatalı olan noktanın koordinatları düzeltilerek o güne ait çözümün tekrar gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Tiryakioğlu, 2012). İstasyonların performansı, uyduların performansı ve kaba hataları bu dosya içerisinde one-way residual'lere bakılarak tespit edilebilir. One-way post-fit istatistiklerine bakıldığında, bu değerin

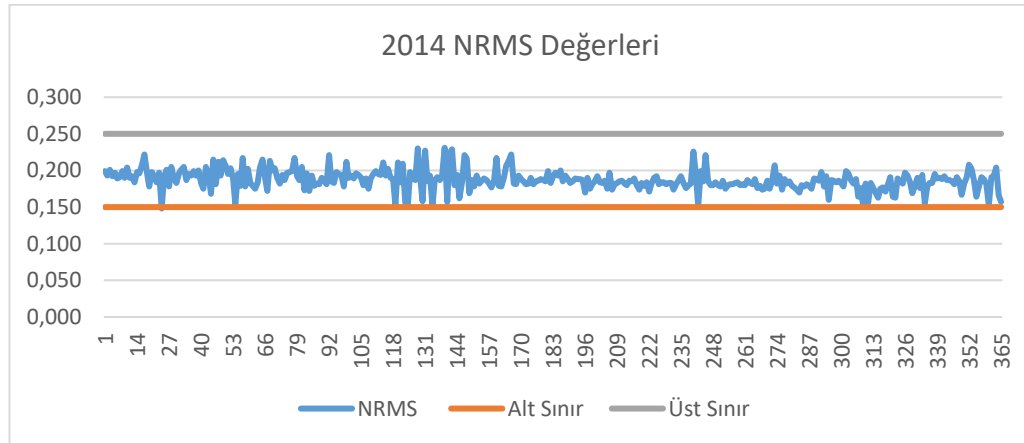
normal olarak 4-8 mm civarında olması beklenmektedir. Fazla sinyal yansımasının olduğu durumlarda bu değerin 9-13 mm civarında olması beklenir (Herring vd., 2015; Herring vd., 2018; Tiryakioğlu, 2012). Bu çalışmada 2018 yılının 1. günü GAMIT çözümünde elde edilen Autcln.post.sum dosyası Şekil 7.7’de verilmiştir.

AUTCLN SUMMARY FILE: Version 3.35

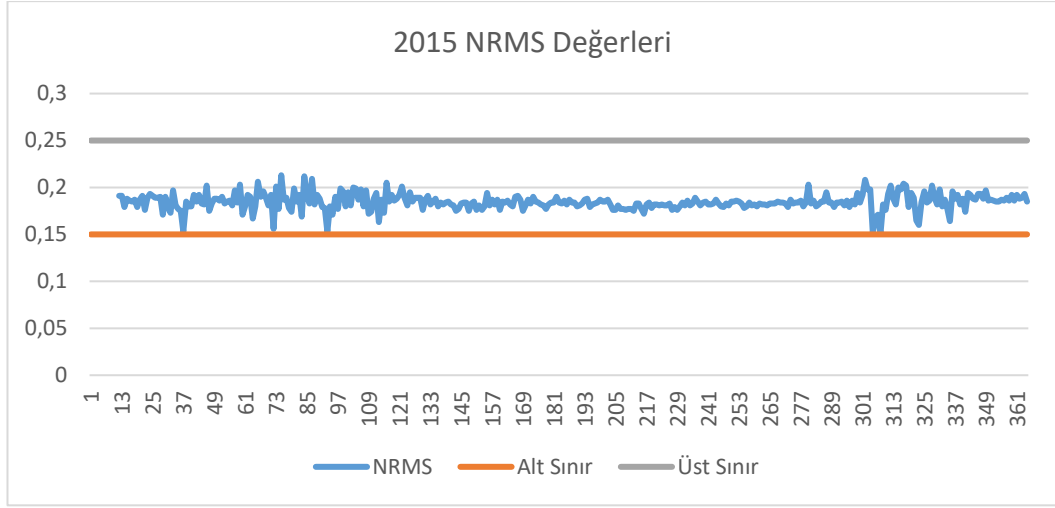
Clock and Range noise statistics at iteration 5

Site/PRN	Allan SD@100 sec (ppb)	#	Range rms (mm)	#	
ANKR	0.017767	1759	344.1	15708	LEI
AYD1	0.025097	2879	1042.6	24931	TRM
AYDN	100.000000	2785	1097.9	25142	STH
BAKU	0.025941	2877	1285.3	24091	TRM
BOZD	100.000000	2777	1088.4	24738	STH
BUCU	0.068527	2879	668.9	25032	LEI
CRAO	0.051012	2879	1728.4	24244	ASH
DIDM	100.000000	2748	1099.8	24992	STH
DNZ1	0.019286	2879	845.1	25215	TRM
GLSV	0.028456	2853	989.2	25460	NOV
GRAZ	0.016720	2877	285.9	25194	LEI
ISTA	0.016206	2877	829.2	24979	LEI
KUSD	39.784809	2873	1103.5	24911	STH
KUWT	0.033812	2877	1161.0	22088	TRM
MATE	0.010000	2879	445.5	23795	LEI
NICO	0.017575	2875	471.7	25007	LEI
PAMU	100.000000	2697	1254.8	23584	STH
SOFI	0.087486	2878	1019.9	24799	LEI
TEHN	0.022791	2879	1099.0	25265	TRM
TELA	0.023028	2879	1213.7	24566	LEI
TUBI	2.543381	2877	1149.8	20566	TRM

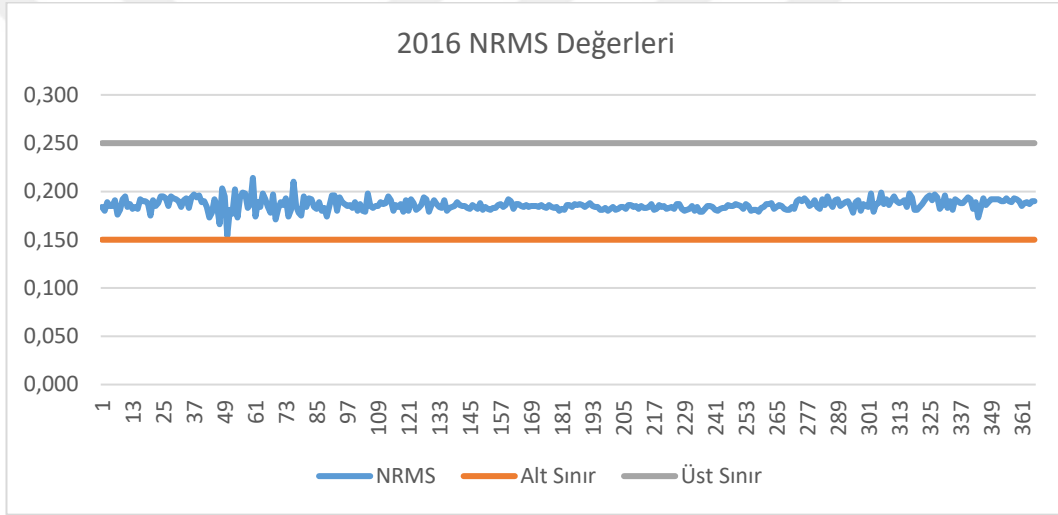
Şekil 7.7. Autcln.post.sum dosyası.



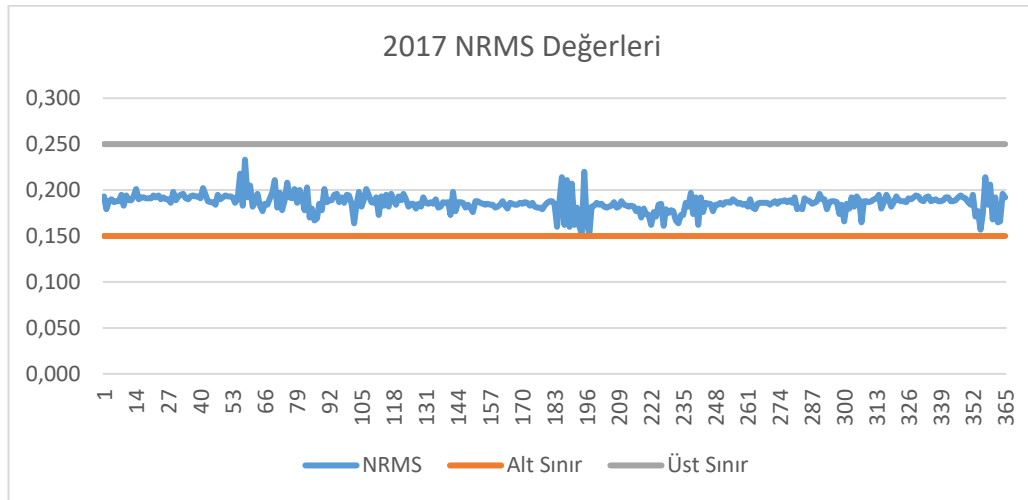
Şekil 7.8. 2014 nrms değerleri.



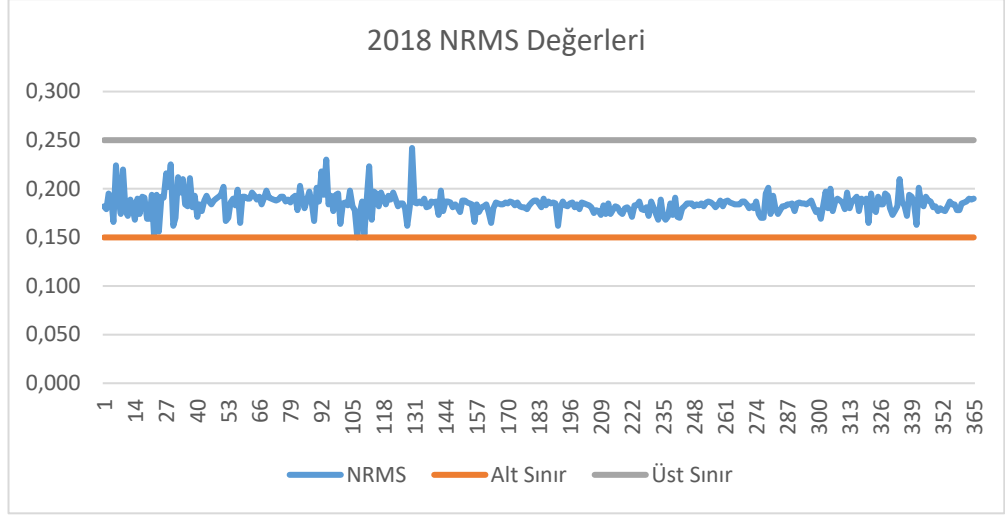
Şekil 7.9. 2015 nrms değerleri.



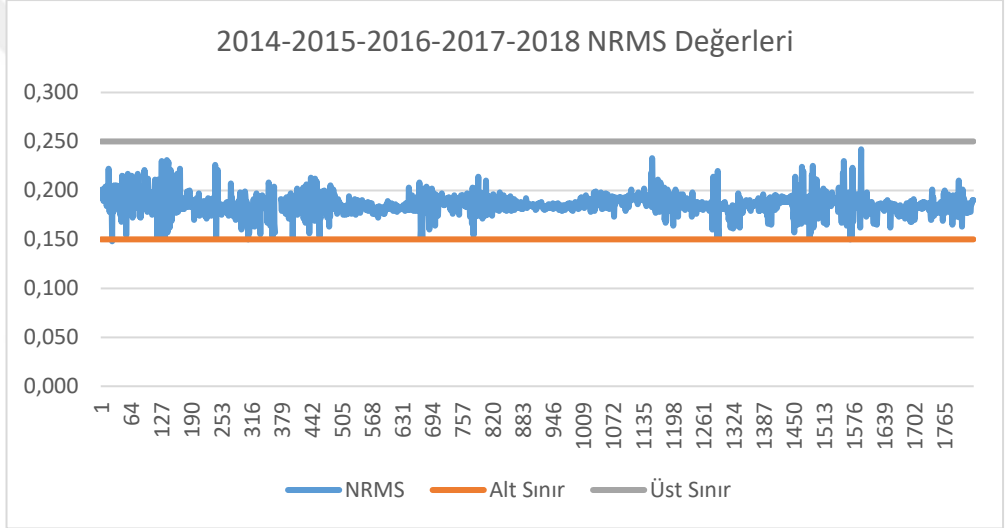
Şekil 7.10. 2016 nrms değerleri.



Şekil 7.11. 2017 nrms değerleri.



Şekil 7.12. 2018 nrms değerleri.



Şekil 7.13. 2014-2015-2016-2017-2018 nrms değerleri.

Yukarıda belirtilen dosyalar ve içerdiği değerlerle ilgili kriterler sağlanıyorsa GAMIT çözümü tamamlanmıştır.

7.2.4 Günlük tekrarlılık grafiklerinin üretilmesi

GAMIT çözümünden sonraki adım GNSS ölçümü yapılan noktaların günlük ve yıllık tekrarlılıklarının (zaman serileri) üretilmesidir. Bu işlem *sh_glred* komutu kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Komut, *gsoln* dizini içinde günlük tekrarlılıkları ve GAMIT çözümünden GLOBK çözümüne geçmek için kullanılan H dosyalarını üretmek için kullanılır. *sh_glred* komutu çalıştırıldıktan sonra *gsoln* dizini içerisinde her gün için *glr*, *org* ve *prt* uzantılı dosyalar oluşmaktadır. Ayrıca *psbase_XXXX.SITE* şeklinde

isimlendirilen zaman serileri oluşmaktadır (XXXX proje adı, SITE nokta adı). AYD1 istasyonunun 2017 yılına ait tekrarlılık grafikleri Şekil 7.14'ta verilmiş olup diğer istasyonların grafikleri EK-A'da verilmiştir. Günlük tekrarlılık grafiklerinde özellikle aynı noktanın farklı günlerde yapılan ölçüleri yorumlanabilir. Grafiklerde bulunan n_{rms} (normlandırılmış karesel ortalama hata) ve w_{rms} (ağırlıklandırılmış karesel ortalama hata) değerlerine bakılarak ölçüler hakkında yorum yapılabilir. WRMS değeri 7.2 denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$WRMS = \sqrt{\frac{v^T w v}{n-u}} \quad (7.2)$$

v : Düzeltmeler

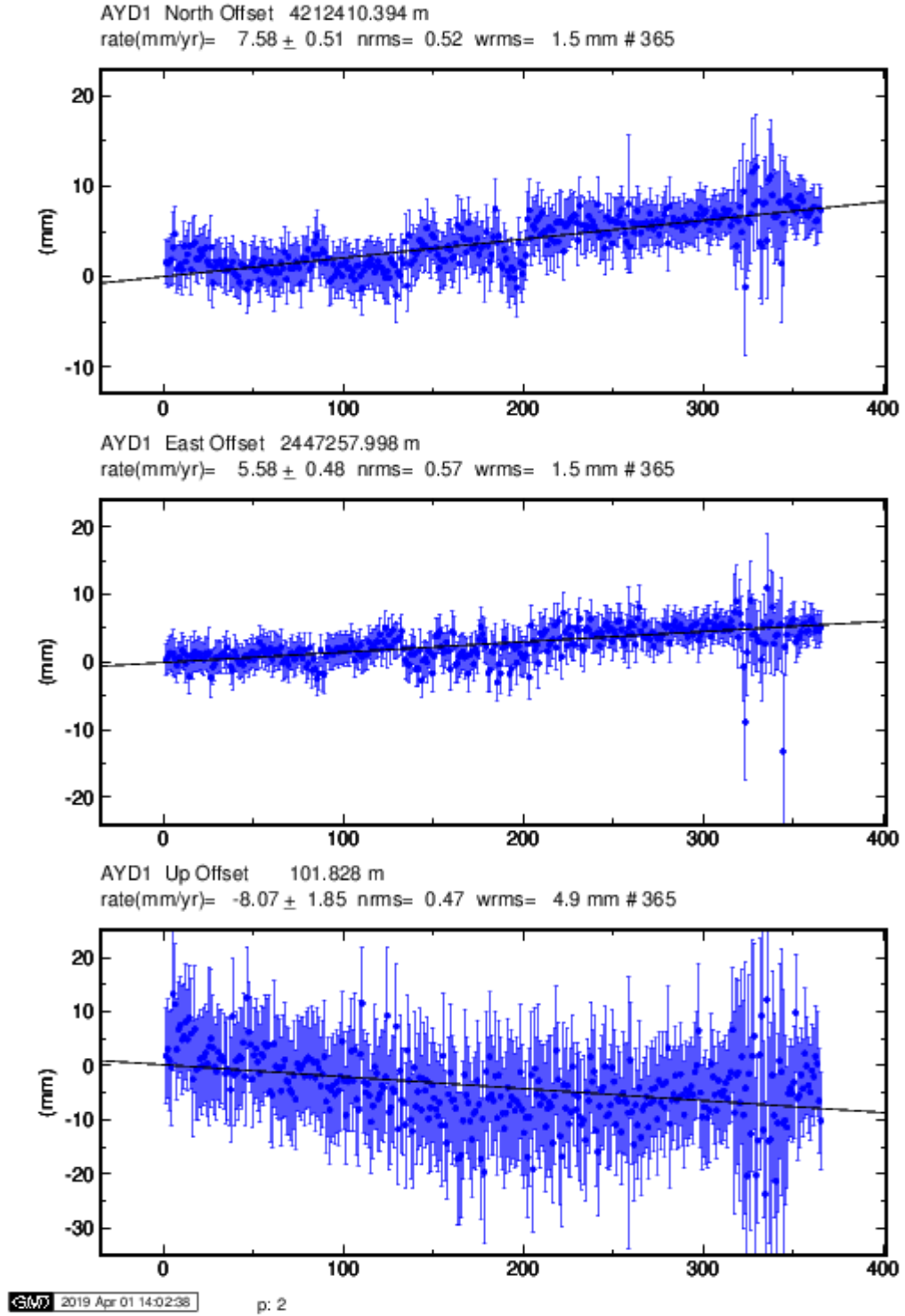
v^T : Düzeltmeler matrisinin transpozesi

w : Ağırlık matrisi

$n-u$: Serbestlik derecesi

GNSS'ten elde edilen konum belirsizliğine, bilinen hataların yanı sıra anten yüksekliğinin yanlış girilmesi veya station.info dosyasına anten bilgilerinin yanlış girilmesi de etkili olabilmektedir (Tiryakioğlu, 2012). 24 saatlik bir oturum ve robust stabilizasyonu ile yatay koordinatlarda 1-2 mm, düşey koordinatlarda 3-5 mm seviyesinde belirsizlikler ve tekrarlılıklar elde edilmelidir. 8 saatlik oturumlarda bu değer yatayda 2-4 mm, düşeyde ise 10-15 mm civarında olmalıdır (Herring vd., 2018).

Belirtilen değerlerden yüksek değerler alan noktaların RINEX verileri kontrol edilmelidir. RINEX'te ilk kontrol edilmesi gereken şey oturum süresinin uzunluğudur. Oturum süresi kısa olan noktalarda belirtilen değerlerin yüksek olması normaldir. Eğer oturum süresi belirtilen kriterden az değilse ikinci olarak autcln.post.sum dosyası içerisinde silinen ve gürültülü dataların sayısına bakılmalıdır. Tekrarlılık grafikleri incelendiğinde gerekli görüldüğü durumlarda ilgili güne ait RINEX verisi silinerek yeniden değerlendirme işlemi yapılmalıdır (Tiryakioğlu, 2012; Herring vd., 2018).



Şekil 7.14. AYD1 istasyonu 2017 yılı günlük tekrarlılık grafiği.

7.2.5 GLOBK çözümü ve nokta hızlarının hesaplanması

GLOBK çözümü farklı yıllarda yapılan GNSS ölçmelerini Kalman Filtreleme Tekniği kullanarak birleştirme işlemini yapmaktadır. GLOBK çözümünün girdi dosyaları h

dosyalarıdır. Bir önceki adımda *sh_gfred* komutuyla h dosyaları GLOBK çözümü için uygun formata dönüştürülmüş ve yıl dizinleri içerisindeki glbf klasörü içerisine atılmıştır. Zaman serilerinin üretilmesi ve hız çözümlerini yapmak için yıl dizinleriyle aynı seviyede vsoln dizini oluşturulmalıdır. Daha sonra bu dizin içerisinde bmgt.gdl isimli (bmgt: proje adı) bir dosya oluşturup, glbf dosyaları içerisindeki tüm .glx uzantılı dosyaların adı bu dosya içerisine yazdırılmalıdır. Burada .glx uzantılı dosyalar içerisinde iyonosfer bağımlı (biases fixed) dengeleme işlemi sonucunda üretilen GAMIT sonuç çıktıları bulunmaktadır. Ayrıca vsoln klasörü içerisine GLOBK modülünü yönetecek olan globk_long.cmd ve glorg_long.cmd komut dosyaları atılır. IGS tarafından belirlenen genel referans sistemine dönüşüm için kullanılan yer dönüş parametrelerine, uydu yörünge parametrelerine ve istasyon noktalarına getirilecek olan kısıtlamalar bu komut dosyaları sayesinde yapılmaktadır. GLOBK çözümünde her bir noktanın konum ve hız bilgilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla noktaların bu bilgilerinin ifade edilebileceği bir referans sisteminin belirlenmesi ve bu işlem içinde stabilizasyon işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Stabilizasyon işlemi GLOBK çözümü için en önemli aşamadır. Bu işlem global veya bölgesel olarak yapılabilir. Global stabilizasyon işleminde genellikle daha önceden hız tanımlamaları yapılmış plakalara göre nokta hızları belirlenmektedir. Noktaların birbirlerine göre hızlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen stabilizasyon ise bölgesel stabilizasyondur.

GAMIT çözümünde değerlendirmeye katılan IGS istasyonları incelenip uygun olan istasyonlar global stabilizasyon işlemi için kullanılmalıdır. Bu nedenle en başta GAMIT çözümünde kullanılacak IGS istasyonlarının seçimi çok önemlidir. Türkiye'nin farklı bölgeleri için yapılan çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalarda kullanılan IGS istasyonları içinden 14 IGS istasyonu seçilerek bu çalışmada kullanılmıştır (Poyraz, 2009; Yavaşoğlu, 2009; Çakmak, 2010; Tiryakioğlu, 2012 ve Özbey, 2017). Bu amaçla bu çalışmada Anadolu plakası merkez olacak şekilde yaklaşık 1000 km çapında bulunan 14 IGS istasyonu içerisinde zaman serileri istikrarlı olan (yatay wrms=1-2 mm; nrms=1mm) 13 IGS istasyonunun stabilizasyon için kullanılması öngörülmüştür (Tiryakioğlu, 2012). Çizelge 7.8'de stabilizasyon için kullanılan IGS istasyonları verilmiştir. Bu tez çalışmasında stabilizasyon işleminde Avrasya Levhası sabit kabul edilmiş ve koordinat sistemi olarak ITRF08 seçilmiştir.

Çizelge 7.8. Stabilizasyon işleminde kullanılan IGS istasyonları.

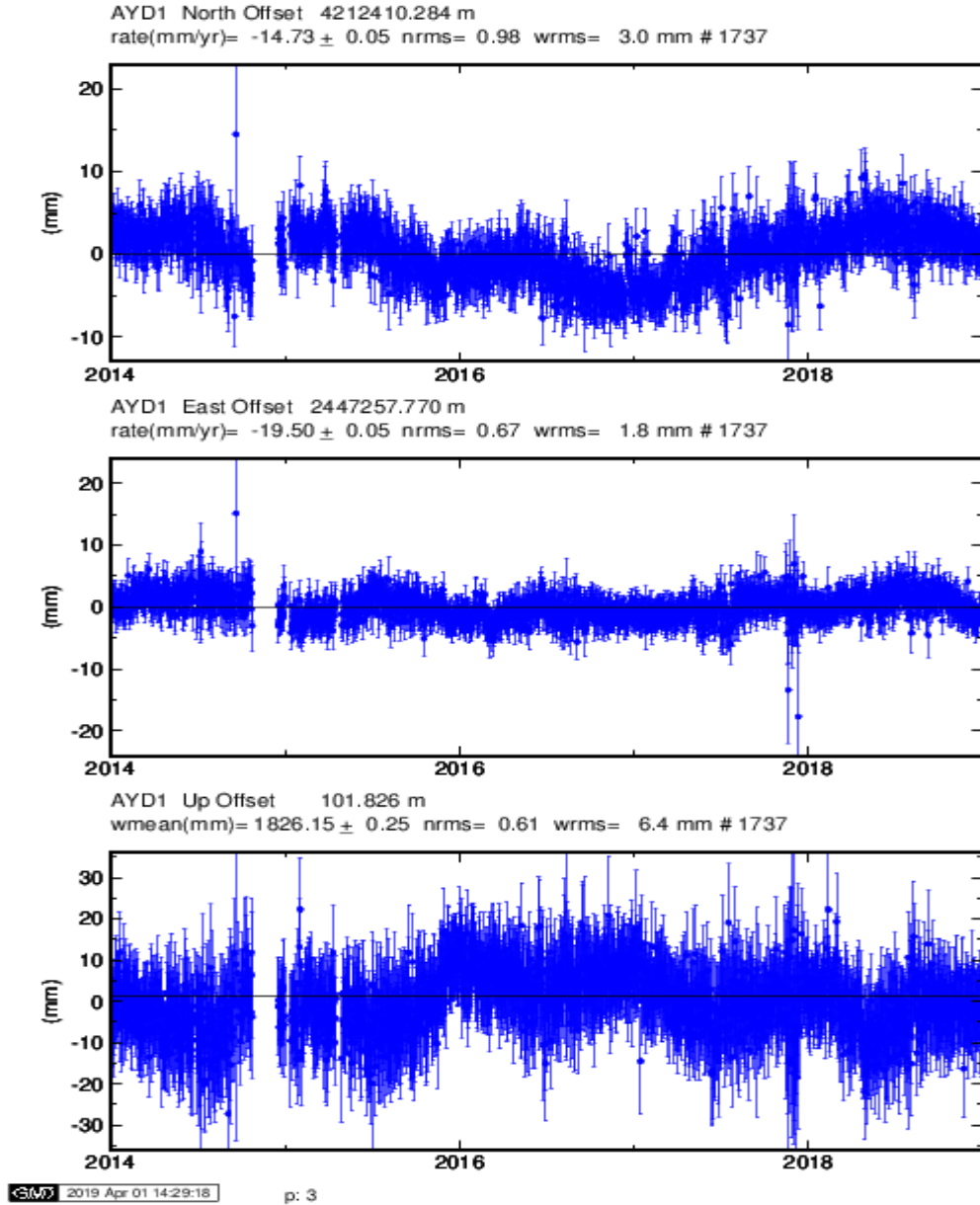
İSTASYON	ŞEHİR/ÜLKE
ITRF08 / AVRASYA	
TEHN	Tahran/İran
BAKU	Bakü/Azerbaycan
TELA	Telaviv/İsrail
CRAO	Simeiz/Ukrayna
NICO	Nicosia/Güney Kıbrıs
ANKR	Ankara/Türkiye
GLSV	Kiev/Ukrayna
TUBI	Gebze/Türkiye
ISTA	İstanbul/Türkiye
BUCU	Bükreş/ROMA
SOFI	Sofya/Bulgaristan
MATE	Matera/İtalya
GRAZ	Graz/Avusturya

GLOBK çözümünde global stabilizasyon işlemi için seçilen tüm IGS istasyonları GLOBK tarafından kullanılmayabilir. 4 iterasyon sonucunda en iyi sonuçları veren IGS istasyonu stabilizasyon için kullanılmıştır. Bu nedenle KUWT istasyonu stabilizasyon işleminden çıkarılmıştır. Stabilizasyon işlemi için minimum nokta sayısının 7 olması önerilmektedir (Tiryakioğlu, 2012).

Yukarıda belirtilen düzenlemeleri tamamladıktan sonra istasyonların yıllık tekrarlılıklarını elde etmek için *vsoln* dizini altında *glred* komutu çalıştırılır. Bu adım sorunsuz bir şekilde sonuçlandıktan sonra *sh_plotcrd* komutu ile yıllık tekrarlılıklar çizdirilir. Bu adımdan sonra elde edilen yıllık tekrarlılık grafikleri incelenerek noktaların uzun süreli değişimleri incelenebilir, noktaların tektonik yorumlamalar için uygun olup olmadığına karar verilebilir ve noktaların davranışıyla ilgili yıllar arası benzerlik veya farklılıklar belirlenebilir. AYD1 istasyonunun yıllık tekrarlılık grafiği Şekil 7.15'te diğer istasyonlar için elde edilen grafikler Ek-A'da verilmiştir.

Daha sonra istasyon hızlarının çözümü için *vsoln* dizini altında *globk* komutu çalıştırılır. Çözüm gerçekleştirildikten sonra *vsoln* dizini içerisinde *globk_vel.org* adında bir dosya oluşacaktır. Bu dosya içerisinde yapılan işlemler ve çözüme ait tüm detayları içeren bilgiler bulunmaktadır. Yine dosya içerisinde her iterasyon işlemi sonucunda elde edilen istatistiksel değerler ve iterasyon sonucunda çıkarılan istasyon bilgileri bulunmaktadır. Ayrıca dosya içerisinde noktalara ait konum ve hız bilgileri

bulunmaktadır. Dosya içerisinde kontrol edilmesi gereken ilk değer konum ve hız sonuçlarının dengeleme öncesi ve dengeleme sonrası standart sapma değeridir. Bu çalışmada 4.iteraston sonunda pre-rms=8.94 mm/yıl ve post-rms=1.33 mm/yıl değerleri elde edilmiştir. Yapılan çalışmalara göre post-rms değerinin 1 mm/yıl civarında olması beklenmektedir (McClusky, 2000; Yavaşoğlu, 2003; Ozbey, 2017).



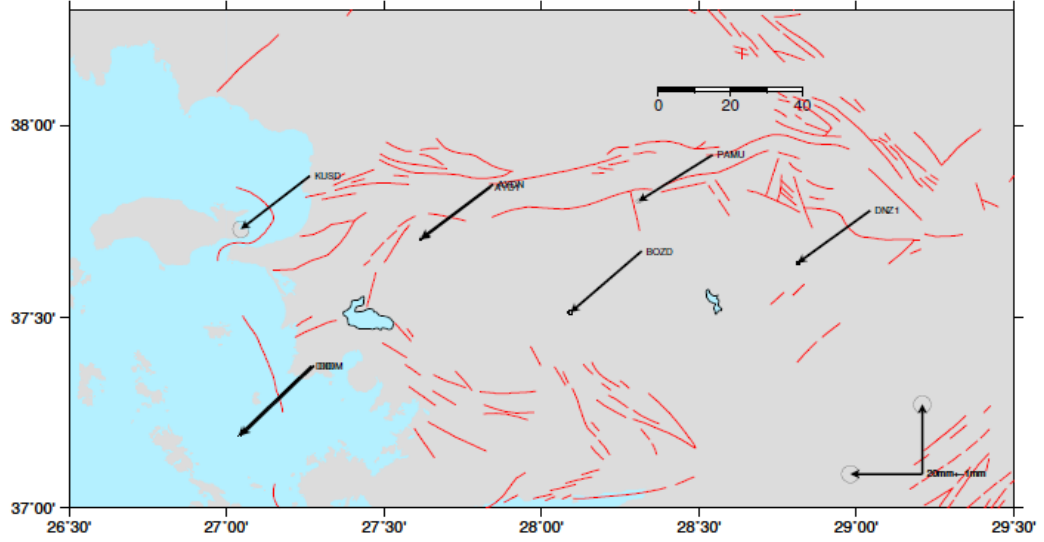
Şekil 7.15. AYD1 yıllık tekrarlılık grafiği.

GLOBK çözümü sonucu elde edilen istasyonların Avrasya sabit hızları ve standart sapmaları Çizelge 7.9’da, yatay hız haritası Şekil 7.16’da ve düşey hız haritası Şekil 7.17’de verilmiştir.

Çizelge 7.9. Nokta hızları (Avrasya Plakası sabit/ITRF08).

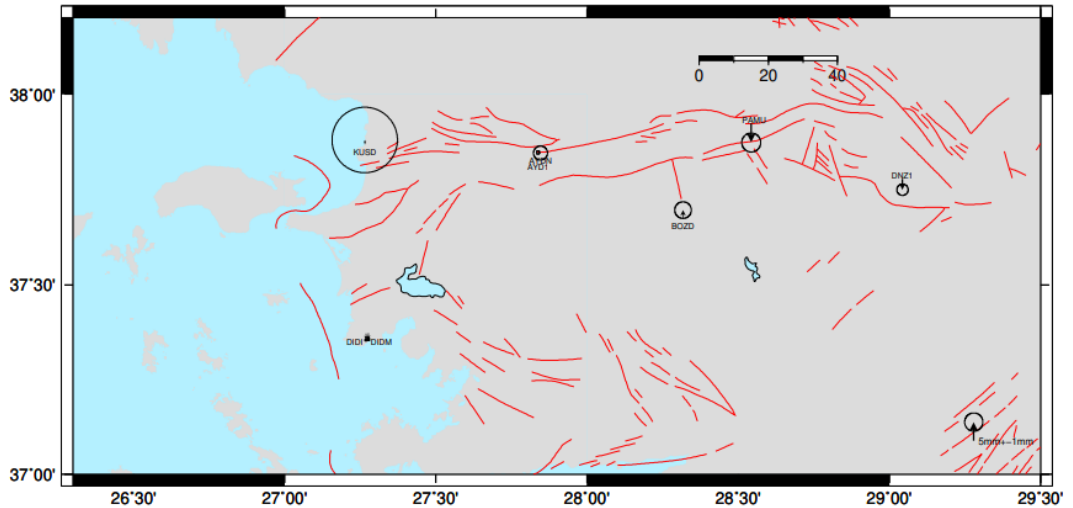
NOKTA	HIZ (mm/yıl)			STANDART SAPMALAR		
	V _{doğu}	V _{kuzey}	V _{yükseklik}	σ _{doğu}	σ _{kuzey}	σ _{yükseklik}
TEHN	-3,20	12,10	2,77	0,09	0,06	0,22
BAKU	4,84	0,04	2,60	0,07	0,05	0,17
TELA	-2,84	6,66	2,40	0,03	0,05	0,12
CRAO	0,22	-0,47	0,50	0,03	0,03	0,11
NICO	-5,87	2,18	2,37	0,03	0,04	0,11
ANKR	-21,88	-0,98	-1,69	0,03	0,04	0,14
GLSV	0,49	-0,71	1,02	0,03	0,05	0,11
TUBI	-4,19	-1,73	0,73	0,03	0,04	0,15
DNZ1	-20,19	-15,09	-2,94	0,16	0,17	0,62
ISTA	0,93	-1,36	0,50	0,03	0,03	0,10
PAMU	-20,58	-13,34	-5,12	0,26	0,28	1,04
BOZD	-19,79	-17,63	2,42	0,23	0,24	0,91
AYDN	-19,98	-15,45	-0,06	0,19	0,21	0,77
AYD1	-19,38	-15,14	0,71	0,05	0,05	0,18
DIDM	-20,26	-19,94	-1,76	0,05	0,04	0,15
DIDI	-20,22	-19,97	-1,73	0,03	0,04	0,12
KUSD	-19,24	-15,32	1,17	0,91	0,98	3,59
BUCU	0,32	-2,24	1,27	0,03	0,03	0,10
SOFI	0,93	-3,24	-0,89	0,04	0,04	0,14
MATE	1,62	4,29	2,51	0,06	0,04	0,16
GRAZ	1,01	0,27	0,82	0,07	0,05	0,18

Şekil 7.15'te verilen AYD1 istasyonunun yıllık tekrarlılık grafiğine bakıldığında özellikle yatay koordinatlarda bazı günlerde hata seviyesinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu günler 2014 yılı 263. günü ve 2017 yılı 258, 323 ve 344. günleridir. Bu günlerde yatay koordinatların karesel ortalama hata değerleri 8 mm ve 140 mm arasında değişmektedir. Bu değerler önceki aşamalarda belirtilen hata seviyelerinden yüksektir. Bu sebeple AYD1 istasyonunun 2014 yılı 263. günü ve 2017 yılı 258, 323 ve 344. günleri analizden çıkarılarak tekrar çözüm gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla belirtilen günlerin RINEX verileri çıkartılarak 2014 ve 2017 yılları için sırasıyla *sh_gamit* ve *sh_glred* çözümleri tekrar yapılmıştır. Daha sonra tüm yıllar için *glred* ve *globk* çözümleri tekrar yapılarak istasyon hızları elde edilmiştir.



Şekil 7.16. İstasyonların yatay hızları (Avrasya Plakası Sabit/ITRF08).

Yapılan analizler sonucunda istasyonların Avrasya Sabit/ITRF08 hızları elde edilmiştir. Sonuçlara göre çalışma bölgesinin yatayda yıllık 25-28 mm hızla Güneybatıya doğru hareket ettiği görülmektedir. Sonuçların farklı çalışmalarda elde edilen Anadolu'nun saat hareketinin tersi yönünde gerçekleştirdiği dönüş hareketini desteklediği görülmüştür (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006, Uzel vd., 2011 Tiryakioğlu, 2012, Cingöz, 2013). Bu bakımdan elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 7.17. İstasyonların düşey hızları (Avrasya Plakası Sabit/ITRF08).

İstasyonların Yükseklik(U) koordinat bileşenlerinin yıllık hızları incelendiğinde; BOZD, AYD1 ve KUSD istasyonlarında (+) yönde bir hız değeri gözlenmiş yani

yükseklik değerinin arttığı görülmüştür. En büyük hız değeri 2.42 mm/yıl değeri ile BOZD istasyonunda görülürken en küçük hız değeri 0.71 mm/yıl değeri ile AYD1 istasyonunda elde edilmiştir. DNZ1, PAMU, AYDN, DIDM ve DIDI istasyonlarında ise (-) yönde bir hız değeri gözlenmiş yani yükseklik değerinin azaldığı görülmüştür. En büyük hız değeri -5.12 mm/yıl hız değeri ile PAMU istasyonunda ve en küçük hız değeri -0.06 mm/yıl hız değeri ile AYDN istasyonunda görülmüştür.

Ayrıca ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda istasyonların Kuzey(N), Doğu(E) ve Yükseklik(U) koordinat bileşenlerinin günlük koordinat değerleri elde edilmiştir. Bu koordinatlar Bölüm 7.4'te Zaman Serileri Analizinde girdi verisi olarak kullanılacaktır. GAMIT/GLOBK sonuçlarına göre tez kapsamında gerçekleştirilen diğer analizlere data sayısı az olduğu için KUSD istasyonu dahil edilmemiştir.

7.3 PS-InSAR Analizi

Çalışmada BMG bölgesini tamamen kapsayacak şekilde PS-InSAR analizi gerçekleştirerek bölgede meydana gelen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) hareketler belirlenmiştir. BMG bölgesi için gerçekleştirilen PS-InSAR analizinde ESA tarafından uzaya fırlatılan Sentinel-1 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sentinel-1 uydusunun genel özellikleri Çizelge 7.10’da verilmiştir.

Çizelge 7.10. Sentinel-1A uydu bilgileri.

Göz. Modu		Yör. Yük.	Per. Devir	Frek.	Bant	Dalga Boyu (cm)	Polarizas.	Gel. Aç. (Der.)	Kap. Alan (km)	Yer. Çöz.	Kritik Baz Uzunl.
Sentinel-1	IW	698km	12gün	5.3 Gz	C	5.66	HH, HV, VV, VH	30-53	250*250	5m/10m	4500km

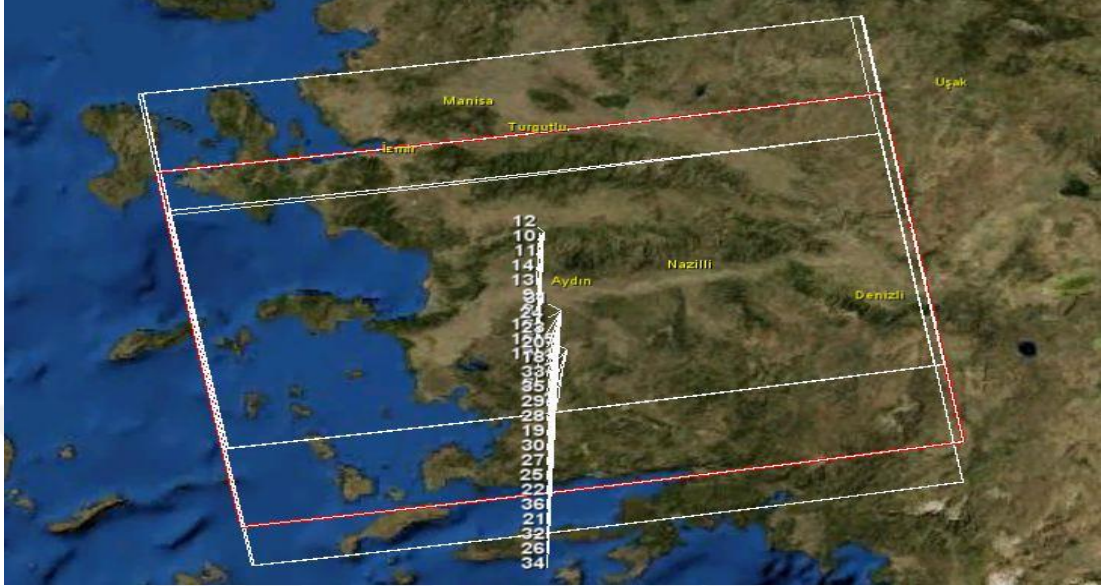
Çizelge 7.11’de Sentinel-1A SAR görüntülerinin çekim tarihleri verilmiştir.

Çizelge 7.11. SAR görüntülerinin çekim tarihleri.

Sentinel-1A		
20160113	20170224	20180315
20160218	20170320	20180420
20160325	20170519	20180514
20160418	20170612	20180619
20160524	20170718	20180713
20160629	20170823	20180818
20160723	20170916	20180911
20160816	20171022	20181017
20160921	20171115	20181122
20161015	20171221	20181216
20161120	20180114	
20161214	20180219	

Çalışmada, 13.01.2016 ile 16.12.2018 tarihleri arasında algılanmış 34 adet IW (Interferometric Wide) modda ve C band ile algılama yapan 131 iz numaralı yükselen özellikli (Ascending) Sentinel-1 SAR görüntüleri ücretsiz olarak Copernicus’a ait Copernicus Açık Erişim Merkezi’nden (Open Access Hub) (URL-15) temin edilmiştir. Araştırmacılar sisteme kayıt olduktan sonra kullanıcı adı ve şifre ile erişebiliyor görüntüleri indirebilmektedir. Ancak görüntü indirme sınırlı olduğundan görüntülerin indirilmesi zaman almaktadır. Ayrıca bazı görüntüler erişime açık olmayabilir. Bu durumda bu görüntüler seçilerek sistemin bu görüntüleri kullanıcının erişimine açmasını beklemek gerekmektedir. Daha sonra çalışma alanı, tarih aralığı ve

görüntüyle ilgili önemli parametreler girilerek çalışma alanını kapsayan çerçeveler görüntülenmektedir. Şekil 7.18’de kullanılan SAR görüntülerinin çerçeveleri ve BMG üzerindeki kapsadığı alanlar verilmiştir.



Şekil 7.18. Sentinel-1A görüntü çerçevelerinin kapsadığı alanlar.

Çalışmada PS-InSAR tekniği Standford Yöntemi kullanılarak Büyük Menderes Grabeni bölgesinde uydu bakış doğrultusundaki (LOS) hızlar belirlenmiştir. SAR görüntülerine uygulanacak analizler StaMPS/MTI (Hooper vd., 2018) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Şekil 7.19’da PS-InSAR analizinde kullanılan interferogramları oluşturmak için kullanılan görüntü tarihleri, birincil (master) görüntü ile olan dik baz mesafesi (Bperp) ve görüntü tarihleri verilmiştir. PS-Insar analizinde master görüntü olarak seçilen görüntü, analizde kullanılan tüm görüntülerin zamansal ve mekânsal olarak ortasında olacak şekilde seçilmiştir.

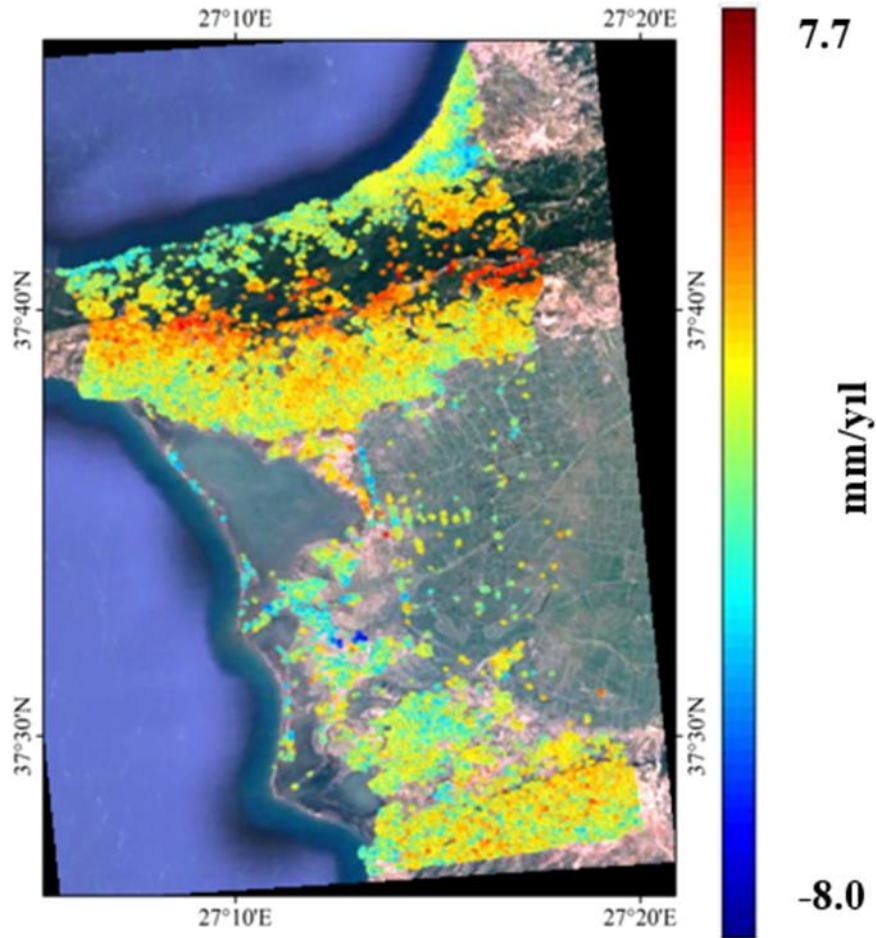
7.3.1 SNAP (Sentinel Application Platform)

StaMPS yazılımı ile PS-InSAR analizini gerçekleştirebilmek için görüntülerin bazı ön işleme adımlarından geçmesi gereklidir. Görüntülere uygulanacak olan ön işleme adımları için SNAP programı tercih edilmiştir. SNAP yazılımı Sentinel uydu radar görüntülerini kullanma ve işleme amacıyla ESA tarafından geliştirilen bir yazılımdır. SNAP programı hem WINDOWS işletim sisteminde hem de LINUX işletim

Şekil 7.20’de verilen IW1 uydu bakış doğrultusundaki yıllık hızlar grafiğinde yatay eksen boylam bilgisini verirken düşey eksen enlem bilgisini vermektedir. Ayrıca şekilde verilen renk skalasında mavi renk uydu bakış doğrultusunda yüksekliği azalan noktaları gösterirken kırmızı renk ise uydu bakış doğrultusunda yüksekliği artan noktaları göstermektedir.

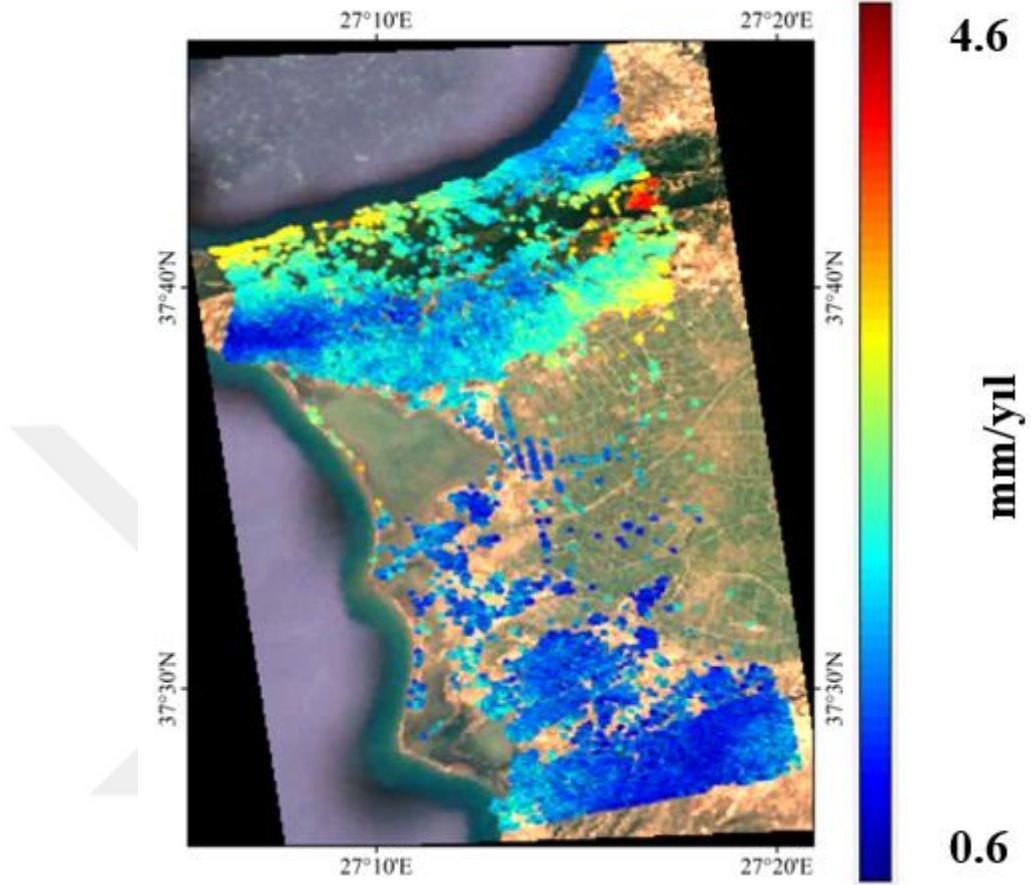
Şekil 7.20 incelendiğinde, IW1 in kapsadığı alanda (BMG batı kesimi) yıllık hız değerleri -8 mm (en düşük) ve 7.7 mm (en yüksek) arasında değişmektedir. Grabenin bu bölümünde grabenin üst ve alt sınırında uydu bakış doğrultusunda (LOS) yükselme, grabenin ortasında uydu bakış doğrultusunda (LOS) alçalma görülmektedir.

Ayrıca analizlerde PS-InSAR analizleri yapılan bölgenin içinde yer alan ve tez kapsamında analizleri yapılan GNSS noktalarının yakın çevresinde bulunan PS noktalarının zaman serisi grafikleri üretilmiştir. Ancak IW1’in kapsadığı alanda bir GNSS noktası bulunmadığından bu grafikler IW2 ve IW3 bölümlerinde elde edilmiştir.



Şekil 7.20. IW1 bölümü (BMG batı) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar.

PS noktalarının uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızları elde edildikten sonra bu hızların standart sapmaları hesaplanmış ve standart sapma değerleri Şekil 7.21’de verilmiştir.

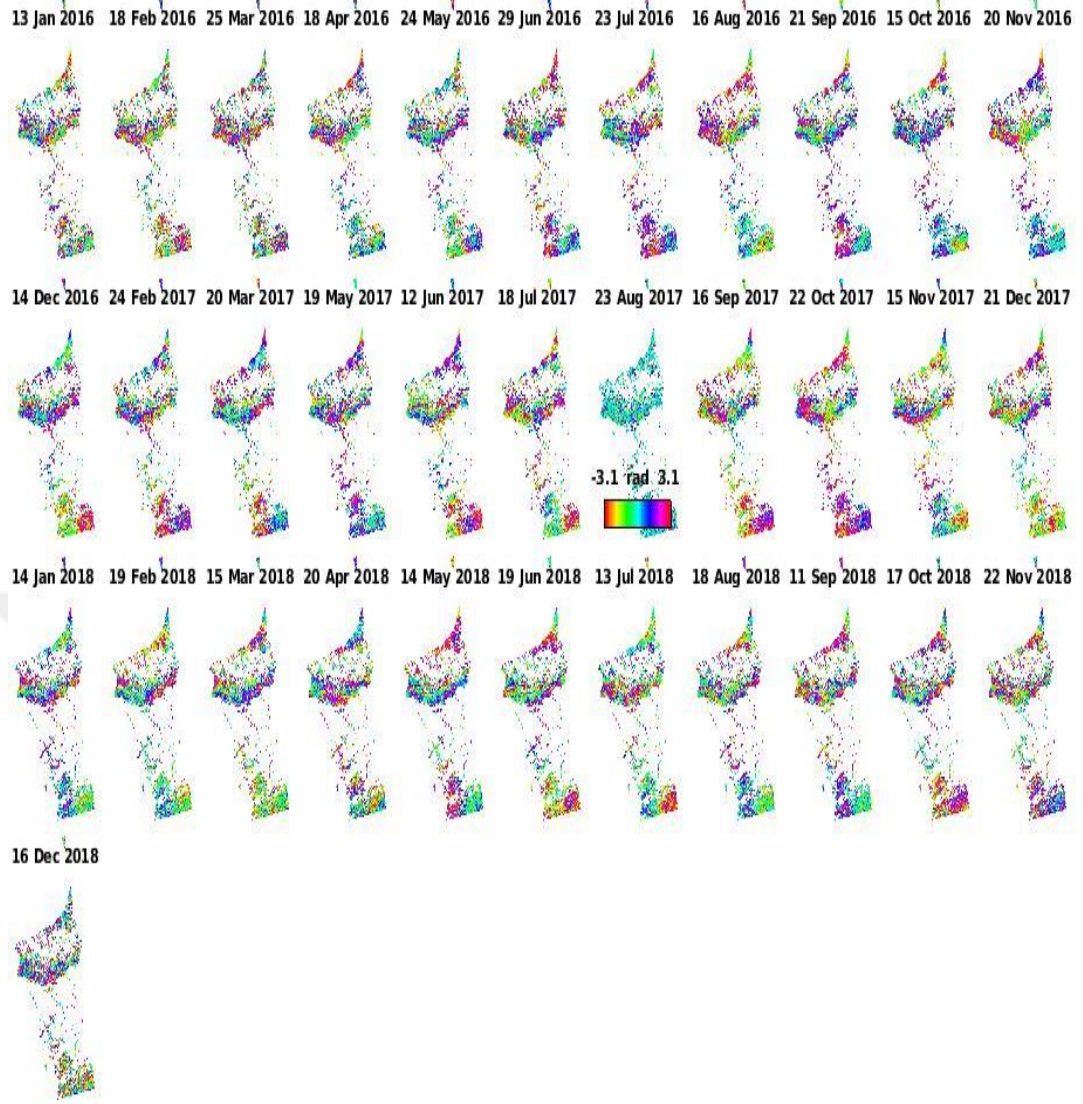


Şekil 7.21. IW1 bölümü (BMG batı) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerleri.

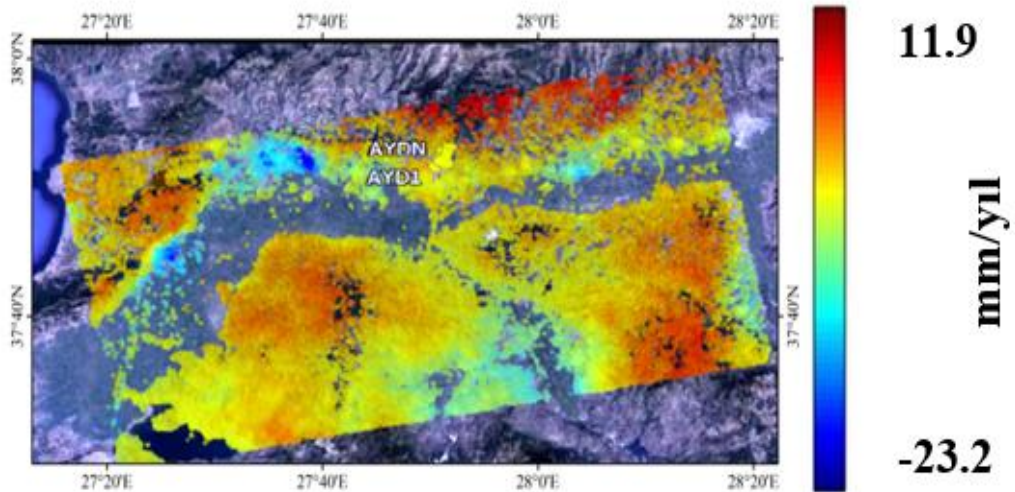
Şekil 7.21 incelendiğinde IW1’de elde edilen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerlerinin 0.6 mm ile 3.6 mm arasında değiştiği görülmektedir.

Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar Şekil 7.22’de verilmiştir.

IW2 analizinde 23 Ağustos 2017 tarihli görüntü master görüntü olarak seçilmiştir. Analiz sonucunda IW2’in kapsadığı alan için 1440481 PS noktası elde edilmiştir. Bölge için elde edilen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar Şekil 7.23’te verilmiştir.



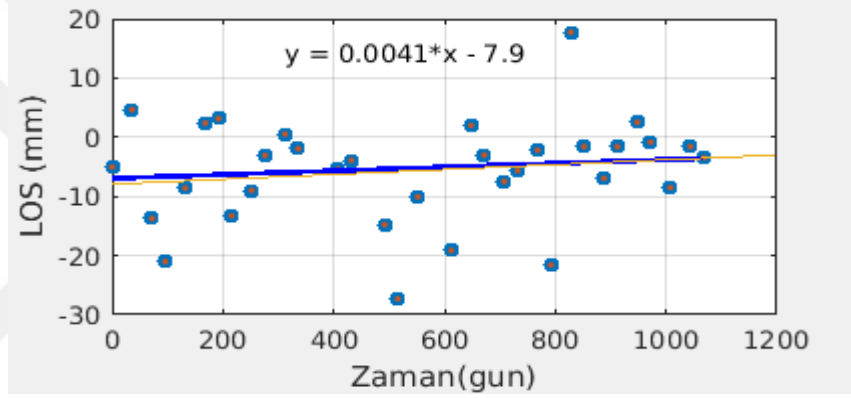
Şekil 7.22. Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar (IW1).



Şekil 7.23. IW2 bölümü (BMG orta) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar.

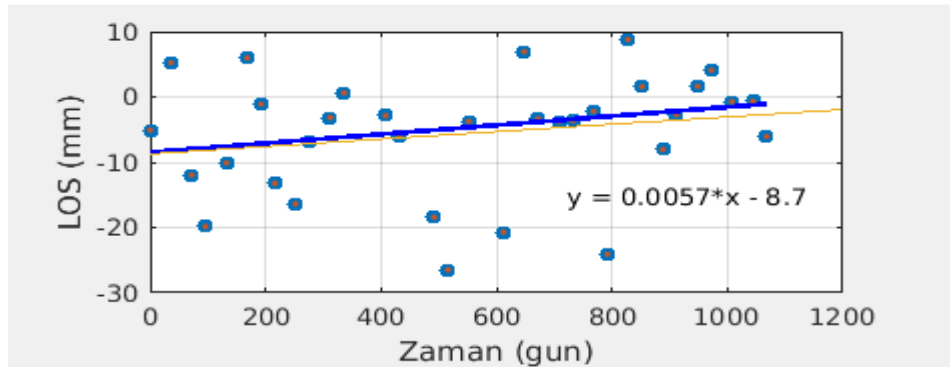
Şekil 7.23 incelendiğinde IW2'nin kapsadığı alanda (BMG orta kesimi) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hız değerleri -23.2 mm (en düşük) ve 11.9 mm (en yüksek) arasında değişmektedir. Grabenin bu bölümünde grabenin üst ve alt sınırında uydu bakış doğrultusunda (LOS) yükselme, grabenin ortasında uydu bakış doğrultusunda (LOS) alçalma görülmektedir.

AYDN, AYD1 ve BOZD istasyonları IW2 alanının içinde bulunduğundan bu istasyonların yakınında bulunan 1 PS noktasının zaman serisi grafikleri üretilmiştir. AYDN istasyonu yakınlarında bulunan 1 PS noktasının zaman serisi üretilmiş ve şekil 7.24'te verilmiştir. Şekil 7.24 incelendiğinde, yıllık 1,50 mm'lik bir hızla LOS yönünde yüksekliğin arttığı görülmektedir.



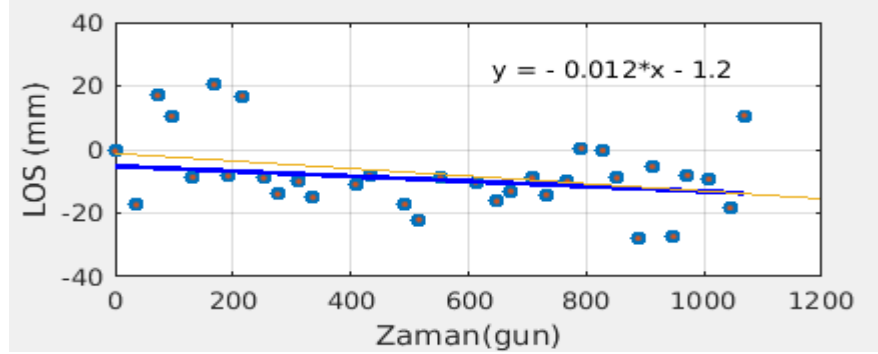
Şekil 7.24. AYDN istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.

AYD1 istasyonu yakınlarında bulunan 1 PS noktasının zaman serisi üretilmiş ve Şekil 25'te verilmiştir. Şekil 25 incelendiğinde, yıllık 2,08 mm'lik bir hızla LOS yönünde yüksekliğin arttığı görülmektedir.



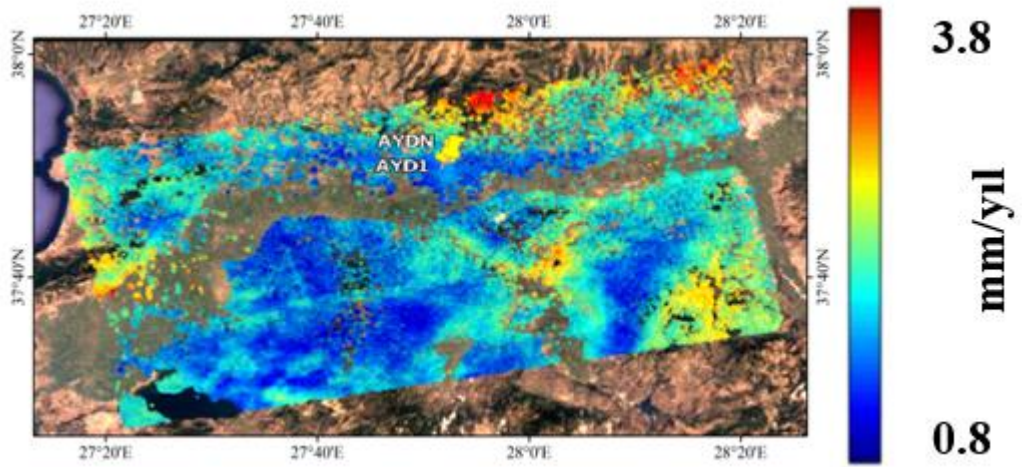
Şekil 7.25. AYD1 istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.

BOZD istasyonu yakınlarında bulunan 1 PS noktasının zaman serisi üretilmiş ve Şekil 7.26'da verilmiştir. Şekil 7.26 incelendiğinde, yıllık 4,38 mm'lik bir hızla LOS yönünde yüksekliğin azaldığı görülmektedir



Şekil 7.26. BOZD istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.

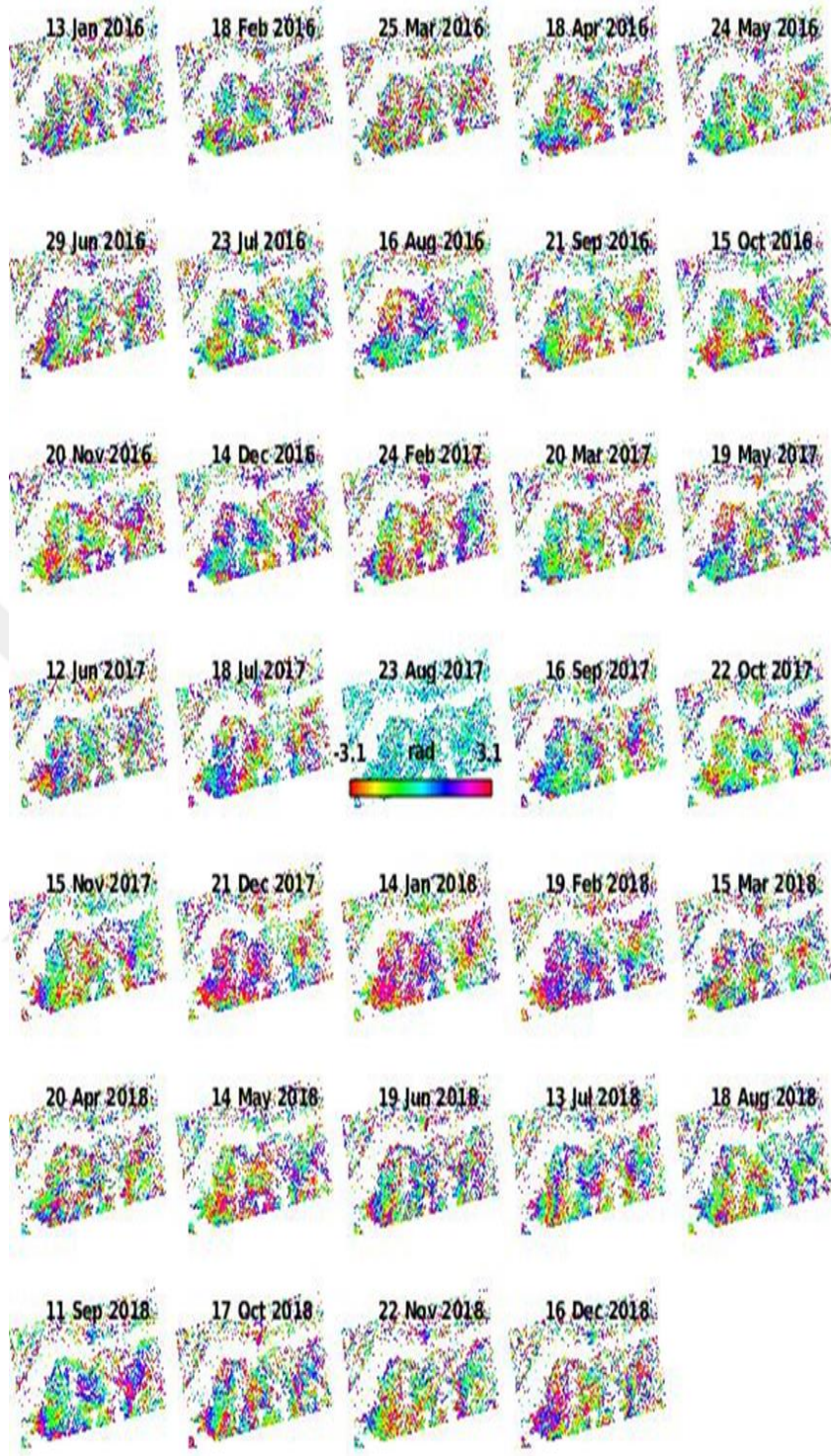
IW2 bölümünün kapsadığı alanda PS noktalarının yıllık hızları elde edildikten sonra bu hızların standart sapmaları hesaplanmış ve standart sapma değerleri Şekil 7.27'de verilmiştir.



Şekil 7.27. IW2 bölümü (BMG orta) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerleri.

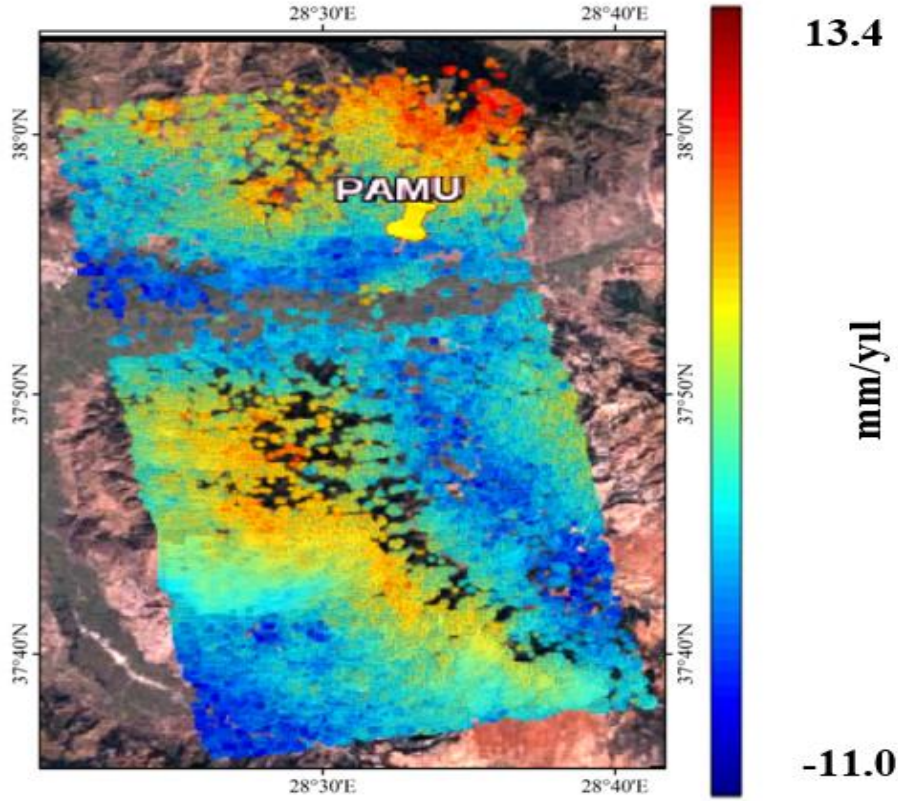
Şekil 7.27 incelendiğinde, IW2'de elde edilen uydu bakış doğrultusundaki yıllık hızların standart sapma değerlerinin 0.8 mm ile 3.8 mm arasında değiştiği görülmektedir.

Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar Şekil 7.28'de verilmiştir.



Şekil 7.28. Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar (IW2).

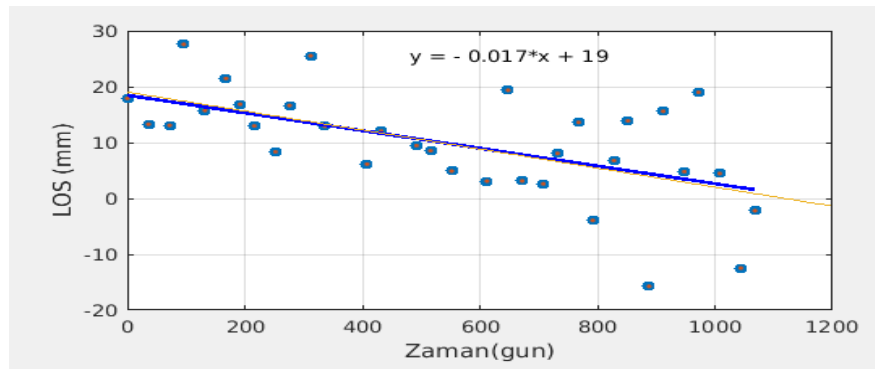
IW3 analizinde master görüntü olarak 23 Ağustos 2017 tarihli görüntü master görüntü olarak seçilmiştir. Analiz sonucunda IW3'ün kapsadığı alan için 324743 PS noktası elde edilmiştir. Bölge için elde edilen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar Şekil 7.29'da verilmiştir.



Şekil 7.29. IW3 bölümü (BMG doğu) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar.

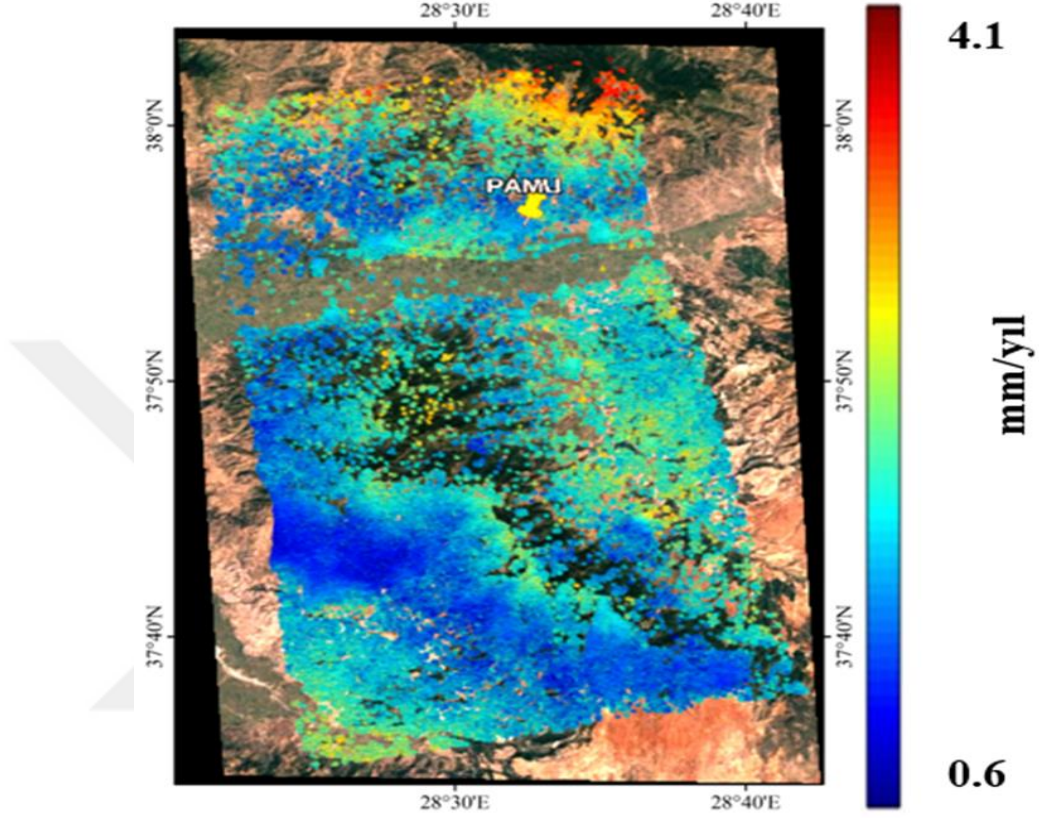
Şekil 7.29 incelendiğinde, IW3'ün kapsadığı alanda (BMG doğu kesimi) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hız değerleri -11 mm (en düşük) ve 13.4 mm (en yüksek) arasında değişmektedir. Grabenin bu bölümünde üst kısımda yükselme görülmüştür. Ayrıca grabenin bu bölümünde aşağı doğru inen bir kol bulunmaktadır. Bu kolun doğu ve batı kısmında yükselme orta kısımda alçalma görülmüştür.

PAMU istasyonu yakınlarında bulunan 1 PS noktasının zaman serisi üretilmiş ve Şekil 7.30'da verilmiştir. Şekil 30 incelendiğinde, yıllık 6,21 mm'lik bir hızla LOS yönünde yüksekliğin azaldığı görülmektedir.



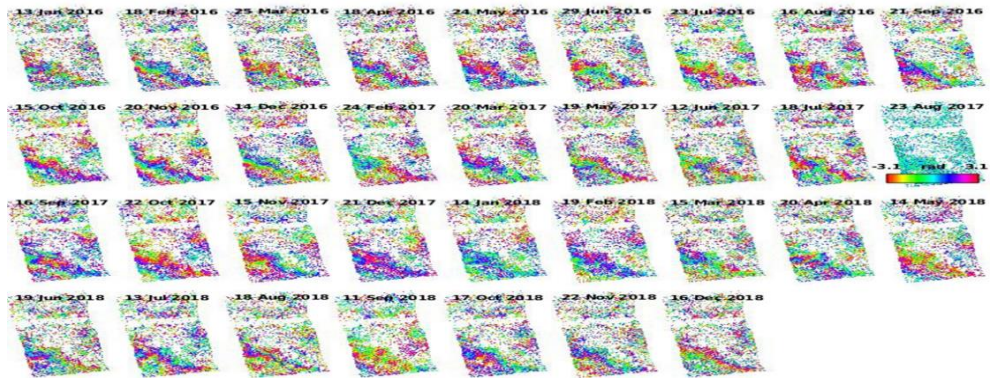
Şekil 7.30. PAMU istasyonu yakınında bulunan bir PS noktası zaman serisi.

PS noktalarının yıllık hızları elde edildikten sonra bu hızların standart sapmaları hesaplanmış ve standart sapma değerleri Şekil 7.31’de verilmiştir. Şekil 7.31 incelendiğinde, IW3’te elde edilen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerlerinin 0.6 mm ile 4.1 mm arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 7.31. IW3 bölümü (BMG doğu) uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızların standart sapma değerleri.

Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar Şekil 7.32’de verilmiştir.

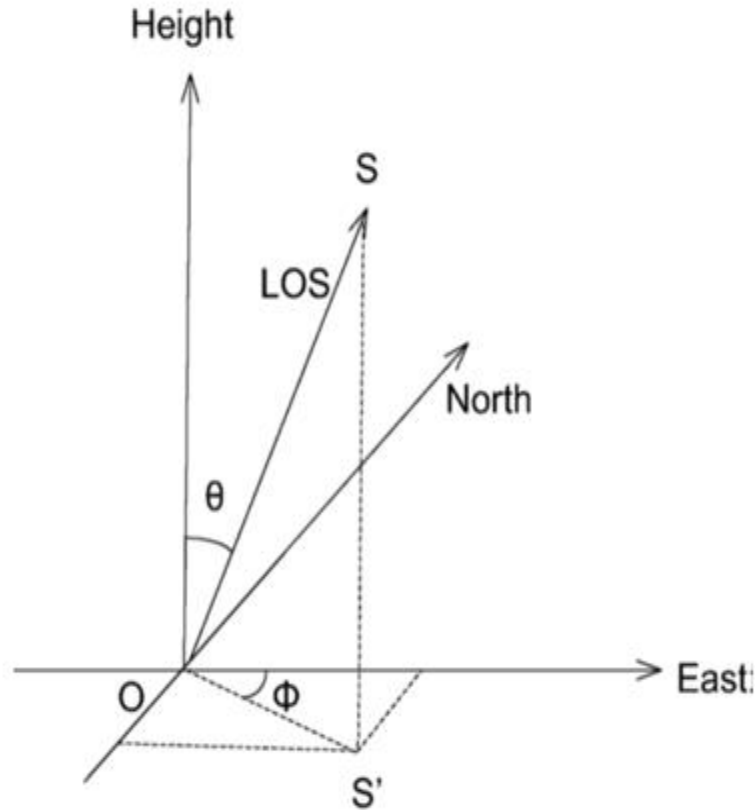


Şekil 7.32. Görüntülerin 20170823 tarihli master görüntü ile oluşturdukları interferogramlar (IW3).

BMG bölgesi için gerçekleştirilen PS-InSAR analizi sonucunda grabenin merkezinde alçalma; ancak grabenin sınırlarında yükselme görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre çalışma bölgesi için elde edilen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar incelendiğinde; bölgede yıllık 23 mm'ye kadar alçalma değerleri ve 13 mm'ye kadar yükselme değerleri elde edilmiştir.

7.3.3 GNSS hızlarının PS-InSAR sonuçlarıyla karşılaştırılması

PS-InSAR'dan elde edilen hız değerleri uydu bakış yönünde olup LOS diye adlandırılmaktadır. LOS (Line of Sight) hızları tek boyutludur. GNSS'den elde edilen hız değerleri ise yatay ve düşey yönde elde edilmektedir. Bu yüzden iki teknik arasındaki hızlar karşılaştırılmak istendiğinde mutlaka birbirleri arasında dönüşümü gerçekleştirilmesi gerekmektedir. GNSS noktalarına ait LOS değerleri hesaplanırken Denklem 7.3 ve Denklem 7.4'teki formüller kullanılmıştır. Şekil 7.33'te alçalan bir uydu için yan bakış geometrisi ve açısal parametreler verilmektedir.



Şekil 7.33. SAR yan-bakış geometrisi ve açısal parametreler.

Burada S uydu konumunu ve O hedef noktasını sunmaktadır. Uydu ile hedef arasındaki hat LOS (Line of Sight direction) görüş mesafesi yönünü vermektedir. θ

(heading) başucu açısıdır ve S'O kesikli çizgi SO doğrultusunun yatay düzleme izdüşümüdür. Φ geliş (incidence) açısı ise S'O doğrultusu ile doğu yönü arasındaki açıdır. Kuzey-Güney(North), Doğu-Batı(East) ve Düşey yöndeki (Up) hız değerlerinden LOS yönündeki hızlar hesaplanırken Denklem 7.3 ve Denklem 7.4'teki formüller kullanılır.

Yüzey deformasyonları doğu, kuzey ve yükseklik yönlerinde üç boyutlu olarak şu şekilde ifade edilebilir $D=(d_e, d_n, d_u)^T$. Daha sonra Deformasyon vektörü D , LOS (line of sight) yönüne aşağıdaki denklem kullanılarak dönüştürülebilir.

$$d_{LOS} = s^T \cdot D \quad (7.3)$$

$$s = (-\cos\theta\sin\phi \ \sin\theta\sin\phi \ \cos\phi)^T \quad (7.4)$$

Burada d_{LOS} , s ve D sırası ile uydu bakış doğrultusundaki yer değiştirmeleri, uydu birim vektörünü, üç boyutlu yüzey deformasyonlarını ifade etmektedir. Denklem 7.4'te uydu birim vektörünü ayrıntılı olarak tanımlanmaktadır. Burada θ heading açısı (başucu açısı) ve Φ incidence (geliş açısı) açısıdır (Arıkan vd., 2009).

PS-InSAR analizi gerçekleştirilen alan içinde AYD1, AYDN, BOZD ve PAMU istasyonları bulunmaktadır. Bu istasyonların GNSS hızlarının LOS'a dönüşümünden önce 6.7 denklemi kullanılarak hızların test büyüklükleri hesaplanmıştır. GNSS gözlemlerinin GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmesi sonucu elde edilen yatay ve düşey hızların anlamlı olup olmadığına t -dağılımı testi ile karar verilmiştir. %95 güven düzeyinde f serbestlik derecesine göre t -dağılımı tablo değerleri; AYD1 istasyonu için ($f > 1000, t_{1000,1-0.05/2} = 1.96$) 1.96, AYDN, BOZD ve PAMU istasyonları için ($f > 500, t_{500,1-0.05/2} = 1.96$) 1.96'dır. AYD1, AYDN, BOZD ve PAMU istasyonları için, t -dağılımı tablosundan alınan bu değerler (6.7) denklemi ile hesaplanan test büyüklüğü (test büyüklüğü=parametre/parametrenin standart sapması) değerleri ile karşılaştırılmış ve AYDN istasyonunun düşey hızı için elde edilen test büyüklüğü değeri hariç, test büyüklüğü değerlerinin %95 güven düzeyinde tablo değerlerinden büyük olduğu görülmüştür (Çizelge 7.12). Böylelikle, AYDN istasyonunun düşey hızı hariç,

istasyonların (AYD1, BOZD ve PAMU) yatay ve düşey hızlarının anlamlı olduğuna karar verilmiştir.

Çizelge 7.12. GNSS gözlemlerinin GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmesi sonucu elde edilen istasyon hızlarının istatistiksel değerlendirme sonuçları.

İstasyon	Hızlar (mm/yıl)			Standart Sapmalar (mm)			Test Değerleri (t)			$t_{f,1-\alpha/2}$
	Vd	Vk	Vy	Svd	Svk	Svy	tvd	tvk	tv _y	
AYD1	-19,38	-15,14	0,71	0,05	0,05	0,18	387,60	302,80	3,94	1,96
AYDN	-19,98	-15,45	-0,06	0,19	0,21	0,77	105,16	73,57	0,08	1,96
BOZD	-19,79	-17,63	2,42	0,23	0,24	0,91	86,04	73,46	2,66	1,96
PAMU	-20,58	-13,34	-5,12	0,26	0,28	1,04	79,15	47,64	4,92	1,96

AYD1, BOZD ve PAMU istasyonlarının yatay ve düşey hızlarının anlamlı olduğuna *t*-testi ile karar verildiğinden dolayı bu istasyonların GNSS hızları (7.3) ve (7.4) denklemleri kullanılarak LOS'a dönüştürülmüş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 7.13'te verilmiştir. Ayrıca Çizelge 13'te istasyonlara yakın seçilen bir PS noktasının (Şekil 7.25, Şekil 7.26 ve Şekil 7.30) LOS hızları ve standart sapmaları verilmiştir.

İstatistiksel olarak anlamlı olan GNSS hızlarının LOS'a dönüşümü ile elde edilen hızlar ile istatistiksel olarak anlamlı PS hızlarının eşit kabul edilip edilemeyeceği yine *t*-testi ile incelenmiştir. Her iki yöntemde elde edilen hızlar ve standart sapma değerleri kullanılarak test değerleri hesaplanmış (Denklem 7.5) ve %95 güven düzeyinde *f* serbestlik derecesine *t*-dağılım tablo değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 7.13). PAMU istasyonu için hesaplanan test değerinin tablo değerinden büyük olduğu dolayısı ile bu istasyon için elde edilen $V_{GNSS-LOS}$ ve V_{PS-LOS} değerlerinin eşit kabul edilemeyeceğine karar verilmiştir.

$$t = \frac{|V_{GNSS-LOS}^i - V_{PS-LOS}^i|}{\sqrt{s_{GNSS-LOS}^2 + s_{PS-LOS}^2}} \quad (7.5)$$

Çizelge 7.13. GNSS ve PS-InSAR tabanlı LOS hızların istatistiksel değerlendirme sonuçları.

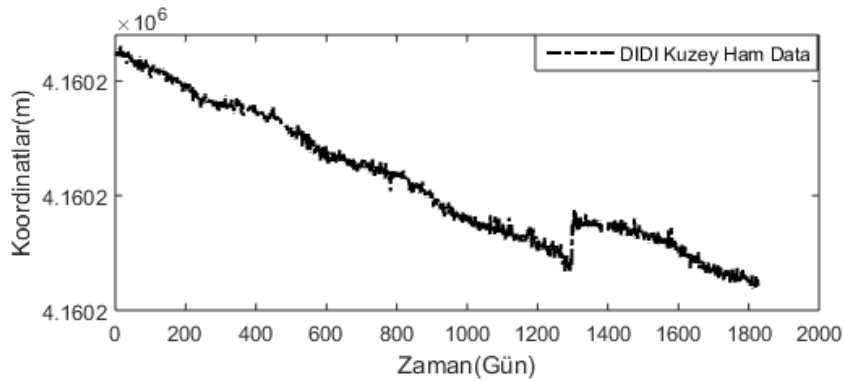
İstasyon	Hızlar (mm) $V_{GNSS-LOS}$	Standart Sapmalar (mm)	Karar	V_{PS-LOS} (mm)	Standart Sapmalar (mm)	Karar	Test Değ.	$t_{f,1-\alpha/2}$	Karar
AYD1	11,08	0,19	anlamlı	2,08	1,50	anlamsız			
BOZD	10,29	0,97	anlamlı	-4,38	2,50	anlamsız			
PAMU	8,91	1,11	anlamlı	-6,21	1,40	anlamlı	8,54	1,96	Eşit Değil

7.4 Zaman Serileri Analizi

Bu bölümde Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) ve Aydın Büyükşehir Belediyesi'nin istasyonlarının davranışları Zaman Serileri Analizi (ZSA) ile araştırılmış ve tanımlanması yapılmıştır. Bu amaçla ZSA'nde; TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarından; AYD1, DIDI, DNZ1 ve Aydın Büyükşehir Belediyesi'ne ait istasyonlardan; AYDN, BOZD, DIDM ve PAMU istasyonları olmak üzere toplam 7 adet GNSS istasyonunun Kuzey (N), Doğu (E) ve Yükseklik (U) günlük koordinatları kullanılmıştır. İstasyonların günlük koordinatları GAMIT/GLOBK çözümü sonucu elde edilen koordinatlardır. İstasyonların günlük koordinat değerlerine ZSA uygulanarak istasyonların lineer, periyodik ve stokastik bileşenleri belirlenmiştir.

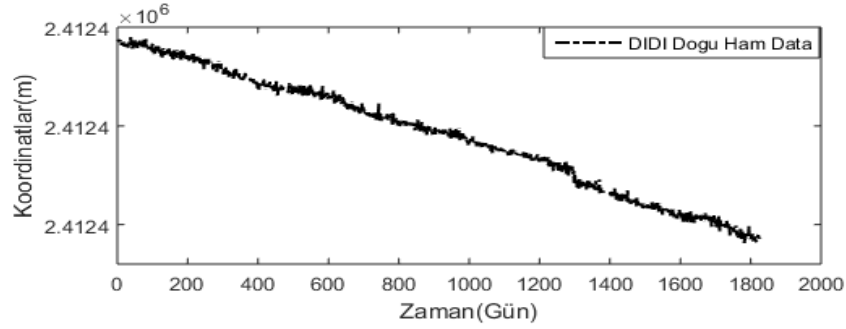
ZSA'nde kullanılan GNSS istasyonlarının konumları Şekil 7.4'te, istasyonlara ait genel bilgiler Çizelge 7.1'de ve GNSS istasyonları veri başlangıç bitiş tarihleri Çizelge 7.2'de verilmiştir. ZSA'nde GNSS istasyonlarına ait 01.01.2014-31.12.2018 tarihleri arası günlük koordinat değerleri kullanılmıştır fakat anten bozukluğu, bilgisayar arızası, internet bağlantısı vb. nedenlerden dolayı veri eksikleri bulunmaktadır. Çizelge 7.3'te bu istasyonların veri adetleri ve eksik veri yüzdeleri verilmiştir.

DIDI istasyonunun Kuzey koordinatının 1297. gün ile 1298. gün arasında 17 mm fark olduğundan dolayı bu istasyon ayrıca iki ayrı veri gurubu olarak analiz edilmiştir. Dolayısıyla DIDI istasyonu, DIDI1 ve DIDI2 olarak ayrıca analiz edilmiştir. Şekil 7.34'te DIDI kuzey zaman serisi, Şekil 7.35'te DIDI doğu zaman serisi ve Şekil 7.36'da DIDI yükseklik zaman serisi verilmiştir. DIDI istasyonunun 1297. günü 20.07.2017 tarihine denk gelmektedir.



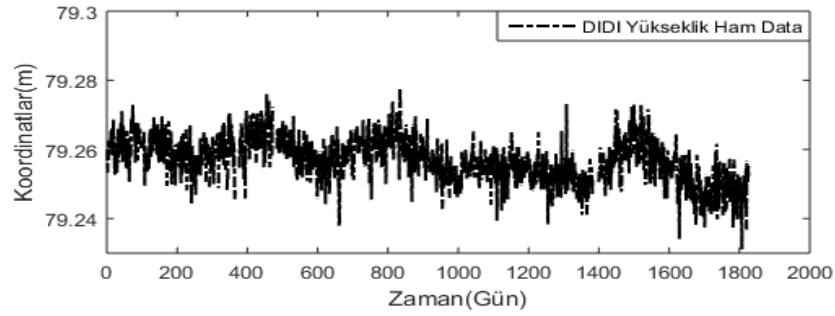
Şekil 7.34. DIDI kuzey zaman serisi.

Şekil 7.34 incelendiğinde, DIDI kuzey zaman serisinde 1298. günde koordinat değerinde bir önceki güne göre önemli bir fark (17 mm) mevcuttur.



Şekil 7.35. DIDI doğu zaman serisi.

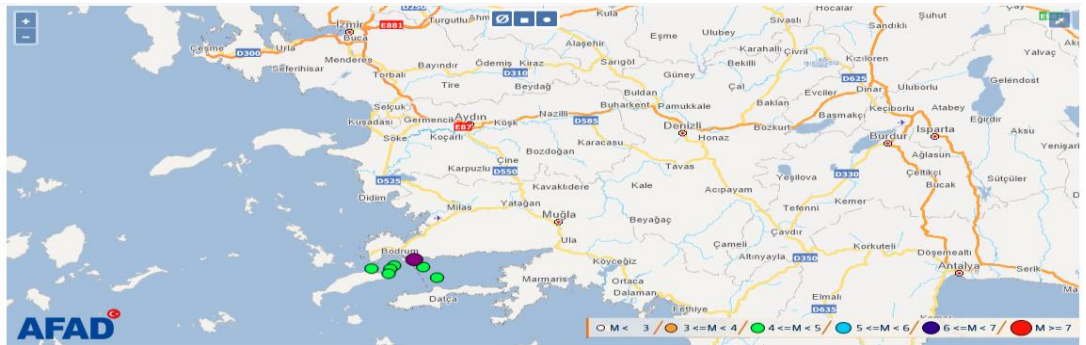
Şekil 7.35 incelendiğinde, DIDI doğu zaman serisinde 1298. günde koordinat değerinde bir önceki güne göre önemli bir fark (6 mm) mevcuttur.



Şekil 7.36. DIDI yükseklik zaman serisi.

Şekil 7.36 incelendiğinde, DIDI yükseklik zaman serisinde 1298. gün incelendiğinde, istasyonun kuzey ve doğu serilerinde görülen olağan dışı bir durum görülmemiştir.

Yukarıda tespit edilen bulgulardan yola çıkarak AFAD'ın deprem kataloğunda 19.07.2017 ve 20.07.2017 tarihleri irdelenmiştir. Sonuçlar Şekil 7.37'de verilmiştir.



Şekil 7.37. 19.07.2017 ve 20.07.2017 tarihlerinde meydana gelen depremler (URL-16).

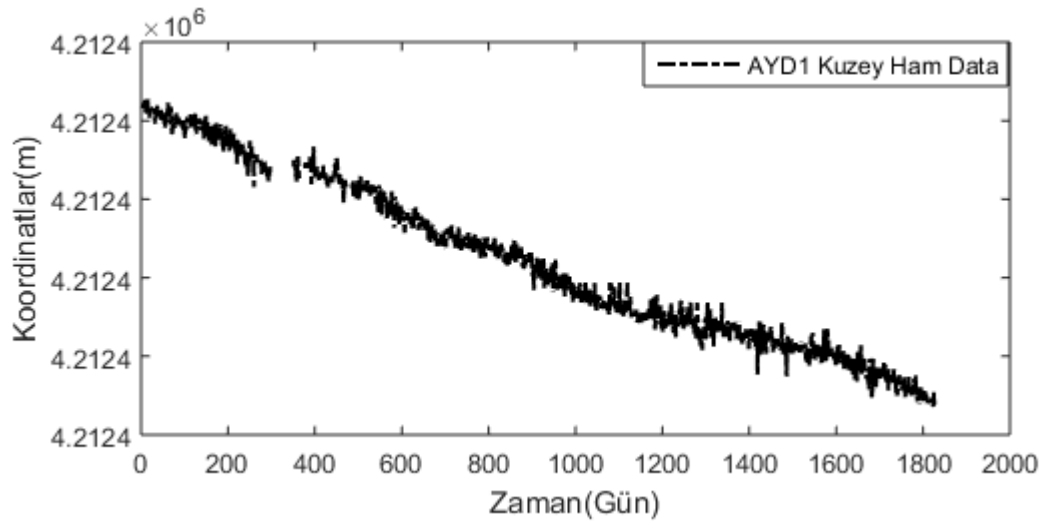
Şekil 7.37 incelendiğinde, 20.07.2017 tarihinde Bodrum/Muğla’da 6.3 şiddetinde deprem olduğu ardından 4.0 ve daha büyük şiddette depremlerin meydana geldiği görülmektedir. Çizelge 7.14’te Bodrum/Muğla’da 20.07.2017 tarihlerinde meydana gelen depremlerin detaylı bilgileri verilmiştir.

Çizelge 7.14. 20.07.2017 tarihinde Bodrum/Muğla’da gerçekleşen depremler (URL-16).

Tarih / Saat	Enlem(°)	Boylam(°)	Derinlik(km)	Kaynak	Büyüklik
20.07.2017 22:31:12	36.9740	27.5230	7.80	AFAD-DDA	6.3
20.07.2017 22:37:37	36.8576	27.6560	7.43	AFAD-DDA	4.0
20.07.2017 22:48:28	36.9136	27.3833	18.79	AFAD-DDA	4.4
20.07.2017 22:52:58	36.8835	27.3731	14.57	AFAD-DDA	4.6
20.07.2017 22:54:34	36.9260	27.5750	6.97	AFAD-DDA	4.5
20.07.2017 23:00:43	36.9353	27.4058	2.52	AFAD-DDA	4.2
20.07.2017 23:23:50	36.9155	27.2738	5.04	AFAD-DDA	4.5

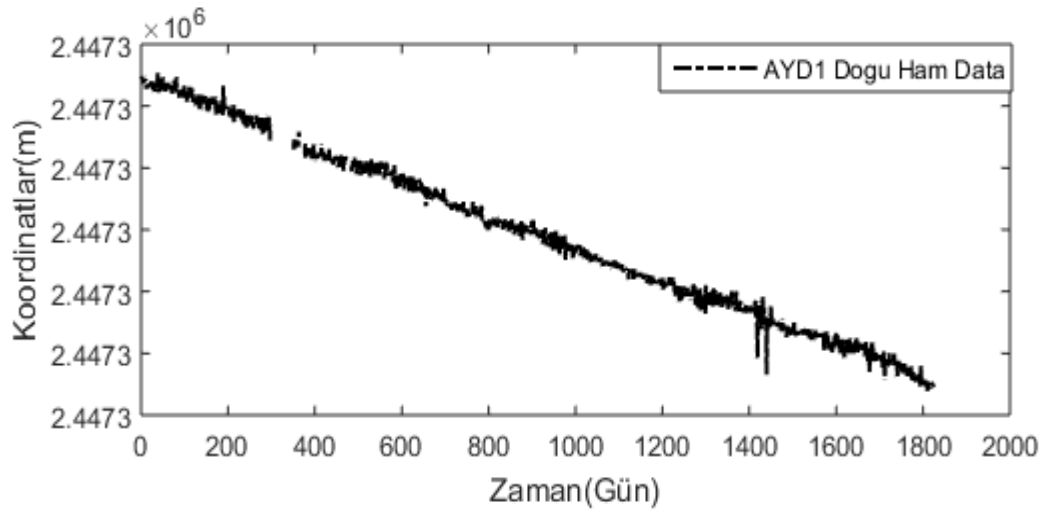
7.4.1 Koordinat zaman serilerinin oluşturulması

GAMIT/GLOBK çözümü sonucu elde edilen istasyonların günlük koordinat değerleri kullanılarak, istasyonların koordinat zaman serileri oluşturulmuştur. AYD1 kuzey zaman serisi Şekil 7.38’de, AYD1 doğu zaman serisi Şekil 7.39’da ve AYD1 yükseklik zaman serisi de Şekil 7.40’ta verilmiştir.



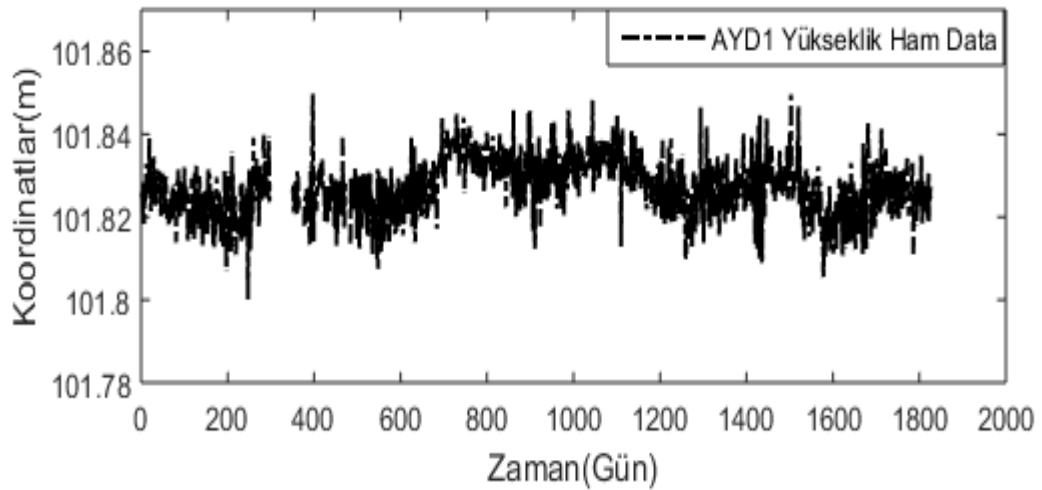
Şekil 7.38. AYD1 kuzey zaman serisi.

Şekil 7.38’de verilen AYD1 kuzey zaman serisi incelendiğinde, istasyonda güneye doğru bir hareketin olduğu görülmektedir.



Şekil 7.39. AYD1 doğu zaman serisi.

Şekil 7.39’da verilen AYD1 doğu zaman serisi incelendiğinde, istasyonda batıya doğru bir hareketin olduğu görülmektedir.



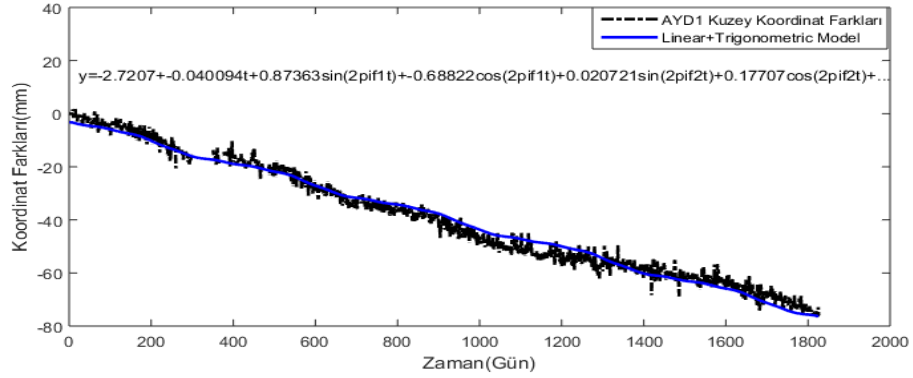
Şekil 7.40. AYD1 yükseklik zaman serisi.

Analizlerde tüm istasyonlar için bu grafikler üretilmiş ve istasyonların koordinat zaman serileri Ek B’de verilmiştir.

7.4.2 Lineer + trigonometrik modelin oluşturulması

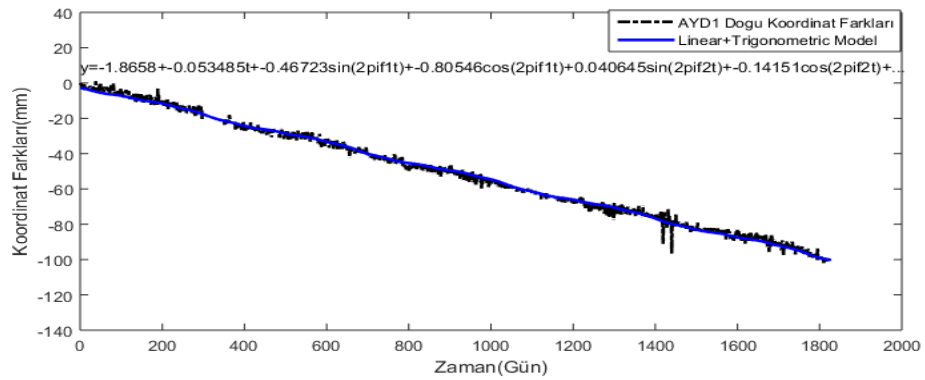
Analizlerde istasyonların ham koordinatlarının başlangıca göre değişimini görmek amacıyla tüm koordinat değerlerinden 1. günün koordinat değeri çıkartılarak zaman serileri tekrar oluşturulmuştur. Daha sonra istasyonlar için lineer ve trigonometrik (yıllık, yarıyıllık ve mevsimlik) bileşenlerden oluşan bir model öngörülmüştür. Şekil 7.41’de AYD1 kuzey lineer + trigonometrik modeli, Şekil 7.42’de AYD1 doğu lineer

+ trigonometrik modeli ve Şekil 7.43'te AYD1 yükseklik lineer + trigonometrik modeli verilmiştir.



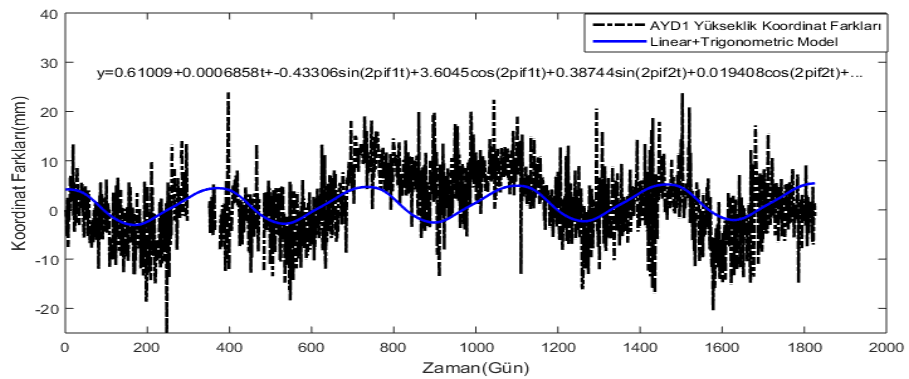
Şekil 7.41. AYD1 kuzey lineer + trigonometrik modeli.

Şekil 7.41 incelendiğinde, AYD1 kuzey lineer + trigonometrik model ile koordinat farklarından oluşturulan zaman serisinin uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 7.42. AYD1 doğu lineer + trigonometrik modeli.

Şekil 7.42 incelendiğinde, AYD1 doğu lineer + trigonometrik model ile koordinat farklarından oluşturulan zaman serisinin uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 7.43. AYD1 yükseklik lineer+trigonometrik modeli.

Şekil 7.43 incelendiğinde, AYD1 yükseklik lineer + trigonometrik model ile koordinat farklarından oluşturulan zaman serisinin uyumlu olduğu görülmektedir.

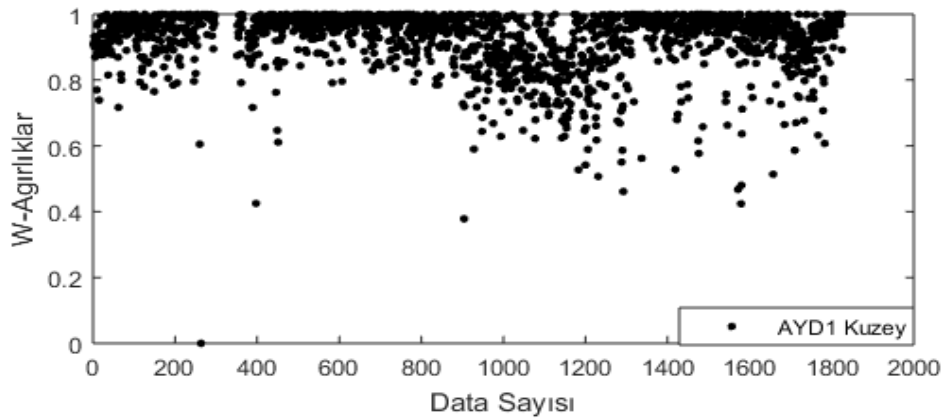
Analizlerde tüm istasyonlar için bu grafikler üretilmiş ve grafikler Ek B’de verilmiştir.

7.4.3 Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi, giderilmesi ve veri boşluklarının hesaplanması

GNSS istasyonlarının koordinat zaman serilerinde uyuşumsuz ölçüleri irdeleme amacıyla seriler için lineer+trigonometrik (yıllık, yarıyıllık, mevsimlik) model öngörülmüştür. Koordinat zaman serilerindeki uyuşumsuz ölçü (ölçüler) robust yöntem ile araştırılmıştır. Bu yöntemde ağırlıklar Bi-square Ağırlık fonksiyonu (Denklem 7.6) ile elde edilmiştir. Zaman serisindeki her bir koordinat değerinin ağırlığı, o değer ön görülen modele yakınlığı ile doğru orantılıdır. Modele yakın olan değerlerin ağırlığı yüksek değer alırken, modele uzak değerlerin ağırlığı düşük olmaktadır.

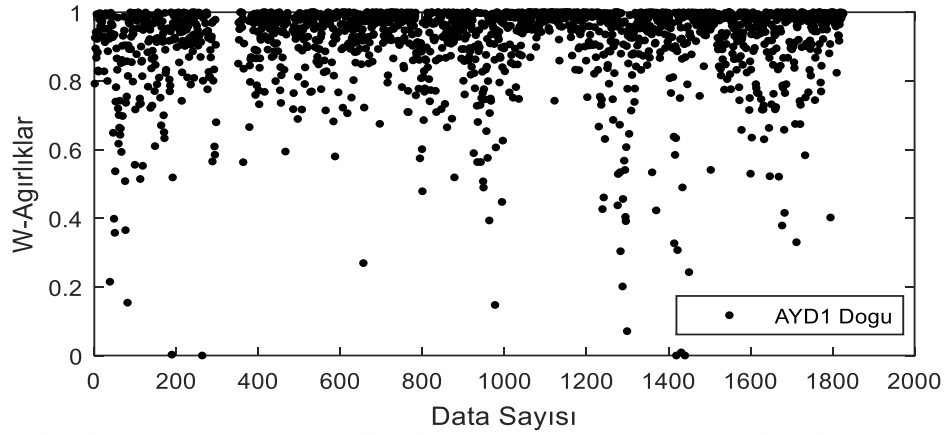
$$Bi - square \quad W_N = \begin{cases} |r_i| \leq c \text{ için } 1 - ((r_i/c)^2)^2 \\ |r_i| > c \text{ için } 0 \end{cases} \quad c = 4.685 \quad (7.6)$$

Grafiklerde dikey eksen robust ağırlık değerini verirken; yatak eksen gün bilgisini vermektedir. Ağırlık değerlerinin 1 ve 1’e yakın olması koordinat değeri ile güvenilirliği arttırırken; 0 ve 0 değerine yakın olması koordinat değerine güvenilirliği azaltmaktadır. Şekil 7.44’te AYD1 kuzey ağırlıklar, Şekil 7.45’te AYD1 doğu ağırlıklar ve Şekil 7.46’da AYD1 yükseklik ağırlık grafikleri verilmiştir.



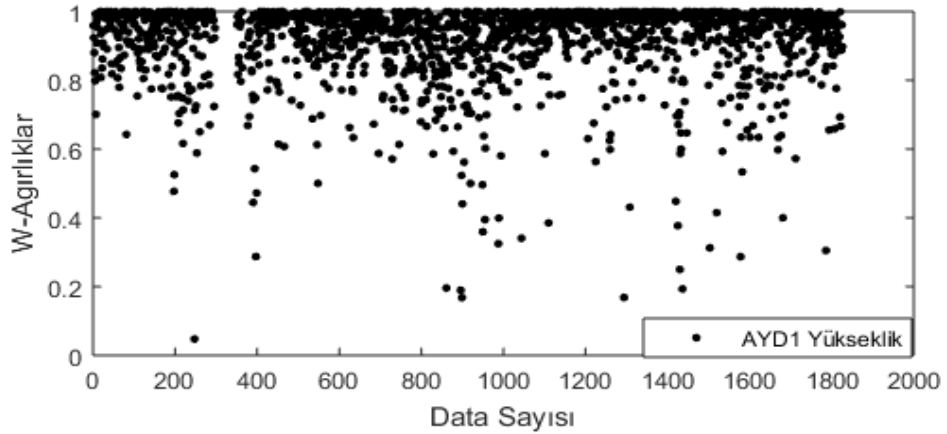
Şekil 7.44. AYD1 kuzey ağırlıklar.

Şekil 7.44 incelendiğinde, AYD1 kuzey zaman serisinin ağırlık değerleri genel olarak 0.6 ile 1 aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 7.45. AYD1 doğu ağırlıklar.

Şekil 7.45 incelendiğinde, AYD1 doğu zaman serisinin ağırlık değerleri genel olarak 0.6 ile 1 aralığında olduğu görülmektedir.

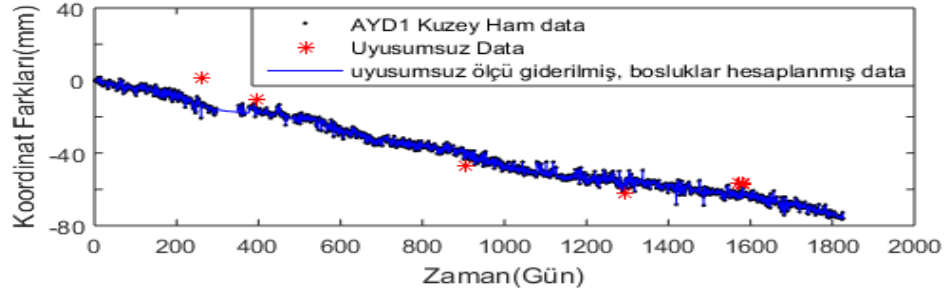


Şekil 7.46. AYD1 yükseklik ağırlıklar.

Şekil 7.46 incelendiğinde, AYD1 yükseklik zaman serisinin ağırlık değerleri genel olarak 0.6 ile 1 aralığında olduğu görülmektedir. Analizlerde tüm istasyonlar için robust yöntemi ile ağırlık grafikleri üretilmiş ve grafikler Ek B’de verilmiştir.

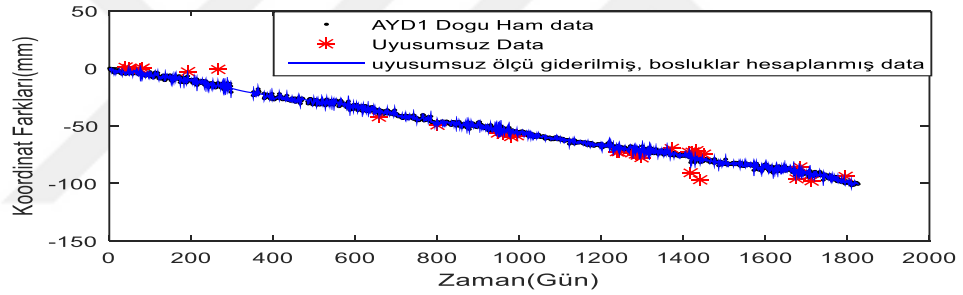
Bölüm 7.4.2’de öngörülen modele göre zaman serilerinde uyuşumsuz ölçüler (ağırlığı 0.5 ve daha küçük) belirlenmiş ve zaman serilerinden çıkartılmış daha sonra datada bulunan boşluklar hesaplanarak zaman serileri tekrar oluşturulmuştur. Başlangıca göre değişimi veren zaman serileri, uyuşumsuz ölçü (ölçüler) ve uyuşumsuz ölçü (ölçüler) giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data grafiklerde beraber verilmiştir.

AYD1 kuzey, doğu ve yükseklik koordinat zaman serisi için elde edilen grafikler sırasıyla Şekil 7.47, Şekil 7.48 ve Şekil 7.49’da verilmiştir.



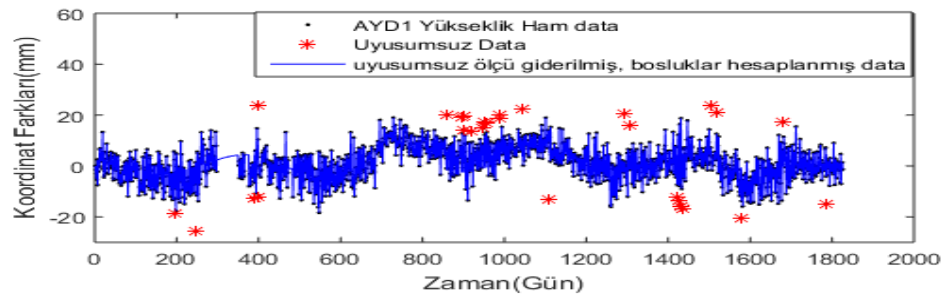
Şekil 7.47. AYD1 kuzey uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.

Şekil 7.47 incelendiğinde, AYD1 kuzey ham data serisi ile uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış datadan oluşan serinin uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 7.48. AYD1 doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.

Şekil 7.48 incelendiğinde, AYD1 doğu ham data serisi ile uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış datadan oluşan serinin uyumlu olduğu görülmektedir.

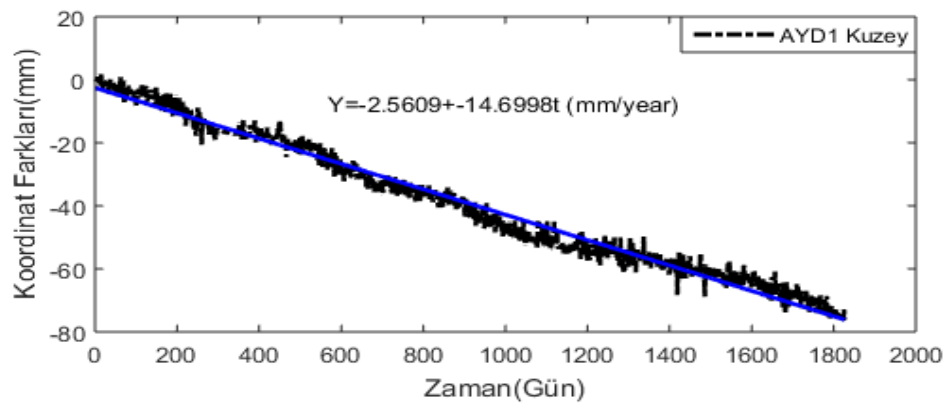


Şekil 7.49. AYD1 yükseklik uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.

Şekil 7.49 incelendiğinde, AYD1 yükseklik ham data serisi ile uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış datadan oluşan serinin uyumlu olduğu görülmektedir. Analizlerde tüm istasyonlar için bu grafikler üretilmiş ve grafikler Ek B’de verilmiştir.

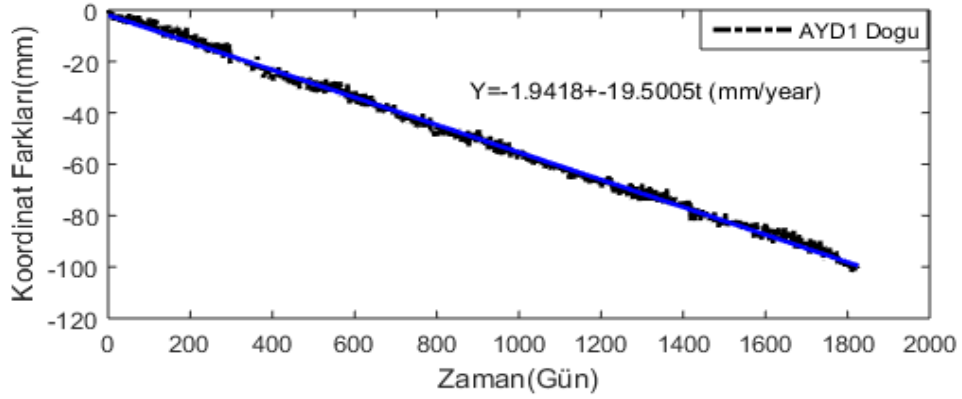
7.4.4 Trend bileşeni analizi (hız kestirimi)

İstasyonların kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerindeki değişimlerde lineer bir trend bileşeninin olup olmadığı (6.3) denklemi ile verilen $y = a + bt$ amaç fonksiyonunun a ve b parametreleri ve bu parametrelerin standart sapmaları robust yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen parametrelerin anlamlı olup-olmadığına t -dağılımı testi ile karar verilmiştir. %95 güven düzeyinde f serbestlik derecesine göre t -dağılımı tablo değerleri; AYD1, DIDI ve DIDI1 istasyonları için ($f > 1000, t_{1000,1-0.05/2} = 1.96$) 1.96, DNZ1, DIDI2, AYDN, BOZD, DIDM ve PAMU istasyonları için ise ($f > 500, t_{500,1-0.05/2} = 1.96$) 1.96’dir. Tüm istasyonlar için, t -dağılımı tablosundan alınan bu değerler, (6.7) denklemi ile hesaplanan test büyüklüğü (test büyüklüğü=parametre/parametrenin standart sapması) değerleri ile karşılaştırılmış ve test büyüklüğü değerlerinin %95 güven düzeyinde tablo değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Böylelikle, tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği yani istasyonlarda lineer bir hareketin bulunduğu sonucuna varılmış ve sonuçlar Çizelge 7.15’te verilmiştir. Ayrıca, AYD1 istasyonu kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serileri ve lineer trend modelleri sırasıyla Şekil 7.50, Şekil 7.51 ve Şekil 7.52’de verilmiştir.



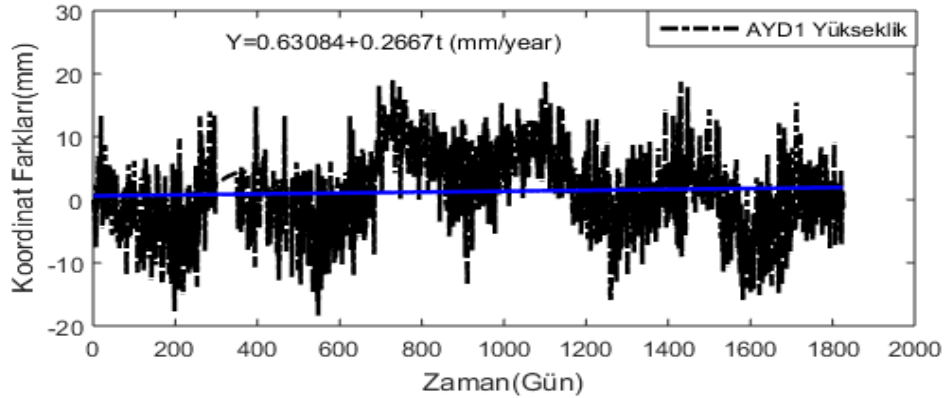
Şekil 7.50. AYD1 kuzey lineer modeli.

Şekil 7.50 incelendiğinde, AYD1 istasyonunda güney yönünde yıllık 14.7 mm’lik bir hareketin var olduğu görülmektedir.



Şekil 7.51. AYD1 doğu lineer modeli.

Şekil 7.51 incelendiğinde, AYD1 istasyonunda batı yönünde yıllık 19.5 mm’lik bir hareketin var olduğu görülmektedir.



Şekil 7.52. AYD1 yükseklik lineer modeli.

Şekil 7.52 incelendiğinde, AYD1 istasyonu yükseklik koordinat bileşeninde yıllık 0.27mm’lik düşüşün olduğu görülmektedir. Tüm istasyonlar için bu grafikler üretilmiş ve grafikler Ek B’de verilmiştir.

Çizelge 7.15’te istasyonların istatistiksel olarak anlamlı lineer modelleri ve bu modellerden hesaplanan yıllık lineer hareketleri görülmektedir. Çizelge 7.15’te verilen trend fonksiyonunun b parametresi zaman “ t ” yıl olmak üzere istasyonların zaman serilerinin lineer değişimini göstermektedir. Parametrenin (+) veya (-) olması sırası ile hareketin artış ve azalış yönünü ifade etmektedir. Bu parametreleri kullanarak istasyonlardaki lineer hareketleri veya değişimleri, hareketin yönü ile birlikte

belirlemek mümkün olmaktadır. Diğer yandan, yatayda (+) yöndeki değişim istasyonların kuzey ve doğu yönlerindeki hareketlerini, (-) yöndeki değişim ise güney ve batı yönlerindeki hareketlerini göstermektedir. Düşeyde ise (+) değişim yüksekliğin arttığını, (-) değişim ise yüksekliğin azaldığını belirtmektedir.

Çizelge 7.15. İstasyonların lineer modelleri (trend) ve yıllık hızları.

İst. Adı	$y(t_i)Trend=a+bt$ KUZEY Lineer Modeli	Hız= $1 \cdot b$ (mm/yıl)	$y(t_i)Trend=a+bt$ DOĞU Lineer Modeli	Hız= $1 \cdot b$ (mm/yıl)	Yatay Hız (mm/yıl)	$y(t_i)Trend=a+bt$ YÜKSEKLİK Lineer Modeli	Hız= $1 \cdot b$ (mm/yıl)
AYD1	$y(t_i)=-2.5609-14.6998t$	-14.70	$y(t_i)=-1.9418-19.5005t$	-19.50	-24.42/GB	$y(t_i)=0.6308+0.2667t$	0.27
DIDI	$y(t_i)=-7.0423-19.3828t$	-19.38	$y(t_i)=2.6778-20.3744t$	-20.37	-28.12/GB	$y(t_i)=2.6262-2.3187t$	-2.32
DIDI1	$y(t_i)=1.4895-25.7364t$	-25.74	$y(t_i)=0.3706-18.7002t$	-18.70	-31.82/GB	$y(t_i)=2.8039-2.4874t$	-2.49
DIDI2	$y(t_i)=5.7823-21.4730t$	-21.47	$y(t_i)=0.4084-19.5224t$	-19.52	-29.02/GB	$y(t_i)=3.9586-4.5909t$	-4.59
DNZ1	$y(t_i)=-1.9253-13.9555t$	-13.96	$y(t_i)=1.8930-20.1361t$	-20.14	-24.51/GB	$y(t_i)=11.1866-5.2033t$	-5.20
AYDN	$y(t_i)=2.4135-15.1033t$	-15.10	$y(t_i)=-2.0621-19.9548t$	-19.95	-25.02/GB	$y(t_i)=17.5650-4.8568t$	-4.86
BOZD	$y(t_i)=0.6967-16.7131t$	-16.71	$y(t_i)=-0.9603-18.9621t$	-18.96	-25.27/GB	$y(t_i)=1.4211-1.4337t$	1.43
DIDM	$y(t_i)=4.0657-20.8466t$	-20.85	$y(t_i)=-2.6649-18.5351t$	-18.54	-27.90/GB	$y(t_i)=13.3891-7.8160t$	-7.82
PAMU	$y(t_i)=4.6364-13.0902t$	-13.09	$y(t_i)=-1.4774-21.0952t$	-21.10	-24.83/GB	$y(t_i)=-11.5381-13.7949t$	-13.79

Elde edilen sonuçlara göre istasyonların yatayda batı ve güney yönünde hareketler gösterdiği belirlenmiştir. İstasyonların yatay konumdaki lineer hareketleri; güney yönündeki en büyük lineer hareket 25.74 mm/yıl ile DIDI1 istasyonunda, güney yönündeki en küçük lineer hareket 13.09 mm/yıl ile PAMU istasyonunda görülmüştür. Batı yönündeki en büyük lineer hareket ise 21.10 mm/yıl ile PAMU istasyonunda, en küçük lineer hareket de 18.54 mm/yıl ile DIDM istasyonunda tespit edilmiştir. İstasyonların batı ve güney yönündeki lineer hareketlerinden elde edilen ortalama bileşke hareket 25.72 mm/yıl ve yönü güneybatıdır (GB).

İstasyonların yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler incelendiğinde AYD1 ve BOZD istasyonlarında (+) yönde bir hareket gözlenmiş yani yükseklik değerlerinin arttığı görülmüştür. En büyük lineer hareket 1.43 mm/yıl değeri ile BOZD istasyonunda görülürken en küçük lineer hareket 0.27 mm/yıl değeri ile AYD1 istasyonunda hesaplanmıştır. DIDI, DIDI1, DIDI2, DNZ1, AYDN, DIDM ve PAMU istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareket (-) yöndedir. En büyük lineer hareket -13.79 mm/yıl değeri ile PAMU istasyonunda ve en küçük lineer hareket -2.32 mm/yıl değeri ile DIDI istasyonunda tespit edilmiştir.

GNSS istasyonlarının zaman serileri analizinde, trend bileşeni analizinden elde edilen lineer değişim veya hareketler plaka hareketleri açısından son derece önemlidir. Bunun nedeni ise trend bileşenindeki *bt*'nin zaman birimi ve yöne bağlı plaka hareketlerini (veya hızını) belirlemek için kullanılıyor olmasıdır.

Sonuçlara göre istasyonların yıllık 24 mm. ve 32 mm. arasında değişen hızlarla Güneybatıya (GB) doğru hareket ettiği görülmektedir. Sonuçların farklı çalışmalarda elde edilen Anadolu'nun saat hareketinin tersi yönünde gerçekleştirdiği dönüş hareketini desteklediği görülmüştür (Reilinger vd., 2006; McClusky vd., 2000; Tiryakioğlu, 2012, Gülal vd., 2013 ve Cingöz, 2013). Bu bakımdan elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.16'da istasyonların koordinat bileşenlerinin Bölüm 7.2'de GAMIT/GLOBK analizi sonucu elde edilen yıllık hızları ile trend bileşeni analizi sonucu elde edilen yıllık hızları verilmiştir.

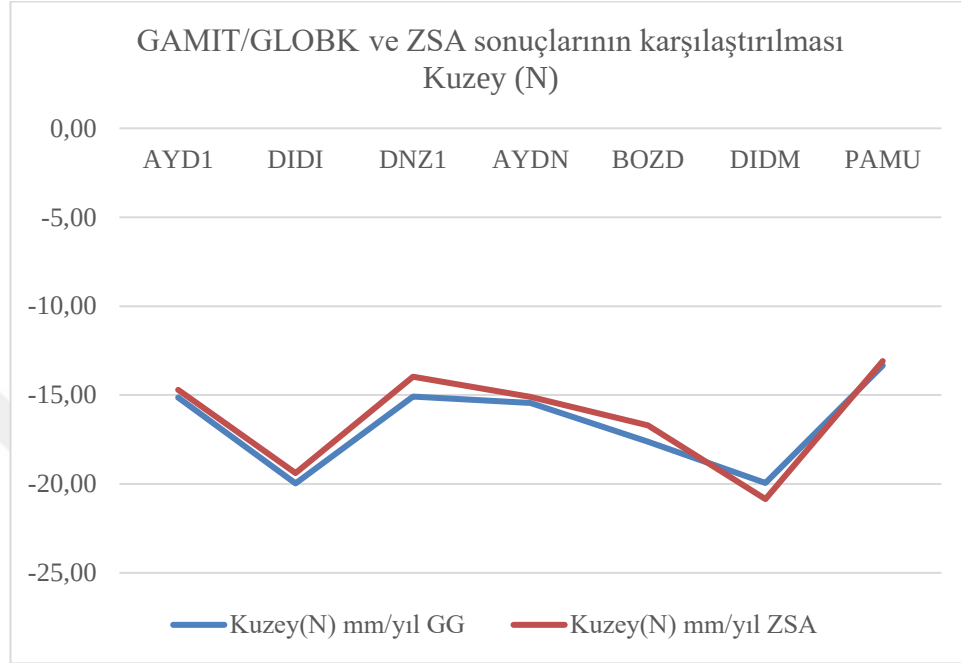
Çizelge 7.16. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması.

İst.	Kuzey(N) mm/yıl		Doğu(E) mm/yıl		Yükseklik(U) mm/yıl	
	GG	ZSA	GG	ZSA	GG	ZSA
AYD1	-15,14	-14,70	-19,38	-19,50	0,71	0,27
DIDI	-19,97	-19,38	-20,22	-20,37	-1,73	-2,32
DNZ1	-15,09	-13,96	-20,19	-20,14	-2,94	-5,20
AYDN	-15,45	-15,10	-19,98	-19,95	-0,06	-4,86
BOZD	-17,63	-16,71	-19,79	-18,96	2,42	1,43
DIDM	-19,94	-20,85	-20,26	-18,54	-1,76	-7,82
PAMU	-13,34	-13,09	-20,58	-21,10	-5,12	-13,79

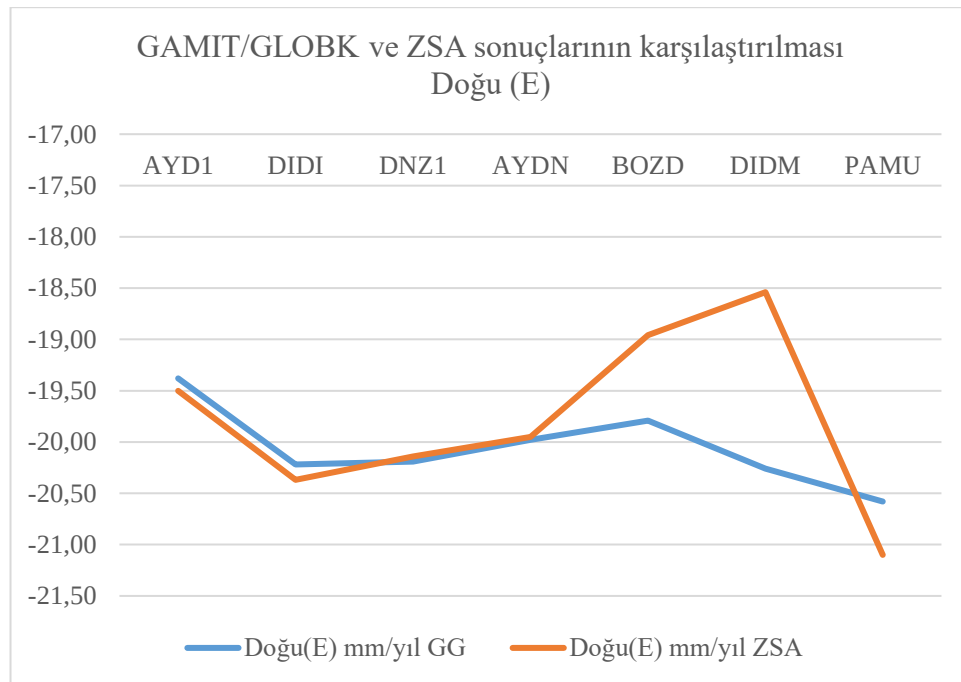
GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması için Çizelge 7.16'daki veriler kullanılarak, iki ayrı yöntemdeki sonuçlar istasyonların Kuzey (N), Doğu (E) ve Yükseklik (U) bileşenleri için ayrı ayrı grafik olarak çizdirilmiştir (Şekil 7.53, Şekil 7.54 ve Şekil 7.55).

Şekil 7.53'te verilen istasyonların GAMIT/GLOBK ve ZSA sonucu elde edilen Kuzey(N) hızları incelendiğinde, AYD1, DIDI, DNZ1, AYDN, BOZD, DIDM ve PAMU istasyonları için her iki yöntemde elde edilen sonuçların uyum içinde olduğu görülmektedir.

Şekil 7.54'te verilen istasyonların GAMIT/GLOBK ve ZSA sonucu elde edilen Doğu(E) hızları incelendiğinde, AYD1, DIDI, DNZ1, AYDN ve PAMU istasyonları için her iki yöntemde elde edilen sonuçların uyuşum içinde olduğu ancak BOZD ve DIDM istasyonu için elde edilen sonuçların uyuşum içinde olmadığı görülmektedir.

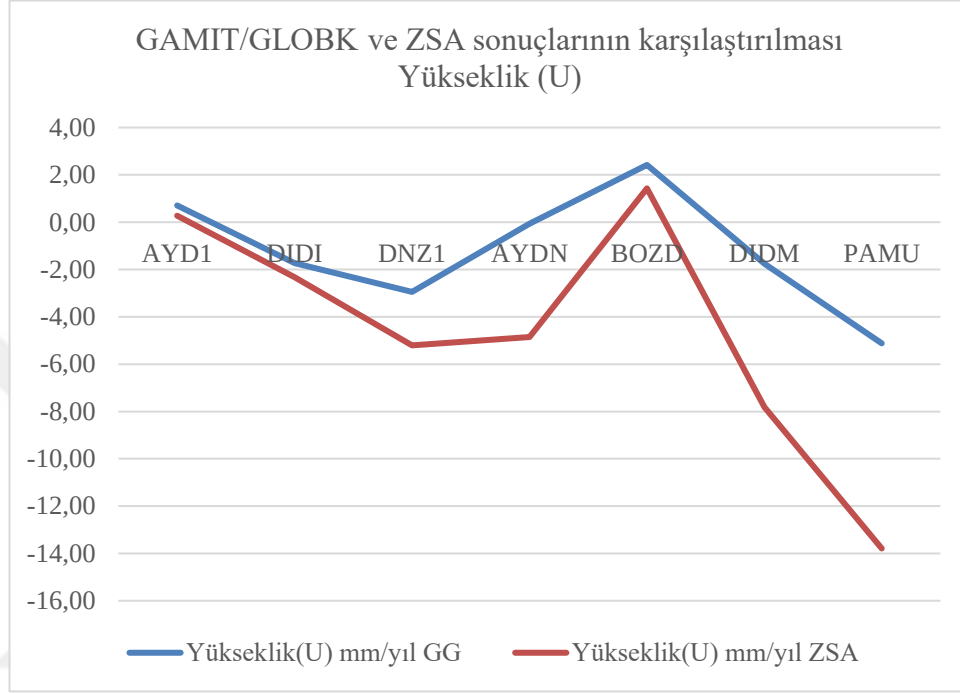


Şekil 7.53. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması Kuzey (N).



Şekil 7.54. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması Doğu (E).

Şekil 7.55'te verilen istasyonların GAMIT/GLOBK ve ZSA sonucu elde edilen Yükseklik (U) hızları incelendiğinde, AYD1, DIDI ve BOZD istasyonları için her iki yöntemde elde edilen sonuçların uyuşum içinde olduğu ancak DNZ1, AYDN, DIDM ve PAMU istasyonu için elde edilen sonuçların uyuşum içinde olmadığı görülmektedir.

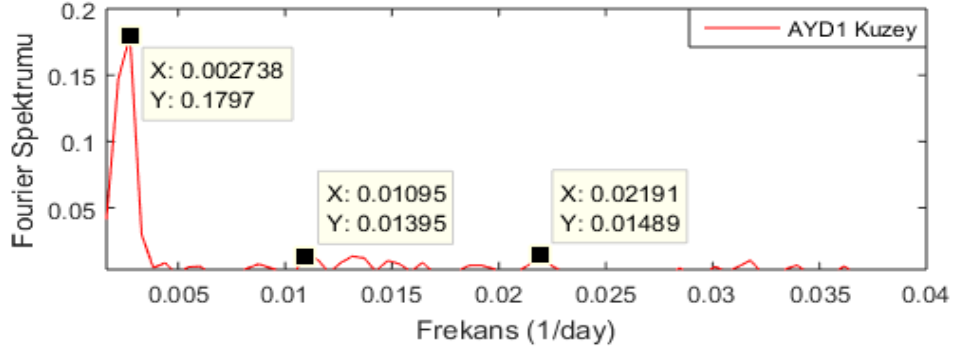


Şekil 7.55. GAMIT/GLOBK ve ZSA sonuçlarının karşılaştırılması Yükseklik (U).

Çizelge 7.16, Şekil 7.53, Şekil 7.54 ve Şekil 7.55 incelendiğinde trend bileşen analizinde elde edilen hız sonuçları ile Bölüm 7.2’de GAMIT/GLOBK analizi sonucu elde edilen hız sonuçlarının özellikle yatayda uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

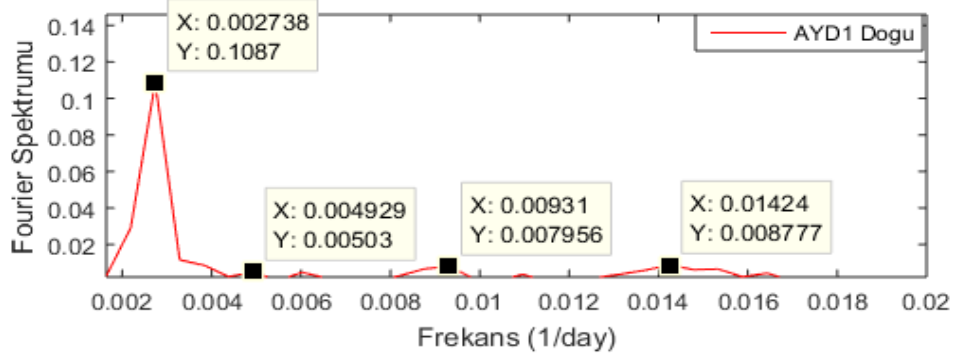
7.4.5 Periyodik bileşen analizi

İstasyonların, uyumsuz ölçüler çıkartılıp boşluklar modele göre hesaplanmış ve daha sonra trend bileşeni giderilmiş kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerine HFD uygulanarak, serilerin içerdikleri frekanslar ve bu frekansların karşılık geldiği periyot değerleri hesaplanmıştır. Analizlerde incelenen frekans aralığı 0-0.5 (1/gün) arasındadır. Grafiklerde pik yapan değerler farklılık gösterdiğinden grafiklerde uygunluk durumuna göre frekans aralığı değiştirilmiştir. Şekil 7.56’da AYD1 kuzey güç-frekans grafiği, Şekil 7.57’de AYD1 doğu güç-frekans grafiği ve Şekil 7.58’de AYD1 yükseklik güç-frekans grafiği verilmiştir.



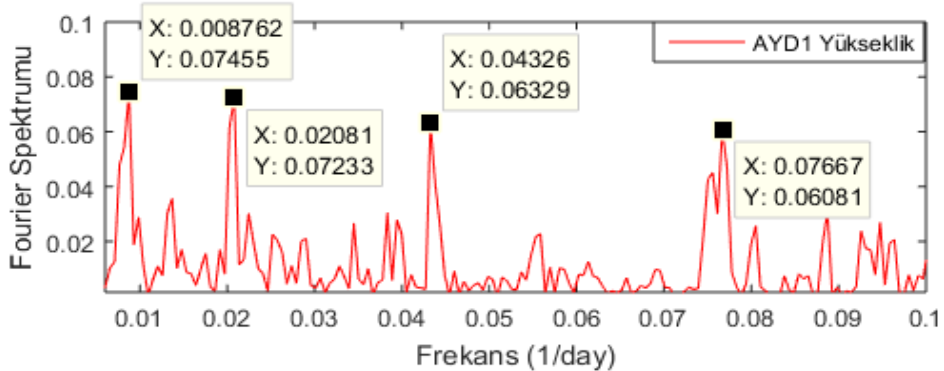
Şekil 7.56. AYD1 kuzey güç-frekans değişimleri.

Şekil 7.56’da verilen AYD1 kuzey zaman serilerinin güç-frekans değişimi grafiklerinde frekans aralığı 0-0.04 olarak belirlenmiştir. Grafiklerde yatay eksen frekans bilgisini verirken, dikey eksen ise güç değerini belirtmektedir. En baskın frekans olarak 0.002738 (1/gün), 0.01095 (1/gün) ve 0.02191 (1/gün) değerleri elde edilmiştir.



Şekil 7.57. AYD1 doğu güç-frekans değişimleri.

Frekansların daha net görülebilmesi için Şekil 7.57’te frekans aralığı 0-0.02 seçilmiştir. En baskın frekans olarak 0.002738 (1/gün), 0.004929 (1/gün), 0.00931 (1/gün) ve 0.01424 (1/gün) değerleri elde edilmiştir.



Şekil 7.58. AYD1 yükseklik güç-frekans değişimleri.

Şekil 7.58’de verilen AYD1 yükseklik zaman serilerinin güç-frekans değişimleri grafiğinde frekans aralığı 0-0.1 seçilmiştir. En baskın frekanslar 0.008762 (1/gün), 0.02081 (1/gün), 0.04326 (1/gün) ve 0.07667 (1/gün) değerleri elde edilmiştir.

HFD ile GNSS istasyonlarının günlük koordinat değerlerinden oluşturulan zaman serilerinin içerdiği frekanslar belirlenebilmektedir. Grafikler tüm zaman serileri için elde edilmiş bu bölümde sadece AYD1 istasyonunun kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin güç-frekans grafikleri verilmiştir. Diğer istasyonlardan elde edilen grafikler Ek B’de verilmiştir.

Elde edilen sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi ve yorumlanabilmesi amacıyla istasyonların güç-frekans grafiklerinde güç değerinin yüksek olduğu frekanslardan $f = \frac{1}{T}$ denklemi kullanılarak her bir zaman serisinin içerdiği periyotlar hesaplanmıştır. İstasyonların kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin içerdikleri periyotlar ayrı ayrı tablolaştırılmıştır. Çizelge 7.17’de istasyonların kuzey bileşenlerinde bulunan periyotlar, Çizelge 7.18’de istasyonların doğu bileşenlerinde bulunan periyotlar ve Çizelge 7.19’de istasyonların yükseklik bileşenlerinde bulunan periyotlar verilmiştir.

Çizelge 7.17. İstasyonların kuzey koordinat bileşenlerinde bulunan periyotlar.

İstasyon	Kuzey Periyotlar (Gün)					
AYD1	365	91	46			
DIDI	304	166	87	61	46	
DIDI1	432	86	62			
DIDI2	176	66	44	33		
DNZ1	84	45	31	19	15	12
AYDN	57	34	30	23		
BOZD	86	51	37	27	21	
DIDM	103	43	30	23	12	
PAMU	170	85	42			

Çizelge 7.17 incelendiğinde, istasyonların kuzey koordinat zaman serilerinde hesaplanan periyot değerlerinin 2 gün ile 432 gün arasında değiştiği görülmektedir. Çizelge 7.18 incelendiğinde, istasyonların doğu koordinat zaman serilerinde hesaplanan periyot değerlerinin 2 gün ile 432 gün arasında değiştiği görülmektedir. Çizelge 7.19 incelendiğinde istasyonların yükseklik koordinat zaman serilerinde hesaplanan periyot değerlerinin 2 gün ile 365 gün arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 7.18. İstasyonların doğu koordinat bileşenlerinde bulunan periyotlar.

İstasyon	Doğu Periyotlar (Gün)					
AYD1	365	200	107	70		
DIDI	304	152	73			
DIDI1	432	72	48			
DIDI2	106	66	53	38	26	
DNZ1	84	59	42	29	23	21
AYDN	172	86	26	20		
BOZD	86	57	32	23		
DIDM	86	64	40	26	20	
PAMU	85	51	27	14	9	

Çizelge 7.19. İstasyonların yükseklik koordinat bileşeninde bulunan periyotlar.

İstasyon	Yükseklik Periyotlar (Gün)						
AYD1	114	48	23	13			
DIDI	365	203	68				
DIDI1	324	185	62				
DIDI2	132	59	38	23			
DNZ1	84	18	11	5	3		
AYDN	257	172	86	22	5		
BOZD	172	86	40	23	15	10	8
DIDM	257	102	40				
PAMU	254	169	127	102	56	42	24

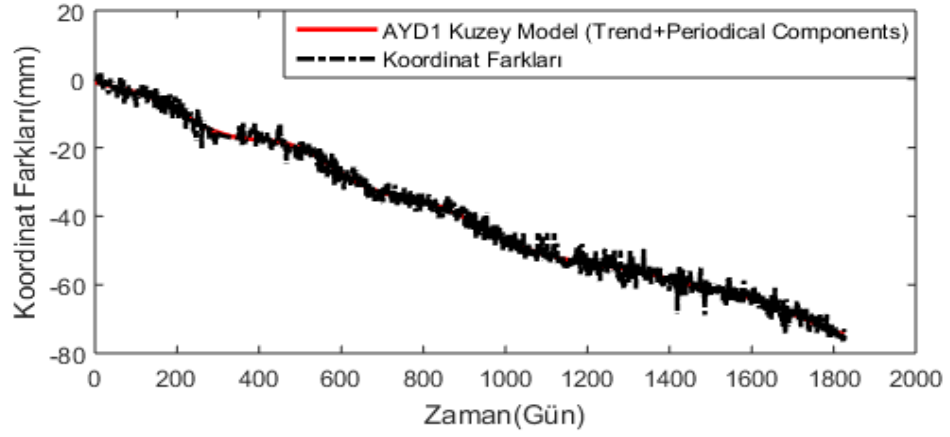
İstasyonların kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin içerdiği periyot değerleri 2 gün ile 432 gün arasında değişmektedir. Elde edilen periyot değerleri günlük (2, 10, 29 gün vb.), aylık (30, 45, 66 gün vb.), mevsimsel (72, 86 gün vb.), yarıyıllık (172, 185, 200 gün vb.), yıllık (304, 324, 365 gün vb.) ve 432 günlük olarak gruplandırılabilir. Analizler ve hesaplamalar sonucu elde edilen periyotlar hem bölgesel hem de global etki(ler) ve hataların birer sonucu olup, gerçekleştirilen çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir (Calais, 1999; Poutanen, 2001; Herring, 2002; Simav, 2006; Gülal, 2013; Oktar, 2015). GNSS istasyonlarının koordinat zaman serilerinin, farklı etkenlerden kaynaklandığı düşünülen ve periyodu yarım gün ile yıllar arası döneme kadar değişen periyodik değişimler (sinyaller) içerdiği ve bu sinyallerin koordinat hızlarını etkilediği belirtilmektedir (Simav, 2006). Herring vd. (2002) çalışmalarında Uluslararası GPS Servisi (IGS) istasyonlarının yıllık periyodik sinyal içerdiğini ifade etmişlerdir. Bazı araştırmacılar (Mao vd., 1999; Wdowski vd., 1997) tarafından koordinat zaman serilerinde sadece yıllık periyodik sinyalin bulunduğu varsayımı yapılmıştır. Scherneck vd. (1998; 2002) çalışmalarında; yıllık, yarım yıllık, 4 aylık ve 3 aylık sinüs ve kosinüslü terimler ekleyerek koordinat

zaman serilerinin EKK yöntemi ile analizini yapmış, anten ve anten koruyuculardaki kar ve buz birikmesi ve bazı iklimsel etkileri modellemeye çalışmışlardır. GNSS zaman serilerinde görülen yıllık periyodik etkinin atmosferik ve hidrolojik yükleme etkisinden kaynaklandığını Şanlı (2002) çalışmasında belirtmiştir. Calais'in (1999) ifade ettiği büyük genlikli ve yaklaşık 450 gün periyotlu uzun dönemli bir periyodik sinyalin periyodunun mevsimsel olmayışı ve bu sinyalin doğu-batı bileşenlerinde daha büyük olması nedeniyle, bunun muhtemelen referans sistemindeki hatalar, uydu yörüngesi veya yer yöneltme parametrelerinden kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Finlandiya SGNSS ağındaki GNSS zaman serilerinde periyodu bir günden bir yıla kadar olan periyodik etkiler Poutanen vd. (2001) tarafından araştırılmış ve periyodik değişimlerin bazılarının fiziksel yüklenme etkileri ile bağlantılı olma ihtimali bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Mevsimsel değişimlerin, yerçekimi, termal, hidrodinamik, yerel zemin hataları ve model hatalarından kaynaklanma ihtimali belirtilmektedir (Nikolaidis, 2002). Ay ve güneşten kaynaklanan yerçekimsel etki dünyaya, okyanusa, gel git hareketlerine, mevsimsel kutup hareketlerine ve UT1 varyanslarına sebep olur. Termal ve hidrodinamik kaynaklar deniz yüzeyi varyasyonları, yer altı suları, buz akışı, kar oluşumu, atmosferik baskı oluşumu, ana kayanın ısıl genişlemesini içerir. Lokal olarak termal anten gürültüsü, multipath ve antene kar örtüsü mevsimsel varyasyonlara sebep olur. Bu fiziksel süreçlerin yanında uydu yörünge hataları, atmosferik modeller, su buharı modelleri ve anten faz merkez modelleri mevsimsel bileşenler bulundurmaktadır.

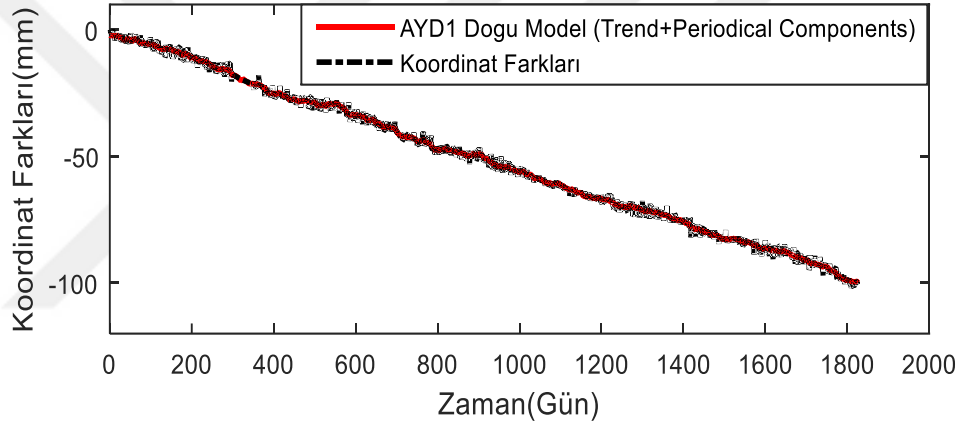
7.4.6 Koordinat farkları ve trend+periyodik modelin karşılaştırılması

Zaman serilerinin içerdikleri Bölüm 7.4.4'te elde edilen trend bileşenleri ile Bölüm 7.4.5'te elde edilen periyodik bileşenler birleştirilerek istasyonların koordinat bileşenlerinin modelleri oluşturulmuştur. Daha sonra bu modeller ile istasyonların başlangıç gününe göre değişimini gösteren koordinat farkları aynı grafiklerde çizdirilerek modellerin zaman serilerine uyumluluğu irdelenmiştir. Şekil 7.59'da AYD1 kuzey model ve koordinat farkları, Şekil 7.60'ta AYD1 doğu model ve koordinat farkları ve Şekil 7.61'de AYD1 yükseklik model ve koordinat farkları verilmiştir.



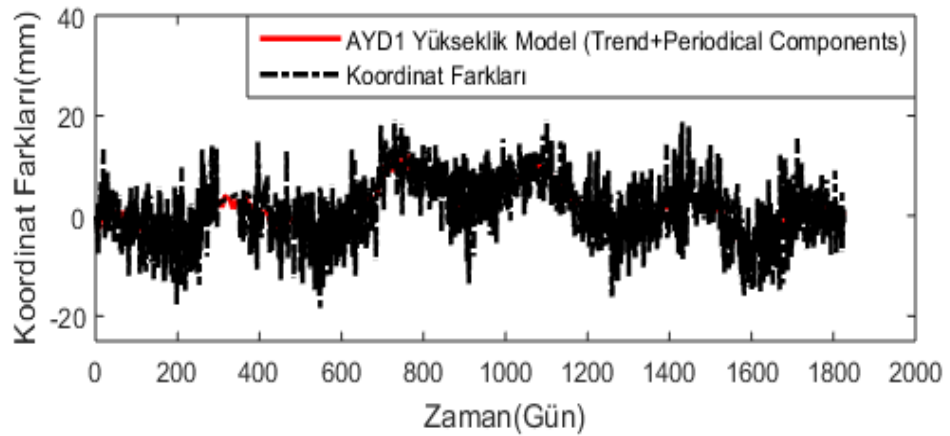
Şekil 7.59. AYD1 kuzey model ve koordinat farkları.

Şekil 7.59 incelendiğinde, oluşturulan modelin zaman serisine uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 7.60. AYD1 doğu model ve koordinat farkları.

Şekil 7.60 incelendiğinde, oluşturulan modelin zaman serisine uyumlu olduğu görülmektedir.



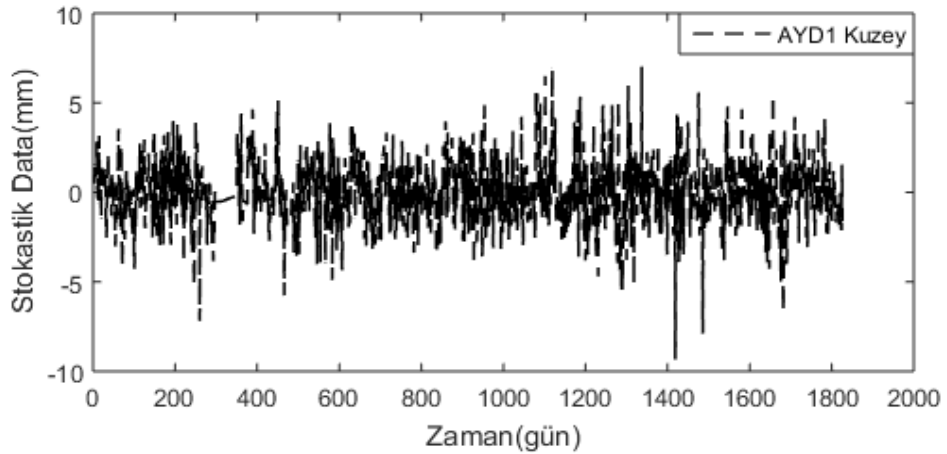
Şekil 7.61. AYD1 yükseklik model ve koordinat farkları.

Şekil 7.61 incelendiğinde, oluşturulan modelin zaman serisine uyumlu olduğu görülmektedir.

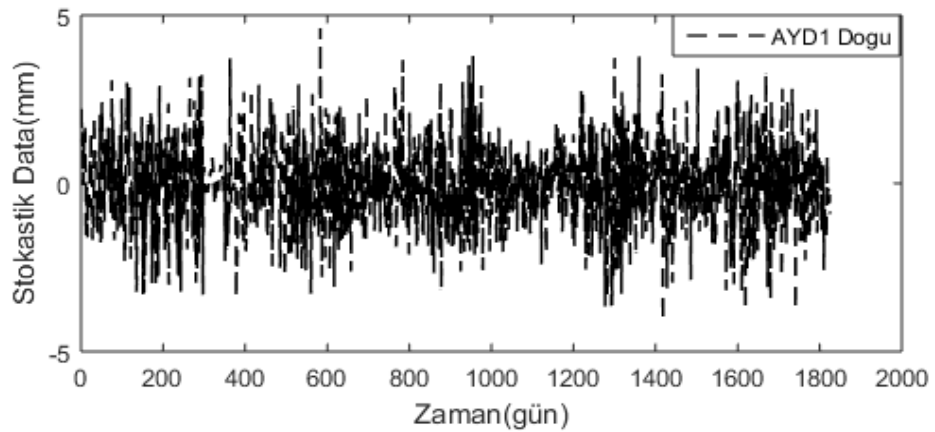
Elde edilen tüm modeller incelendiğinde modellerin orijinal zaman serileri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Analizlerde tüm istasyonlar için gerçekleştirilmiş olup grafikler Ek B’de verilmiştir.

7.4.7 Stokastik bileşen analizi

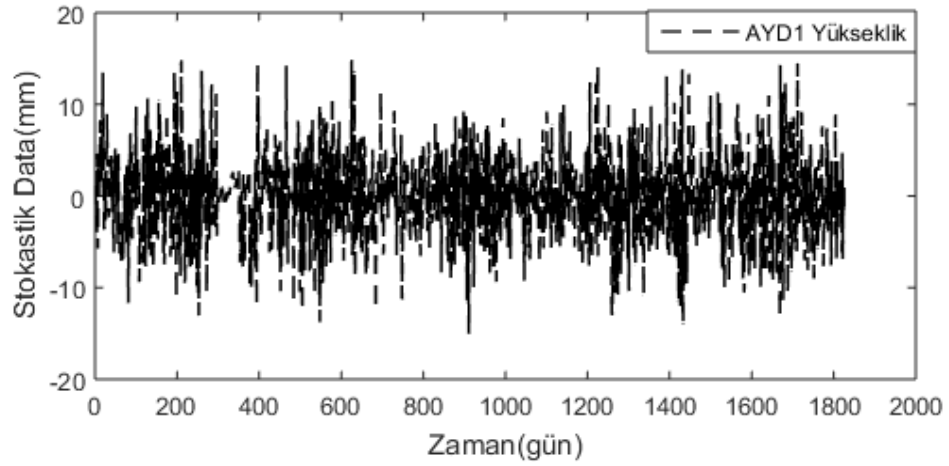
Önceki bölümlerde istasyonların koordinat zaman serilerinin içerdikleri trend bileşeni ve periyodik bileşenler hesaplanmıştır. Trend bileşeni giderilen serilerden bu adımda periyodik bileşen giderildi. Bu işlem sonucunda koordinat zaman serilerinde kalan kısım stokastik bileşendir. Şekil 7.62’de AYD1 kuzey stokastik bileşeni, Şekil 7.63’te AYD1 doğu stokastik bileşeni ve Şekil 7.64’te AYD1 yükseklik stokastik bileşeni verilmiştir.



Şekil 7.62. AYD1 kuzey stokastik bileşeni.



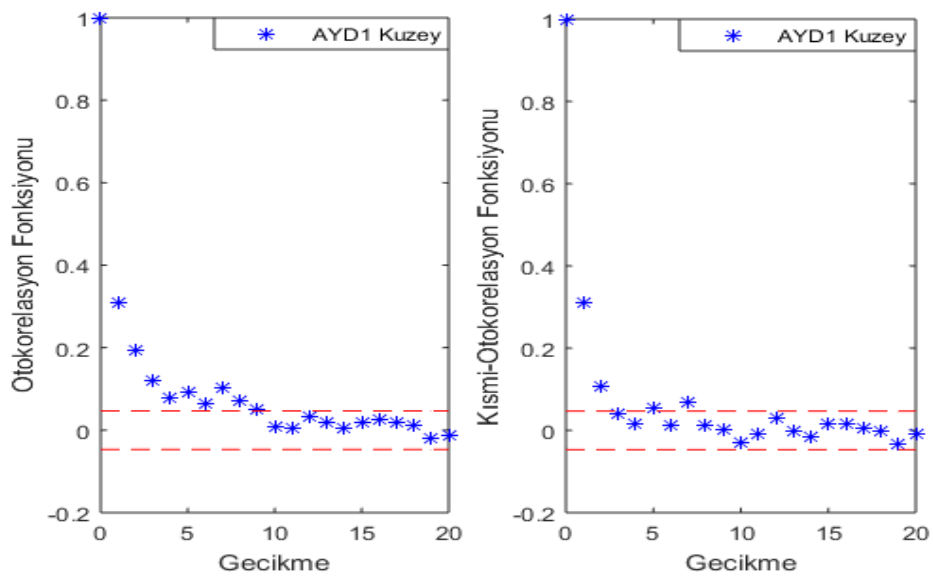
Şekil 7.63. AYD1 doğu stokastik bileşeni.



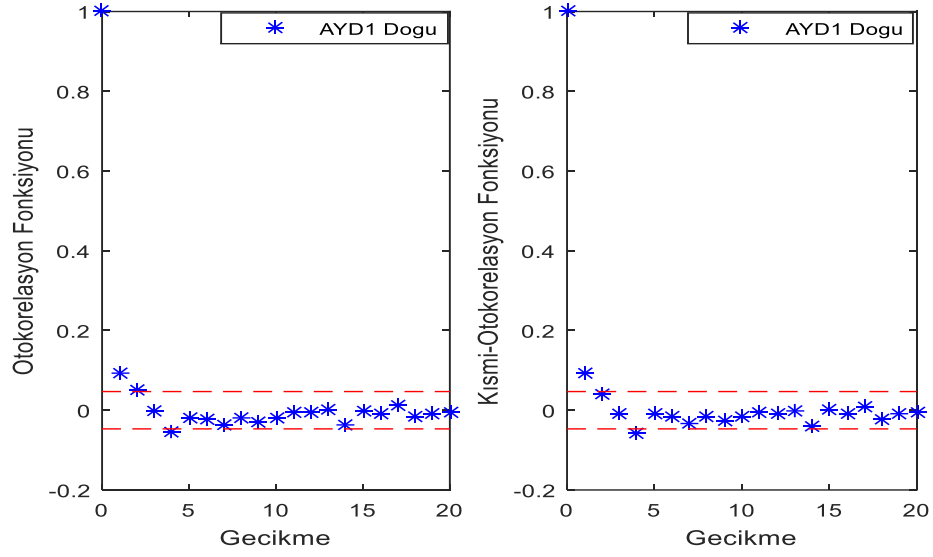
Şekil 7.64. AYD1 yükseklik stokastik bileşeni.

Analizlerde tüm istasyonlar için stokastik bileşenler elde edilmiş ve grafikler Ek B’de verilmiştir.

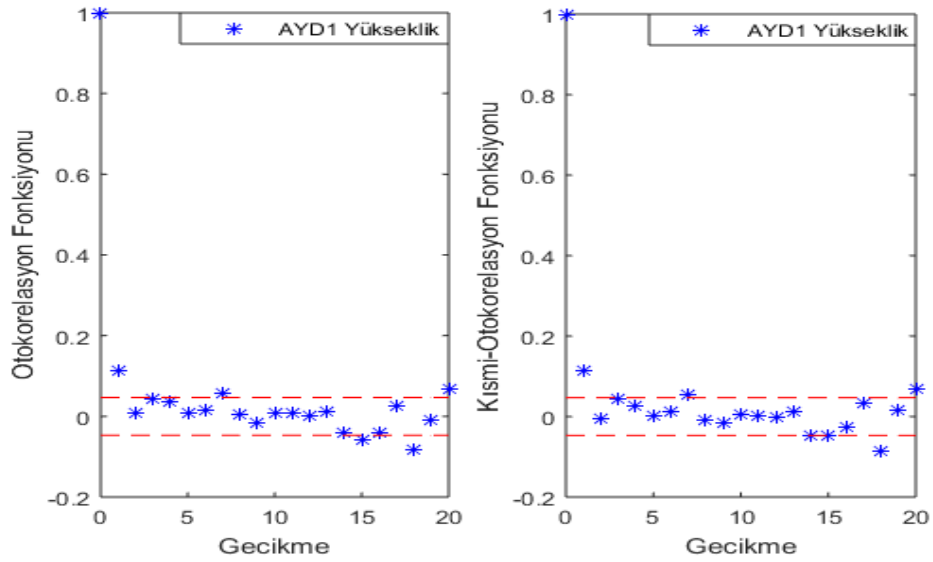
İstasyonların stokastik bileşenlerini elde edildikten sonra bu bileşenlerin otokorelasyon ve kısmi-otokorelasyon değerleri hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamalar ile stokastik bileşenin AR, MA veya ARMA modeline uygunluğu incelenmiştir. Şekil 7.65’te AYD1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, Şekil 7.66’da AYD1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu ve Şekil 7.67’de AYD1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu verilmiştir.



Şekil 7.65. AYD1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu.



Şekil 7.66. AYD1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu.

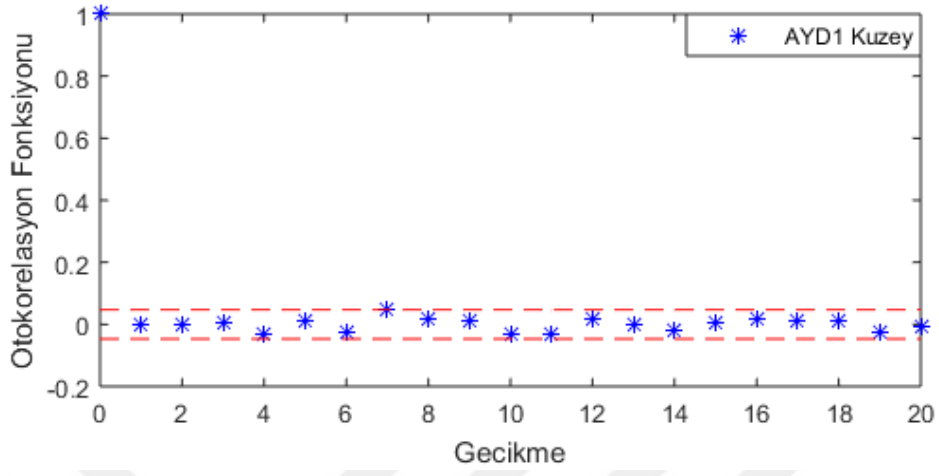


Şekil 7.67. AYD1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu.

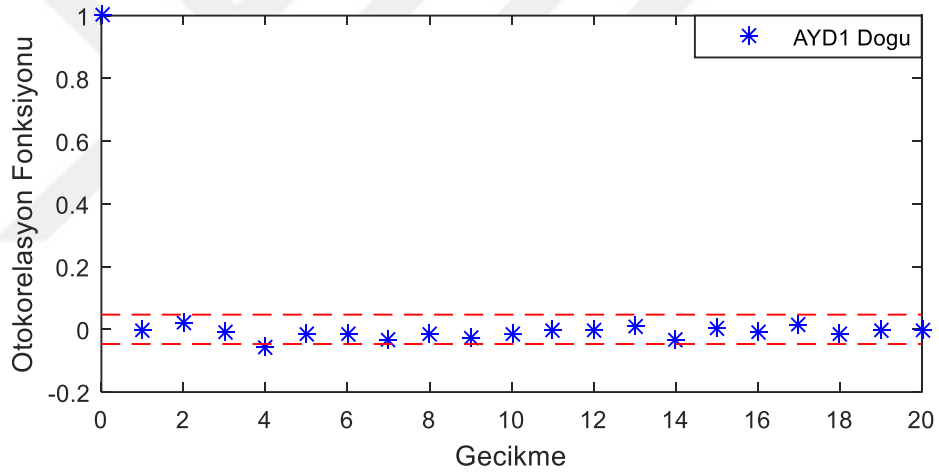
Analizlerde tüm istasyonlar için bu grafikler üretilmiş ve grafikler Ek B’de verilmiştir.

Şekil 7.65, Şekil 7.66 ve Şekil 7.67’de verilen grafikler ve diğer istasyonlar için oluşturulan grafikler incelenerek tüm istasyonlar için ARMA modelinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Daha sonra ARMA modelinde farklı model dereceleri incelenmiş ve Şekil 7.68, Şekil 7.69 ve Şekil 7.70’te verilen grafikler ile model derecesinin uygunluğu irdelenmiştir. Yapılan bu incelemeler sonucu en iyi sonuçları

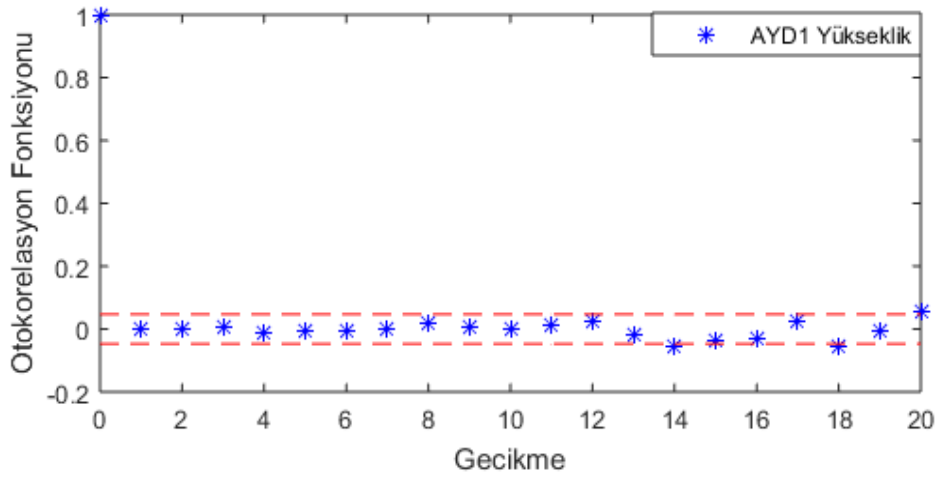
veren ve Şekil 7.68, Şekil 7.69 ve Şekil 7.70’te verilen sınır değerleri sağlayan model derecelerine karar verilmiştir.



Şekil 7.68. AYD1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.



Şekil 7.69. AYD1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.



Şekil 7.70. AYD1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

Analizlerde tüm istasyonlar için bu grafikler üretilmiş ve grafikler Ek B’de verilmiştir.

Çizelge 7.20’de analizler ve incelemeler sonucu tüm istasyonlar için uygun görülen stokastik modeller ve FPE değerleri verilmiştir.

Çizelge 7.20. İstasyonların kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin uygun stokastik modelleri ve FPE değerleri.

İstasyon	Kuzey	Doğu	Yükseklik
AYD1	ARMA(1,3)/FPE=2.8320	ARMA(1,1)/FPE=1.5070	ARMA(8,8)/FPE=20.5800
DIDI	ARMA(9,5)/FPE=3.0640	ARMA(1,1)/FPE=1.4860	ARMA(5,3)/FPE=14.7000
DIDI1	ARMA(5,3)/FPE=2.0270	ARMA(1,1)/FPE=1.1150	ARMA(6,6)/FPE=11.9200
DIDI2	ARMA(1,1)/FPE=1.7840	ARMA(1,1)/FPE=0.5745	ARMA(3,3)/FPE=14.3100
DNZ1	ARMA(8,5)/FPE=1.4080	ARMA(2,2)/FPE=0.9186	ARMA(11,13)/FPE=1.2190
AYDN	ARMA(2,4)/FPE=1.0570	ARMA(15,14)/FPE=0.3079	ARMA(4,6)/FPE=3.3390
BOZD	ARMA(6,2)/FPE=1.2770	ARMA(8,6)/FPE=0.7248	ARMA(12,10)/FPE=1.1380
DIDM	ARMA(1,1)/FPE=1.1640	ARMA(5,5)/FPE=0.7220	ARMA(2,1)/FPE=9.3900
PAMU	ARMA(2,1)/FPE=0.6651	ARMA(2,3)/FPE=0.4920	ARMA(3,3)/FPE=6.9060

Çizelge 7.20 incelendiğinde, zaman serileri için ARMA(1,1) ile ARMA(15,14) arasında değişen farklı derecede ARMA modelleri seriler için uygun olduğu görülmüştür.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Büyük Menderes Grabeni'nde (BMG) yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi amacıyla bölgede bulunan ve sürekli gözlem yapan 8 adet GNSS istasyonunun ölçülerinin analizleri gerçekleştirilmiş ve bölgenin hız alanı belirlenmiştir. GAMIT/GLOBK sonuçlarına göre tez kapsamında gerçekleştirilen diğer analizlere data sayısı az olduğu için KUSD istasyonu dahil edilmemiştir. Ayrıca BMG bölgesini tamamen kapsayacak şekilde PS-InSAR analizi uygulanarak bölgede gerçekleşen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) hareketler belirlenmiştir. Son olarak GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen istasyonların günlük koordinat değerleri kullanılarak zaman serileri analizi (ZSA) gerçekleştirilmiştir.

GNSS ölçülerinin değerlendirilmesinde GAMIT/GLOBK yazılım takımı kullanılmış ve ölçüler başarılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Çalışmada sürekli gözlem yapan AYD1, DIDI, DNZ1, AYDN, BOZD, DIDM, KUSD ve PAMU istasyonlarının 2014-2018 yılları arasında bulunan gözlemleri değerlendirilmiştir. GNSS istasyonlarının veri durumları ile ilgili daha detaylı bilgi Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3'te verilmiştir. Analizler Bölüm 7.2'de detaylıca açıklanmıştır. GNSS ölçülerinin analizlerinde kullanılan IGS istasyonları; ANKR, BAKU, BUCU, CRAO, GLSV, GRAZ, ISTA, MATE, NICO, RAMO, SOFI, TEHN, TELA ve TUBI istasyonlarıdır. Çalışma bölgesinde bulunan istasyonların gerçekleştirilen analizler sonucunda Avrasya Sabit/ITRF08 hızları elde edilmiştir. Sonuçlara göre çalışma bölgesinin yıllık 25-28 mm hızla Güneybatıya doğru hareket ettiği görülmektedir. Yatayda elde edilen sonuçların farklı çalışmalarda elde edilen Anadolu'nun saat hareketinin tersi yönünde gerçekleştirdiği dönüş hareketini desteklediği görülmüştür (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006, Uzel vd., 2011 Tiryakioğlu, 2012, Cingöz, 2013). İstasyonların Yükseklik(U) koordinat bileşenlerinin yıllık hızları incelendiğinde; BOZD, AYD1 ve KUSD istasyonlarında (+) yönde bir hız değeri gözlenmiş yani yükseklik değerinin arttığı görülmüştür. En büyük hız değeri 2.42 mm/yıl değeri ile BOZD istasyonunda görülürken en küçük hız değeri 0.71 mm/yıl değeri ile AYD1 istasyonunda elde edilmiştir. DNZ1, PAMU, AYDN, DIDM ve DIDI istasyonlarında ise (-) yönde bir hız değeri gözlenmiş yani yükseklik değerinin azaldığı görülmüştür. En büyük hız değeri -5.12 mm/yıl hız değeri ile PAMU istasyonunda ve en küçük hız değeri -0.06 mm/yıl hız değeri ile AYDN istasyonunda görülmüştür.

Çalışma bölgesi için gerçekleştirilen PS-InSAR analizinde ESA tarafından uzaya fırlatılan Sentinel-1 uydu radar görüntüleri kullanılmıştır. PS-InSAR analizinde, 13.01.2016 ile 16.12.2018 tarihleri arasında algılanmış 34 adet SAR görüntüsü kullanılmıştır. Analizler StaMPS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PS-InSAR tekniğinde StaMPS porogramı ile gerçekleştirilecek analizler öncesinde SAR görüntülerinin bazı ön işlem adımlarından geçmesi gerekmektedir. Bu işlemler SNAP programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda çalışma alanının uydu bakış doğrultusundaki hız haritaları elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre çalışma bölgesi için elde edilen uydu bakış doğrultusundaki (LOS) yıllık hızlar incelendiğinde; bölgede yıllık 23 mm'ye kadar alçalma değerleri ve 13 mm'ye kadar yükselme değerleri elde edilmiştir. Ayrıca grabenin merkezinde alçalma, grabenin kuzeyinde ve güneyinde yükselme tespit edilmiştir.

GNSS ölçülerinin GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmesi sonucunda istasyonların Kuzey(N), Doğu(E) ve Yükseklik(U) koordinat bileşenlerinin günlük koordinat değerleri elde edilmiştir. Zaman Serileri Analizi bölümünde GNSS istasyonlarının davranışları ZSA ile araştırılmış ve tanımlanması yapılmıştır. Bu amaçla istasyonların N(Kuzey), E(Doğu) ve U(Yükseklik) günlük koordinatlarının zaman serileri kullanılmıştır. İstasyonların günlük koordinat değerlerine ZSA uygulanarak istasyonların lineer, periyodik ve stokastik bileşenleri belirlenmiştir. ZSA'nde kullanılan GNSS verileri 01.01.2014-31.12.2018 tarihleri arası günlük koordinat değerleridir.

Trend Bileşeni analizinde tüm istasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik koordinat zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği yani istasyonlarda lineer bir hareketin bulunduğu sonucuna varılmıştır. Analiz sonuçlarına göre istasyonların yatayda Batı ve Güney yönünde hareketler gösterdiği görülmüştür. İstasyonların yatayda lineer hareketleri; Güney yönündeki en büyük lineer hareket 25.74 mm/yıl ile DIDI1 istasyonunda, Güney yönündeki en küçük lineer hareket 13.09 mm/yıl ile PAMU istasyonunda görülmüştür. Batı yönündeki en büyük lineer hareket ise 21.10 mm/yıl ile PAMU istasyonunda, en küçük lineer hareket de 18.54 mm/yıl ile DIDM istasyonunda tespit edilmiştir. Sonuçlara göre istasyonların yıllık 24 mm ile 32 mm arasında değişen hızlarla Güneybatıya doğru hareket ettiği görülmektedir. İstasyonların Batı ve Güney yönündeki lineer hareketlerinden elde edilen ortalama

bileşke hareket 25.72 mm/yıl ve yönü güneybatıdır. Trend Bileşeni Analizinde istasyonların yatay koordinat bileşenleri için elde edilen yıllık hız sonuçlarının GAMIT/GLOBK bölümünde elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. İstasyonların yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler incelendiğinde AYD1 ve BOZD istasyonlarında (+) yönde bir hareket gözlenmiş yani yükseklik değerlerinin arttığı görülmüştür. En büyük lineer hareket 1.43 mm/yıl değeri ile BOZD istasyonunda görülürken en küçük lineer hareket 0.27 mm/yıl değeri ile AYD1 istasyonunda hesaplanmıştır. DIDI, DIDI1, DIDI2, DNZ1, AYDN, DIDM ve PAMU istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareket (-) yöndedir. En büyük lineer hareket -13.79 mm/yıl değeri ile PAMU istasyonunda ve en küçük lineer hareket -2.32 mm/yıl değeri ile DIDI istasyonunda tespit edilmiştir.

Periyodik Bileşen Analizinde istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin içerdikleri periyodik bileşenler HFD ile belirlenmiştir. Yatayda, AYD1 ve DIDI istasyonlarında yıllık, yarıyıllık ve mevsimsel periyodik hareketler görülürken diğer istasyonlarda mevsimlik, aylık ve günlük periyodik hareketler görülmüştür. Data sayısı 586 ve daha az olan DNZ1, AYDN, BOZD, DIDM ve PAMU istasyonlarında yıllık periyodik hareket yatay bileşenlerde görülmemiştir. Düşeyde yıllık periyodik hareket sadece DIDI istasyonunda, yarıyıllık periyodik hareket AYD1, AYDN, BOZD ve DIDM istasyonlarında, mevsimsel periyodik hareket DIDI, DNZ1, AYDN, BOZD ve PAMU istasyonlarında ve çok sayıda günlük periyodik hareket BOZD ve PAMU istasyonlarında görülmüştür. Data sayısı 586 ve daha az olan DNZ1, AYDN, BOZD, DIDM ve PAMU istasyonlarında yıllık periyodik hareket düşey bileşenlerde görülmemiştir. Elde edilen periyot değerleri 2 gün ile 432 gün arasında değişmektedir. Periyot değerleri günlük (2, 10, 29 gün vb.), aylık (30, 45, 66 gün vb.), mevsimsel (72, 86 gün vb.), yarıyıllık (172, 185, 200 gün vb.), yıllık (304, 324, 365 gün vb.) ve 432 günlük olarak gruplandırılabilir. Analizler ve hesaplamalar sonucu elde edilen periyotlar hem bölgesel hem de global etki(ler) ve hataların birer sonucu olup, gerçekleştirilen çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir (Calais, 1999; Poutanen, 2001; Herring, 2002; Simav, 2006; Gülal, 2013; Oktar, 2015).

Stokastik Bileşen Analizinde serilerden trend ve periyodik bileşenler giderildikten sonra kalan kısmın otokorelasyon ve kısmi-otokorelasyon değerleri hesaplanmış ve grafikleri üretilmiştir. Yapılan bu hesaplamalar ile stokastik bileşenin AR, MA veya

ARMA modeline uygunluğu incelenmiştir. İncelemeler sonucu istasyonlar için ARMA modelinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Daha sonra ARMA modelinin farklı model dereceleri incelenerek, bu modellerin serilere uygunluğu araştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucu en iyi sonuçları sağlayan model dereceleri seriler için uygun grlmştir. Sonuç olarak zaman serileri için ARMA(1,1) ile ARMA(15,14) arasında değişen farklı derecede ARMA modelleri seriler için uygun grlmştir. Sonuçlara göre koordinat zaman serilerinde bulunan stokastik bileşenin matematiksel olarak modellenebileceği sonucuna varılmıştır. Bu da GNSS verilerinin hem beyaz hem de renkli gürültü içerdiğini göstermektedir.

GAMIT/GLOBK ve ZSA sonucu elde edilen hız değerleri incelendiğinde;

- AYD1 ve DIDI istasyonları için her iki yöntemde elde edilen yatay ve düşey sonuçların uyumu içinde olduğu grlmştir.
- Ancak DNZ1, AYDN ve PAMU istasyonları için elde edilen sonuçlar yatayda uyumlu olup düşey sonuçlar arasında çok büyük farklar mevcuttur. Bunun sebebinin, Zaman Serileri Analizinde ngrlen modelin (Lineer+Trigonometrik) yatayda başarılı olmasına rağmen düşeyde başarısız olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bundan dolayı bu istasyonların içerdiği periyodik hareketler detaylıca incelenip düşey için öngörülen modelin Trigonometrik bileşenine eklenen periyot değerleri değiştirilerek hız sonuçları yeniden üretilmiş ve hızlar GAMIT/GLOBK sonucu elde edilen hız sonuçlarına daha çok yaklaşmıştır. Bu sebeple GNSS istasyonlarının düşey bileşeninin daha detaylı bir şekilde çalışılması gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akbaş, Ö., 1999. 27 haziran 1998 Adana-Ceyhan Depremi fay mekanizması, Deprem Araştırma Bülteni , Sayı 80, Ankara.
- Akcan, D., 2019. Büyük Menderes grabeni içerisinde bulunan Aydın-Nazilli bölgesi sıg kabuk yapısının jeofizik yöntemlerle araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Akgül, M. ve Doğan, O., 2020. 4 Nisan 2019 Elazığ depreminin yığma yapılara etkisinin değerlendirilmesi, UMAGD, 12, 1, 265-277.
- Akyüz, H.S., Hartleb, R., Barka, A.A., Altunel, E. ve Sunal, G., 2002. Surface rupture and slip distribution of the 12 November 1999 Düzce Earthquake (M 7.1), North Anatolian Fault Bolu-Turkey, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 61-66.
- Altınoğlu, F. F., 2012. Batı Anadolu tektoniğinin jeofizik yöntemlerle incelenmesi, Doktora Tezi, PÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Allen, R.L. ve Mills, D.W., 2004. Sinyal analysis, time, frequency, scale, and structure, IEEE Press, USA.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C., 1995. The seismicity of Turkey and adjacent areas, A historical review, 1500-1800, Eren, İstanbul, 240.
- Arıkan, M., Hooper, A., ve Hanssen, R., 2010. Radar time series analysis over West Anatolia, In H. Lacoste Francis Fringe 2009 Proceedings, 677, 1-6, ESA.
- Aslan, G., 2019, Türkiye'nin kuzey-batı bölgesindeki yüzey deformasyonlarının yüksek çözünürlüklü insar verileri yardımı ile gözlenmesi: asismik slip ve çöküntü olguları, Doktora Tezi, İTÜ., Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayhan, E., Bürgmann, R., McClusky, S., Lenk, O., Aktug, B., Herece, E. ve Reilinger, R., 2001. Kinematics of the Mw = 7.2, 12 November 1999, Düzce, Turkey Earthquake, Geophysical Research Letters, 28, 2.
- Barka, A., 1996. Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with large earthquakes of the Period 1939 to 1967, Bull. of Seismol. Soc. of Amer, 86, 1238-1254.
- Barka, A. ve Kadinsky-Cade K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and influence on earthquake activity, Tectonics, 7, 663-684.
- Barka, A., 1999. The August 17th and November 12sd 1999 Earthquakes in the Eastern Marmara Sea Region, International Conference on The Kocaeli Earthquake, Kocaeli, Turkey.

- Barka A., Akyüz, H.S., Altunel, E., Sunal, G., Çakır, G., Dikbaş, A., Yerli, B., Armijo, R., Meyer, B., Chabalier, J.B., Rockwell, T., Dolan, J.R., Hartleb, T., Dawson, T., Christofferson, S., Tucker, A., Fumal, T., Langridge, R., Stenner, H., Lettis, W., Bachhuber, J. ve Page, W., 2002. The surface rupture and slip distribution of the 17 August İzmit earthquake (M 7.4)-North Anatolian Fault, Bulletin of Seismological Society of America, 92, 43-60.
- Bedirhanoglu, İ. ve Önal, T., 2011. 23 Ekim Van Depremi ön değerlendirme raporu, İMO Diyarbakır Şubesi, Diyarbakır.
- Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R. ve Sansosti, E., 2002. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differantial SAR interferograms, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 40, 11, 2375-2383.
- Beyazıt, M., 1996. İnşaat mühendisliğinde olasılık yöntemleri, İTÜ., İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Calais, E., 1999. Continuous GPS measurements across the Western Alps, 1996-1998, Geophysical Journal International, 138, 1, 221-230.
- Chatfield, C., 1996. The analysis of time series, Chapman, Hall/CRC.
- Chui, C. K. ve Chen, G., 1991. Kalman filtering: with real-time applications, Springer, Berlin.
- Cingöz, A., Erkan, Y., Kurt, Y.A. ve Peker, S., 2013. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs, Ankara.
- Çırmık, A., 2014. Determining the deformations in western Anatolia with gps and gravity measurements, Doktora Tezi, DEÜ., Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir.
- Çakır, Z., 2003. Anaylsis of the crustal deformation caused by the 1999 Izmit and Düzce Earthquakes using Synthetic Aperture Radar Interferometry, Doktora Tezi, İTÜ., Institue of Science of Technology, İstanbul.
- Çakmak, R., 2010. Jeodezik çalışmalarla Marmara Bölgesinde deprem döngüsünün belirlenmesi ve modellerle açıklanması, Doktora Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Deguchi, T., Kato, M., Akcin, H. ve Kutoglu, H. S., 2006. Automic processing of interferometric SAR and accuracy of surface deformation measurement, SAR Image Analysis, Modelling, and Techniques, 8, 636-309.
- Demir, C., 1999. Kuzey Anadolu fay zoneu batı kesiminde yatay yerkabuğu hareketleri ve gerinim birikiminin araştırılması, Doktora Tezi, YTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Dewey, J. F. ve Sengör, A. M. C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone , Geological Society America Bulletin , 90, 84-92.
- Dewey, J. F., 1988. Extensional collapse of orogens, Tectonics, 7, 1123-1139.
- Doğan, U., 2002. 17 Ağustos 1999 İzmit depreminden kaynaklanan deformasyonların kinematik modellerle araştırılması, Doktora Tezi, YTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Özalp, S. ve Elmacı, H., 2011. 1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Aydın (NJ35-11) paftası, seri no:7, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Duran, K., 2013. Rüzgar karakteristiklerinin dalgacık dönüşümü ile ortaya konulması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Duman, T. Y., Emre, Ö., Özalp, S. ve Elmacı, H., 2011. 1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Aydın (NJ35-11) paftası, Seri no:7, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Eravcı, B., 2006. Büyük menderes grabeni içindeki aktif fayların jeolojisi ve paleosismisitesi, Yüksek Lisans Tezi, AÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erdoğan, S., 2005. Burdur-Fethiye fay zonunun GPS ile izlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ferretti, A., Prati, C. ve Rocca, F., 2001. Permanent scatters in SAR interferometry, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39, 1, 8-20.
- Guidoboni, E., A. Comastri ve G. Traina 1994. Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to 10th century, ING-SGA, Bologna 1994, 1, 504.
- Gülal E., Erdoğan H. ve Tiryakioğlu İ., 2013. Research on the stability analysis of GNSS reference stations network by time series analysis, Elsevier, 13, 8, 1945-1957.
- Hanssen, R. F., 2001. Radar interferometry: data interpretation and error analysis, Springer Science & Business Media. URL Adres: <https://www.springer.com/gp/book/9780792369455> Erişim tarihi: 17.02.2020.
- Hastaoğlu, K. Ö., Poyraz, F., Türk, T., Koçbulut, F., Şanlı, U., Yılmaz, I., Şanlı, F. B., Kuçak, R. A., Demirel, M., Gürsoy, Ö. ve Duman, H., 2014. GPS ve PS-InSAR yöntemleri kullanılarak Koyulhisar (Sivas) heyelanlarının izlenmesi: ilk sonuçlar, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4, 2, 161-175.
- Herring, T. A. ve Springer, T., 2002. Current state of IGS analysis: quality assesment, IGS Central Bureau (Ed.), IGS Technical Report 2000, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, 51-59.

- Herring, T. A., King, R. ve Floyd, M., 2013. Installing GAMIT/GLOBK. MIT. URL adres: geoweb.mit.edu/~simon/gtgk/.../Unav13_GG_install.pptx. Erişim tarihi: 22.03.2018.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A. ve McClusky, S. C., 2015. Introduction to GAMIT/GLOBK. Release 10.6. URL adres: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/Intro_GG.pdf. Erişim tarihi: 22.03.2018.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., ve McClusky, S. C., 2015. GAMIT reference manual. URL adres: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/Intro_GG.pdf. Erişim tarihi: 22.03.2018.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., ve McClusky, S. C., 2015. GLOBK reference manual. URL adres: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/GLOBK_Ref.pdf. Erişim tarihi: 22.03.2018.
- Hooper, A., Bekaert, D., Hussain, E. ve Spaans, K., 2018. StaMPS/Manual, Version 4.1b, School of Environment, University of Leeds, LS2 9JT Leeds, UK.
- Hooper, A., Bekaert, D., Spaans, K. ve Arıkan, M., 2012. Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation, Tectonophysics, 514-517, 1-13.
- Kaftan, İ., 2010. Batı Türkiye katalog verilerinin yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi, Doktora Tezi, DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Karaman, E., 2006. Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları, Gelişim Yayınevi, Ankara.
- Karimzadeh, S. ve Ahmadi, F. F., 2013. Using advanced space-borne radar technology for detection and measurement of land subsidence and interseismic slip rates, the case study: nw Iran, Studies in Surveying and Mapping Science, 1, 1, 1-9.
- Kasapoğlu, K.E. ve Toksöz M.N., 1983, Tectonic consequences of the collision of the Arabian and Eurasian Plates: finite element models, Tectonophysics, 100, 71-95.
- Ketin, İ., 1969, Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler, İTÜ., Maden Fakültesi, İstanbul.
- Kibici, Y., 2005. Deprem, AKÜ Yayınları, No:59, Afyonkarahisar.
- Kiratzı, A. A. ve Papazachos, C. B., 1995. Active crustal deformation of North and East Anatolian fault zones, Tectonophysics, 243, 1-24.
- Köksal, E., 2011. Yüzey deformasyonlarının diferansiyel insar tekniği ile belirlenmesi: İsmetpaşa örneği, Doktora Tezi, BEÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

- Küçük, M., 2004. Dalgacık dönüşümü tekniği kullanılarak akım serilerinin modellenmesi, Doktora Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mao, A., Harrison, C. G. A. ve Dixon, T. H., 1999. Noise in GPS coordinate time series. *Journal of Geophysical Research*, 104, B2, 2797-2818.
- Maraş, S.S., 2010. Web tabanlı otomatik GPS veri işleme sistemi tasarımı, Doktora Tezi, SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Meulenkamp, J. E. , Wortel, W. J. R. , Van Wamel, W. A. , Spakman, W. ve Hoogerduyn, S.E., 1988. On the hellenic subduction zone and geodynamic evolution of crete since the late middle miocene, *Tectonophysics*, 146, 203-215.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K. ve Kahle, H., 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern mediterranean and caucasus. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105, 5695–5719.
- McKenzie, D., 1972. Active tectonics of the Mediterranean Region, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 2, 109-185.
- MTA, 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası Ölçek 1:1250000, Özel yayın serisi-30, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Nikolaidis, R., 2002, Observation of geodetic and seismic deformation with the global positioning system, Doktora Tezi, Universty of California, 2002.
- Okat, S. 2007. Büyük Menderes Grabeni tortul kalınlığının jeofizik yöntemlerle araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ., İZMİR.
- Oktar, O., 2015, Sabit GNSS istasyonları davranışlarının dalgacık dönüşümü ile tanımlanması, Yüksek Lisans Tezi, ASÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Orhan, O., 2018. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile muhtemel obruk alanlarının belirlenmesi, Doktora Tezi, SÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özalaybey, S., Ergin, M., Aktar, M., Tapırdamaz, C., Biçmen, F. ve Yörük, A., 2002. The 1999 İzmit earthquake sequence in Turkey: Seismological and tectonic aspects, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 1, 376-386.
- Özbey, V., 2017. Orta Marmara fayının kinematığının GPS ölçmeleriyle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Paton, S.M., 1992. The relationship between extension and volcanism in western TURKEY, the Aegean Sea and central Greece, Doktora Tezi, Cambridge University.

- Polikar, R., 1996. The engineer's ultimate guide to wavelet analysis and operation, Taylor and Francis, Raton.
- Poutanen, M., Koivula, H. ve Ollikainen, M., 2001. On the periodicity of GPS time series, Proceedings of the IAG 2001 Scientific Assembly, Vistas for Geodesy in the New Millennium, Budapest, Hungary, 4, 2-7.
- Poyraz, F., 2009. Kuzey Anadolu Fay Zonu doğu kesiminde yatay yer kabuğu hareketleri ve gerilme birikiminin araştırılması, Doktora Tezi, YTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Poyraz, F., Hastaoğlu, K. Ö. ve Demirel, M., 2016. Gediz grabeninin doğu kesimindeki tektonik hareketlerin ENVISAT radar görüntülerini kullanarak araştırılması, 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 19-21 Ekim, YTÜ., İstanbul.
- Qiao, F., 2005. Introduction to wavelet, A tutorial in workshop on wavelet application in transportation engineering.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, İ., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, Journal Of Geophysical Research, 111, 1978-2012.
- Salas, J. D., Delleur, J. W., Yevjevich, V. ve Lane, W. L., 1980. Applied modeling of hydrologic time series, Water Resources Publications, Littleton, Colorado, USA, 484.
- Seyitoglu, G. ve Scott, B.C., 1992. The age of the Büyük Menderes Graben (West Turkey) and its tectonic implications, Geological Magazine, 129, 239-242.
- Seyitoglu, G. ve Scott, B.C., 1996. The age of the Alasehir Graben (West Turkey) and its tectonic implications, Geological Journal, 31, 1-11.
- Scherneck, H. G., Johansson, J. M., Mitrovica, J. X. ve Davies, J. L., 1998. The BIFROST Project: GPS determined 3-D displacement rates in Fennoscandia from 800 days of continuous observations in the SWEPOS network. Tectonophysics, 294, 3-4, 305-321.
- Scherneck, H. G., Johansson, J. M., Elgered, G., Davis, J. L., Jonsson, B., Hedling, G., Koivula, H., Ollikainen, M., Poutanen, M., Vermeer, M., Mitrovica, J. X. ve Milne, G. A., 2002. BIFROST: Observing the three-dimensional deformation of Fennoscandia, Ice sheets sea level and dynamic earth, Geodynamic Series, American Geophysical Union, Washington, D.C., 29, 69-93.
- Simav, Ö., Demir, C., Simav, M. ve Yıldız, H., 2006. Sabit GPS istasyonları koordinat zaman serilerinin analizi, Harita Dergisi, 136, 1-15.

- Solak, H.İ., 2015. GNSS hızları ile güneybatı anadolu'daki gerinim alanlarının zamansal değişimi, Yüksek Lisans Tezi, AKÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Sözbilir, H., 1989. Büyük Menderes Grabeni Sultanhisar-Kuyucak (Aydın) arasının jeotekniği, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Straub, C., 1996. Recent crustal deformation and strain accumulation in the Marmara Sea Region, N.W. Anatolia, Inferred from GPS Measurements, Doktora Tezi, ETH Zürich, Switzerland.
- Sümer, Ö., 2013. Pliyo-kuvaterner söke-milet havzasının oluşumu, Doktora Tezi, DEÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Şahin, 2004. Gediz grabeninden büyük menderes grabenine sismik anoloji ve büyük menderes grabeninin sismik yorumu, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Şanlı, D. U., 2002. GPS zaman serilerinin analizi ve Türkiye için değerlendirmeler, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2002 Yılı Bilimsel Toplantısı, Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, İzmir, Bildiriler ve Konuşma Tutanakları Kitabı, 216-225.
- Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian transform fault : Its age, ofset and tectonic significance, Journal of the Geological Society, London, 13, 268-282.
- Şengör, A.M.C., 1980. Mesozoic-Senozoic tectonic evolution of Anatolia and surrounding regions, Bureau de Recherches Geologique et Minieres Bulletin, France, 115-117.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Subgurlu, O., 1985. Tectonics of the Mediterranean cimmerides: Nature and evolution of the western termination of paleo-tethys, In: Robertson, A.H.F.-Dixon, J. E. , The Geological evolution of the Eastern Mediterranean , Geological Society, London, Special Publications, 17, 77-112.
- Şengör, A.M.C., 1987. Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: Examples from Western Turkey, In: Coward, M.P. , Dewey, J.F.-Hancock, P.L. , Continental Extensional Tectonics , Geological Society, London, Special Publications, 28, 575-589.
- Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Pichon, X.L. ve Rangin, C., 2005. The North Anatolian Fault: A New Look, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 33, 37-112.
- Taymaz, T., Jackson, J. ve McKenzie, D., 1991. Active tectonic of North and Central Aegean Sea, Geophysical Journal International, Oxford University Press, 106, 2, 433-490.

- Tiryakioğlu, İ., 2012. GNSS ölçüleri ile Güneybatı Anadolu'daki (GBA) blok hareketleri ve gerilim alanlarının belirlenmesi, Doktora Tezi, YTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tonkaz, T., 2002. Güneydoğu Anadolu projesi alanında günlük ortalama sıcaklıkların stokastik modellenmesi ve ters uzaklık yöntemiyle alansal dağılımının haritalanması, Doktora Tezi, ÇÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tutkun, S.Z, Özer, M.F., Doğan, B., Kavak, K.Ş. ve Özden, S., 1999. 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi'ni Oluşturan Aktif Yüzey Kırığının Jeolejik İncelenmesi, TMMOB Jeoleji Mühendisleri Odası, Haber Bülteni, Ankara.
- Türesin, F. M., 2019. Büyük Menderes Grabenine ait sismik kesitlerin yapısal yorumu, Yüksek Lisans Tezi, AÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tüysüz, O., 1999. Yeryuvarının iç yapısı, depremler ve Türkiye, Ders notları, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tüysüz, O. ve Genç, C., 1999. Geological factors controlling the distribution of damage during the 17th August and 12th November 1999 Earthquakes, International Conference on The Kocaeli Earthquake, Kocaeli, Turkey.
- Uzel T., Eren K., Gülal E., Dindar A.A., Tiryakioğlu İ. ve Yılmaz H., 2011. TUSAGA-Aktif (CORS-TR) verileri ile tektonik plaka hareketlerinin izlenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13.Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Wdowinski, S., Bock, Y., Zhang, J., Fang, P. ve Genrich, J., 1997. Southern California permanent GPS geodetic array: spatial filtering of daily positions for estimating coeismic and postseismic displacements induced by the 1992 Landers earthquake. Journal of Geophysical Research, 102, 18057-18070.
- Weiss, J.R., Walters, R.J., Morishita, Y., Wright, T.J., Lazecky, M., Wang, H., Hussain, E., Hooper, A.J, Elliot, J.R., Rollins, C., Yu, C., González, P.J., Spaans, K., Li, Z. ve Parsons, B., 2020. High-resolution surface velocities and strain for Anatolia from Sentinel-1 InSAR and GNSS data. Geophysical Research Letters.
- Worden, K., Allen, D. W., Sohn, H., Stinematers, D. ve Farrar, C. R., 2002. Extreme value statistics for damage detection in mechanical structures, Los Alamos National Laboratory Report, LA-13903-MS.
- Xu, G., 2007. GPS Theory, Algorithms and Applications, Springer, Berlin.
- Yalvaç, S., 2016, Konya kapalı havzasında düşey yönlü zemin hareketlerinin GNSS zaman serileri yardımıyla belirlenmesi, Doktora Tezi, SÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yang, Y., He, H. ve Xu, T., 1999. Adaptively robust filtering for kinematic geodetic positioning, Journal of Geodesy, 75, 109-116.

Yavaşoğlu, H., 2003. Kuzey Anadolu Fayının orta bölümünün kinematığının 2001 ve 2002 GPS ölçmeleri ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yavaşoğlu, H., 2009, Kuzey Anadolu fayının orta Anadolu bölümündeki güncel tektonik aktivitenin jeodezik yöntemler ve elastik yarı uzay modelleme ile belirlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yönlü, Ö., 2008. Büyük Menderes Grabeninin batı kesiminin morfotektonik özellikleri ve tarihsel deprem aktivitesi, Yüksek Lisans Tezi, ESOĞÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

URL-1<<http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/index.htm>> Erişim tarihi: 20.03.2018.

URL-2<ftp://chandler.mit.edu/updates/documentation/GAMIT_prerequisites.pdf> Erişim tarihi: 20.03.2018.

URL-3<http://atlas.selcuk.edu.tr/1205301/GNSS_TUM.pdf> Erişim tarihi: 21.03.2018.

URL-4<<https://prezi.com/ra9gr8t33idb/ege-graben-sistemi/>> Erişim tarihi: 26.03.2018.

URL-5< <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>> Erişim tarihi: 05.05.2020.

URL-6<<https://www.afad.gov.tr/tr/4379/Deprem-Nedir>> Erişim tarihi: 27.08.2018.

URL-7<<https://deprem.afad.gov.tr/depremdetay?eventID=405585>> Erişim tarihi: 27.08.2018.

URL-8<<https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>> Erişim tarihi: 28.08.2018.

URL-9<<https://tr.wikipedia.org/wiki/Deprem>> Erişim tarihi: 28.08.2018.

URL-10<<http://www.icisleriafad.gov.tr/dprem-nedir>> Erişim tarihi: 28.08.2018.

URL-11<<http://www.jeofizikmuhendisleri.com/etiket/volkanik.deprem>> Erişim tarihi: 06.09.2018.

URL-12<<http://www.cografya.gen.tr/egitim/fiziki/yerin-ic-yapisi.htm>> Erişim tarihi: 05.01.2019.

URL-13<http://www.platetectonics.com/book/page_2.asp> Erişim tarihi: 08.01.2019.

URL-14<<https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.html>> Erişim tarihi: 13.01.2019.

URL-15< <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>> Erişim tarihi: 08.09.2019.

URL-16< <https://depem.afad.gov.tr/depemkatalogu>> Erişim tarihi: 18.08.2019.

URL_17<http://kisi.deu.edu.tr/hamdi.emec/UygEko/ZAMAN_SERI_ANALIZIND_E_TEMEL_KAVRAMLAR.pdf> Erişim tarihi: 26.02.2020.

URL-18<<https://en.wikipedia.org/wiki/Radar>> Erişim tarihi: 17.01.2020.

URL-19<<https://site.tre-altamira.com/insar/>> Erişim tarihi: 04.01.2020.

URL-20<<https://www.skygeo.com/insar-technical-background/>> Erişim tarihi: 04.01.2020.

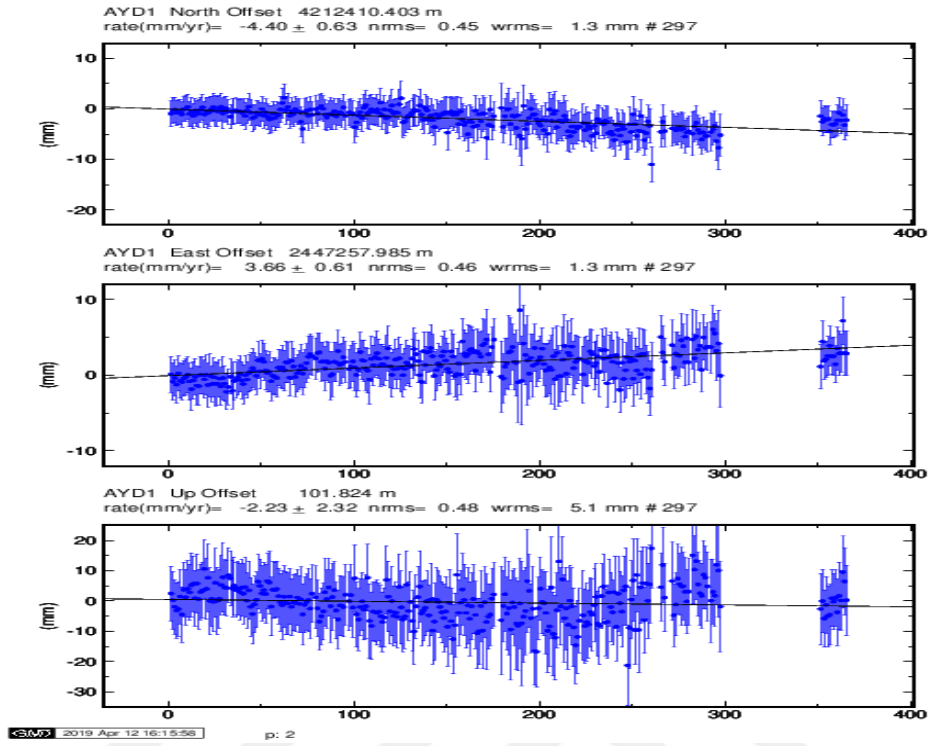
URL-21<<http://www.izmir.bel.tr/izmirdepem/>> Erişim tarihi: 25.04.2020.

URL-22<<https://www.dunyaatlasi.com/dunyanin-buyuk-tektunik-plakalari>> Erişim tarihi: 01.05.2020.

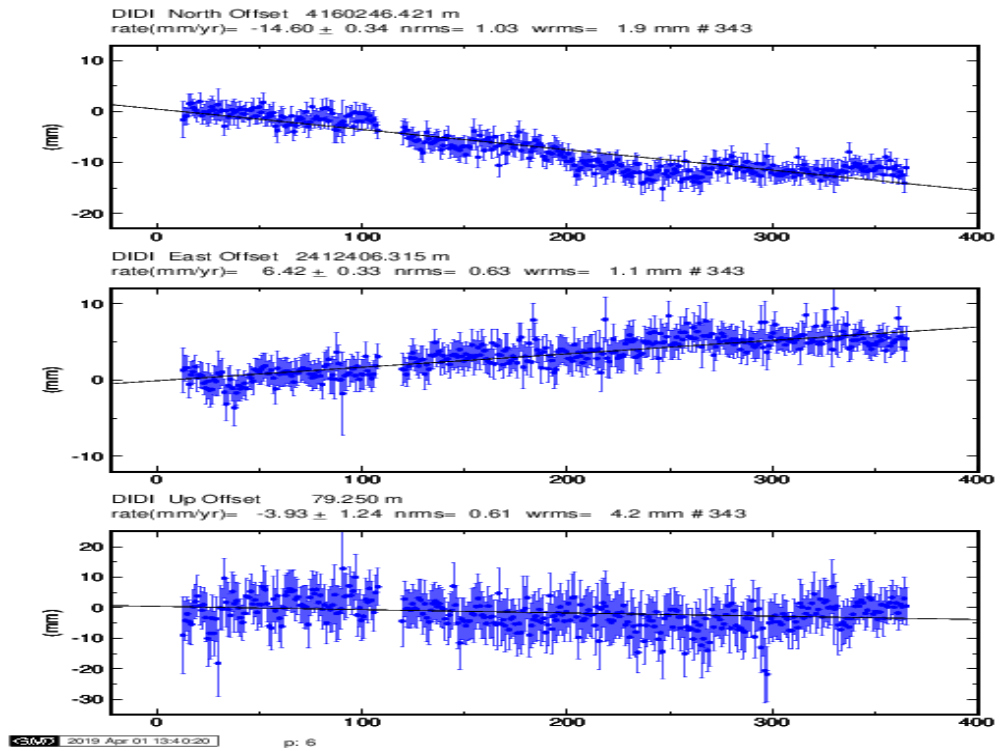
URL-23<<https://www.fenokulu.net/yeni/yazdir.php?id=178&tip=1>> Erişim tarihi: 27.06.2020.

EKLER

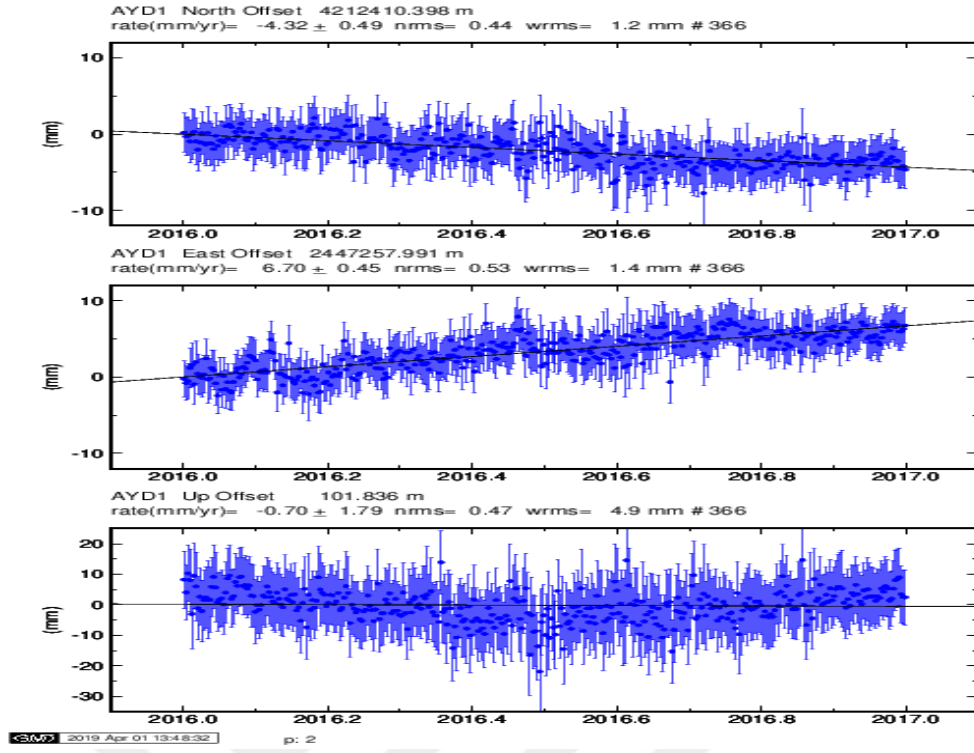
Ek A. GAMIT/GLOBK



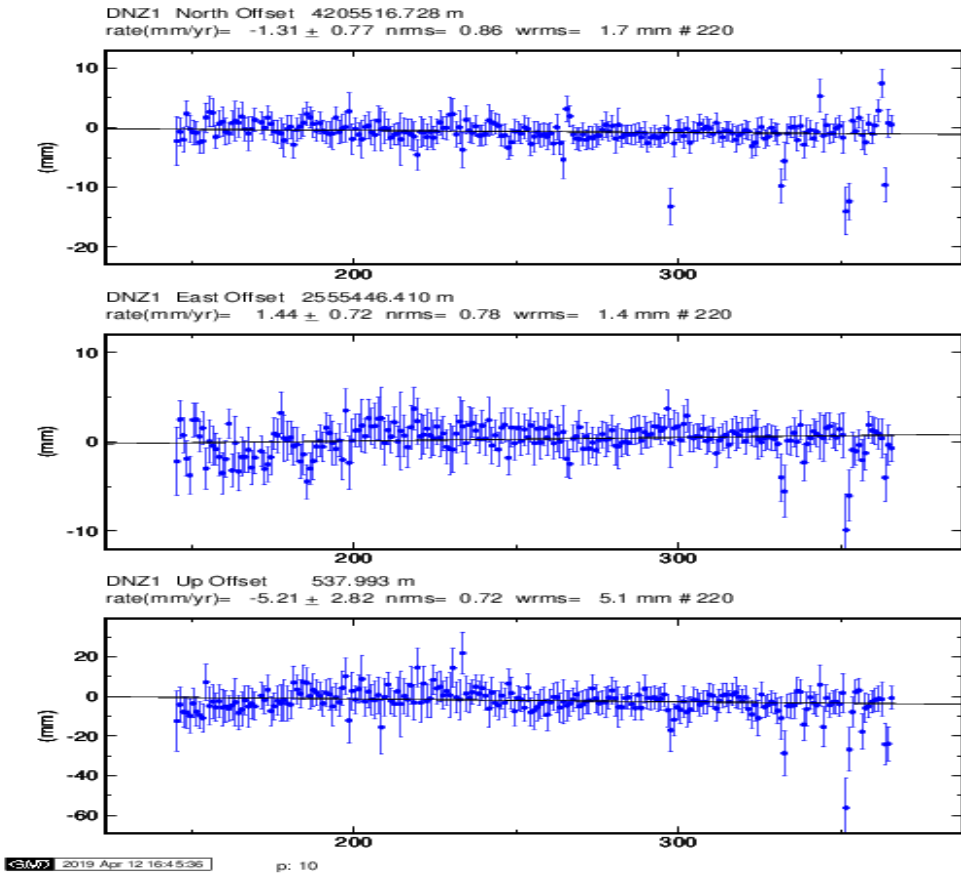
Şekil A.1. AYD1 istasyonu 2014 yılı günlük tekrarlılık.



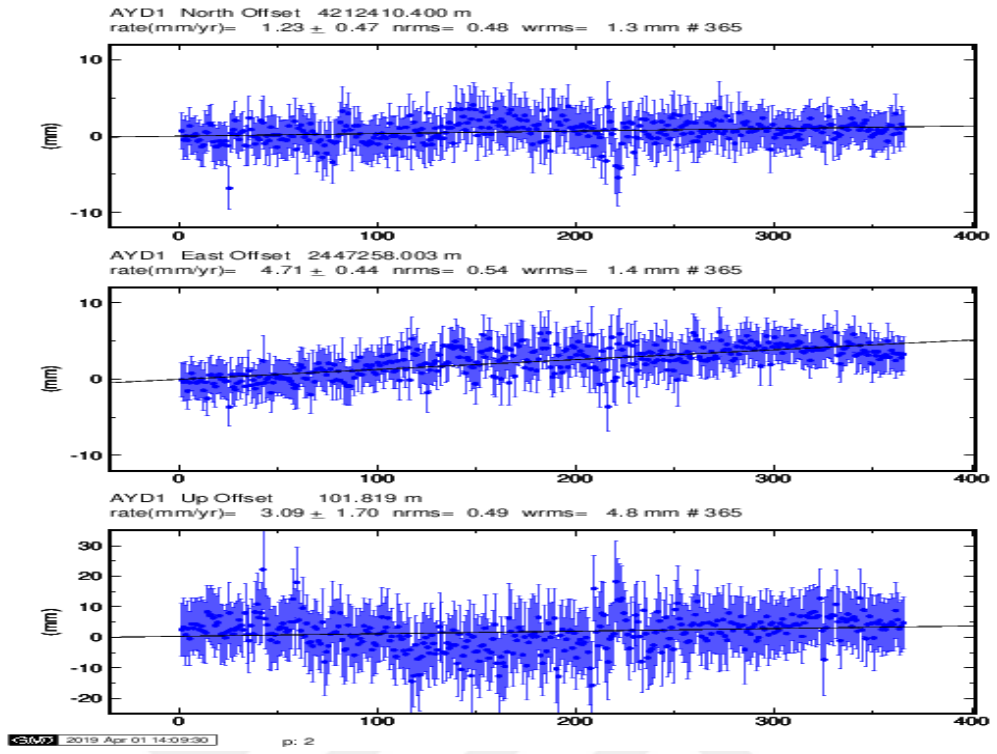
Şekil A.2. DIDI istasyonu 2015 yılı günlük tekrarlılık.



Şekil A.3. AYD1 istasyonu 2016 yılı günlük tekrarlılık.



Şekil A.4. DNZ1 istasyonu 2017 yılı günlük tekrarlılık.



Şekil A.5. AYD1 istasyonu 2018 yılı günlük tekrarlılık.

Ek B. Zaman Serileri Analizi

AYD1 Sonuçlar

Kuzey, ARMA(1,3)

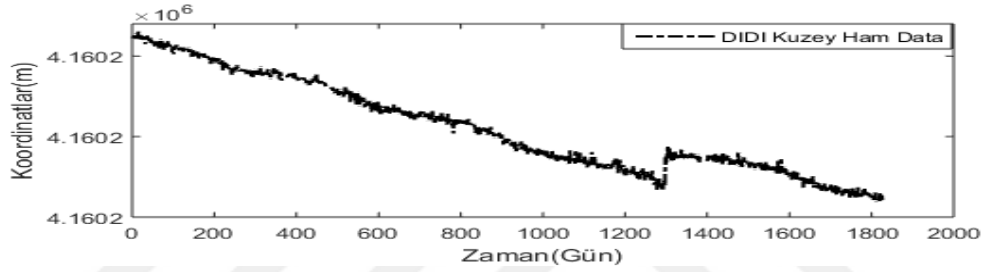
$$y(t)=0.849y(t-1)-0.5833e(t-1)-0.06285e(t-2)-0.05083e(t-3)+e(t)$$

Doğu, ARMA(1,1)

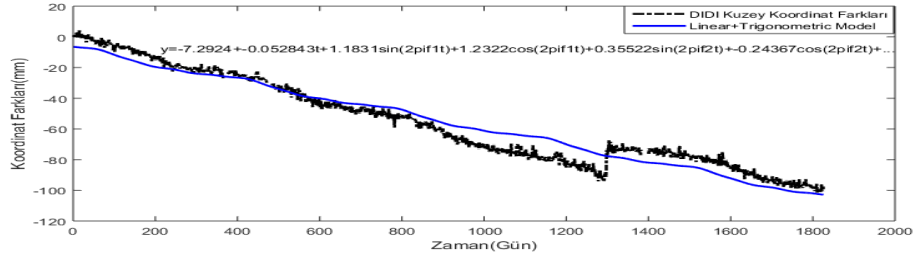
$$y(t)=0.3457y(t-1)-0.2337e(t-1)+e(t)$$

YükseklikARMA(8,8)

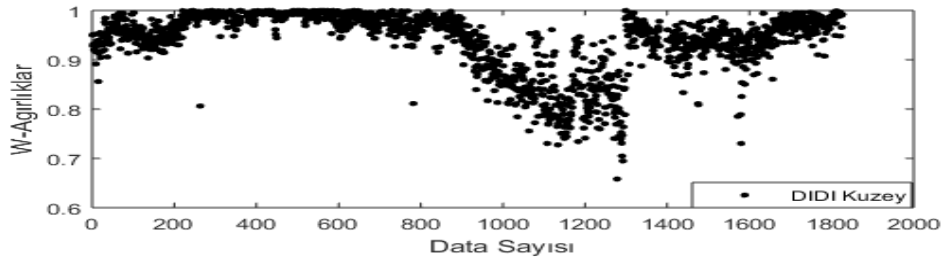
$$y(t)=-1.557y(t-1)-0.6728y(t-2)-0.1473y(t-3)-0.4698y(t-4)-0.8836y(t-5)-0.6217y(t-6)+0.4116y(t-7)+0.5719y(t-8)+1.679e(t-1)+0.8637e(t-2)+0.2633e(t-3)+0.5817e(t-4)+1.054e(t-5)+0.8072e(t-6)-0.2356e(t-7)-0.4892e(t-8)+e(t)$$



(a)

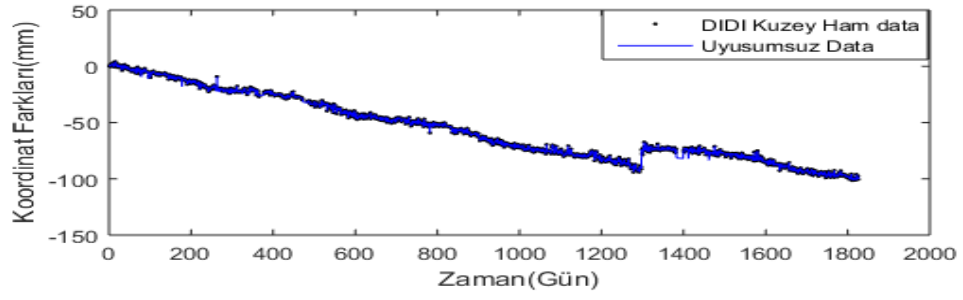


(b)

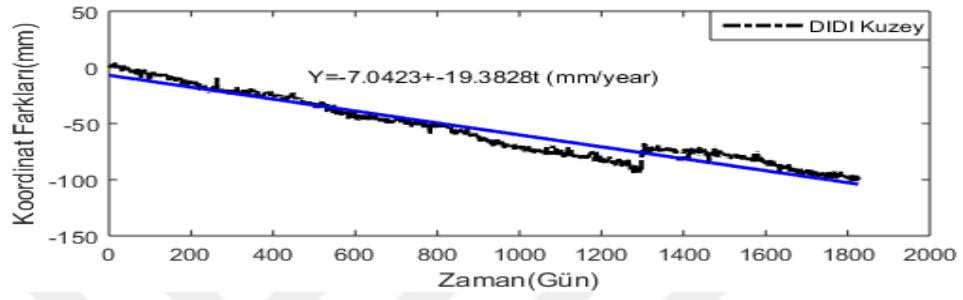


(c)

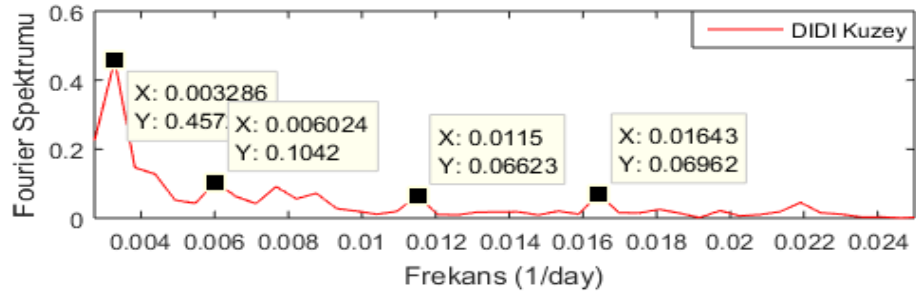
Şekil B.1. (a) DIDI kuzey zaman serisi, (b) DIDI kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI kuzey ağırlıklar.



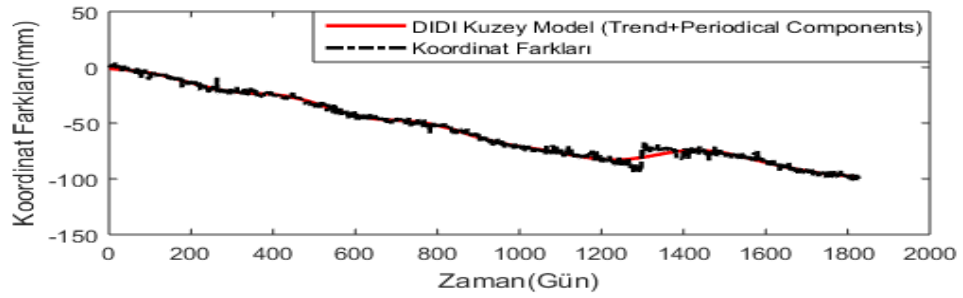
(a)



(b)

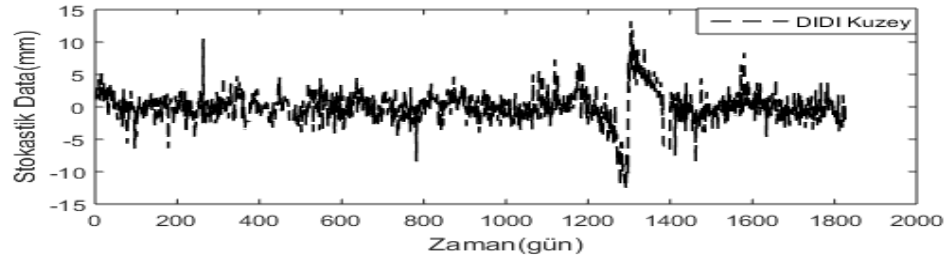


(c)

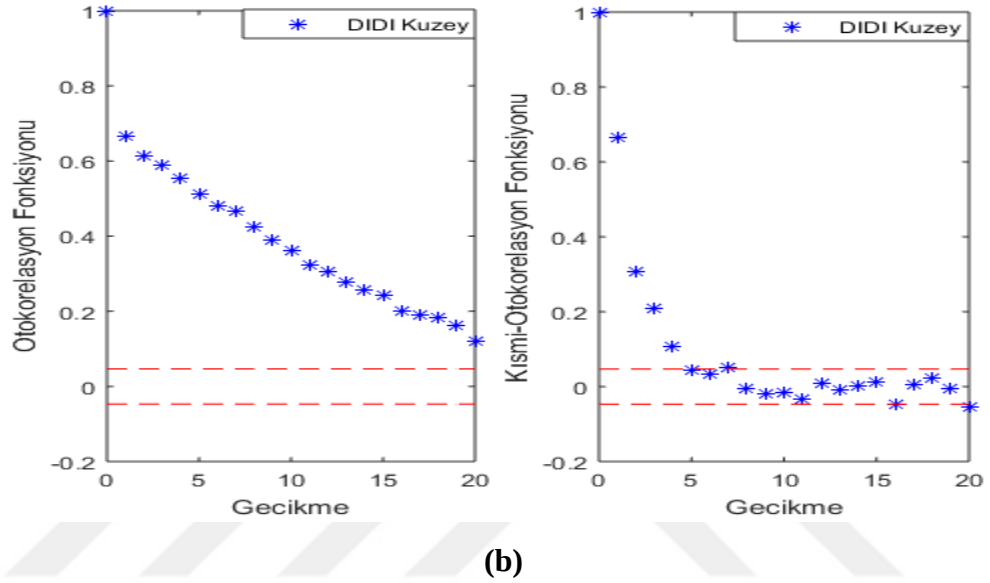


(d)

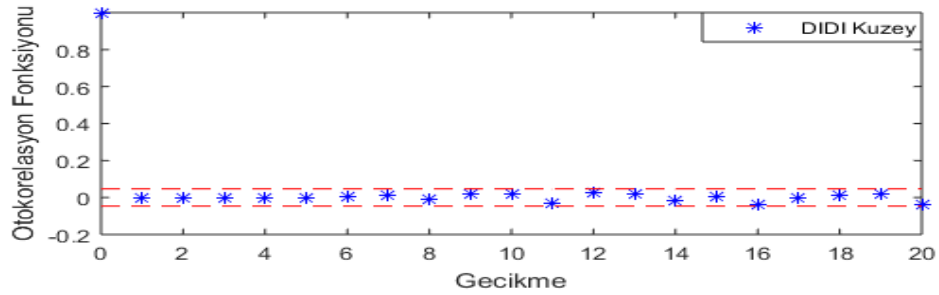
Şekil B.2. (a) DIDI kuzey uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data, (b) DIDI kuzey lineer modeli, (c) DIDI kuzey güç-frekans değişimleri, (d) DIDI kuzey model ve koordinat farkları.



(a)



(b)

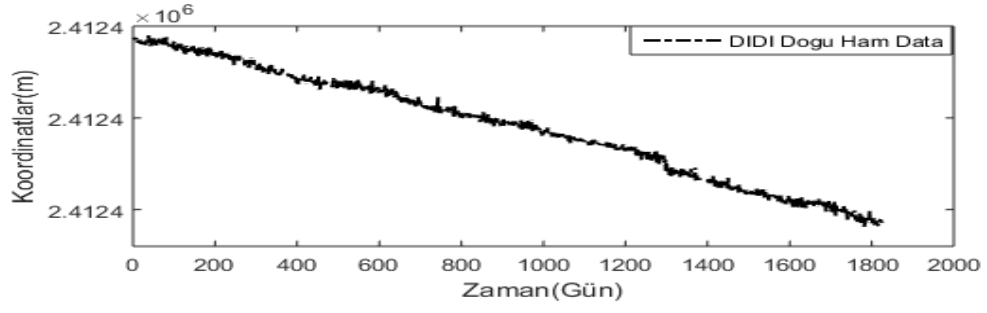


(c)

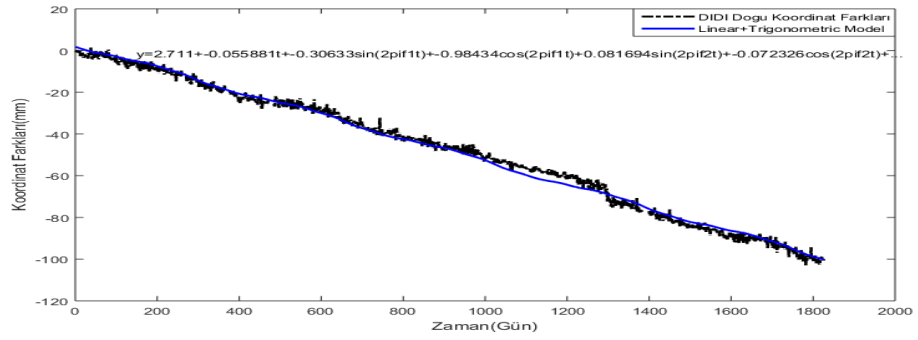
Şekil B.3. (a) DIDI kuzey stokastik bileşeni, (b) DIDI kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (c) DIDI kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(9,5)

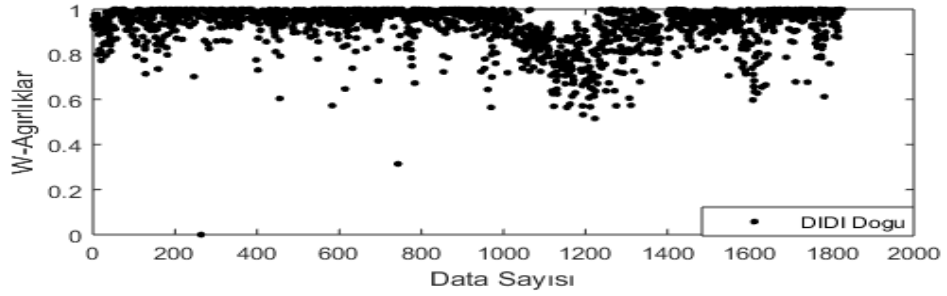
$$y(t) = 1.758y(t-1) - 2.088y(t-2) + 2.04y(t-3) - 1.582y(t-4) + 0.6829y(t-5) - 0.007298y(t-6) + 0.07671y(t-7) - 0.007465y(t-8) + 0.01142y(t-9) - 1.392e(t-1) + 1.757e(t-2) - 1.5(t-3) + 1.222e(t-4) - 0.3231e(t-5) + e(t)$$



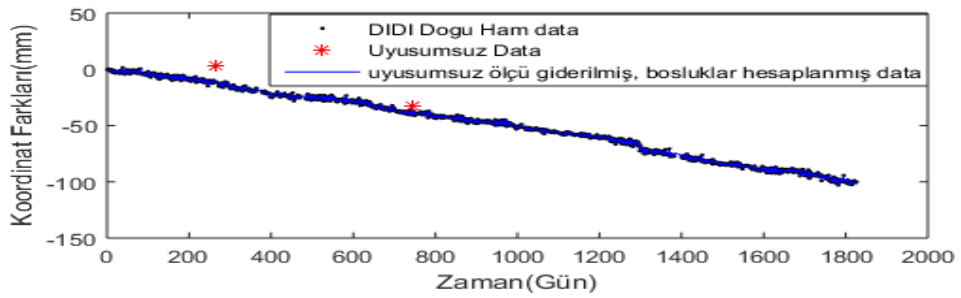
(a)



(b)

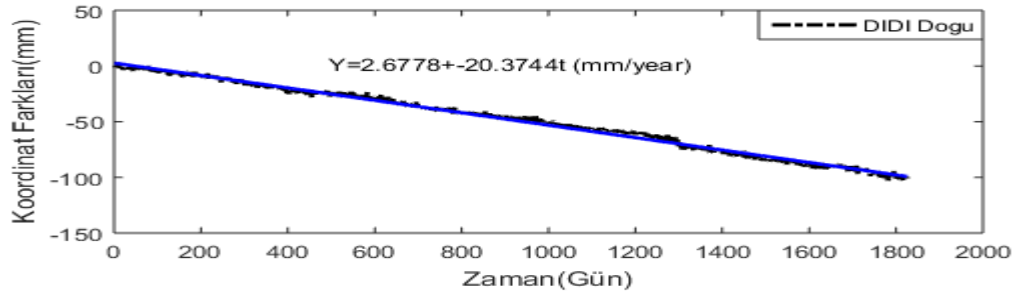


(c)

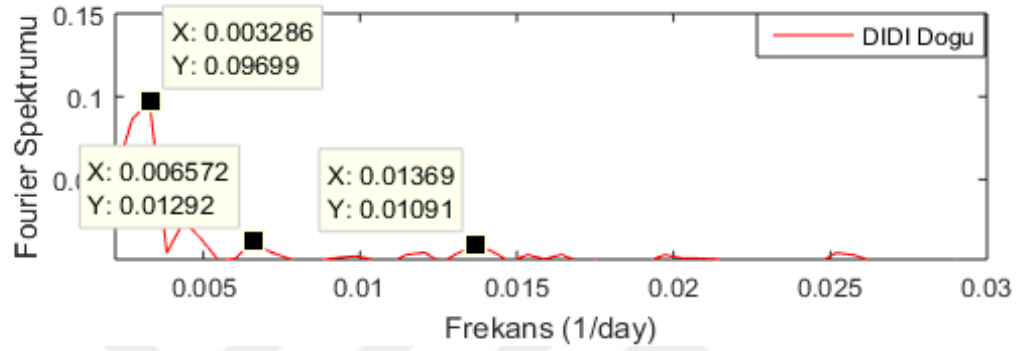


(d)

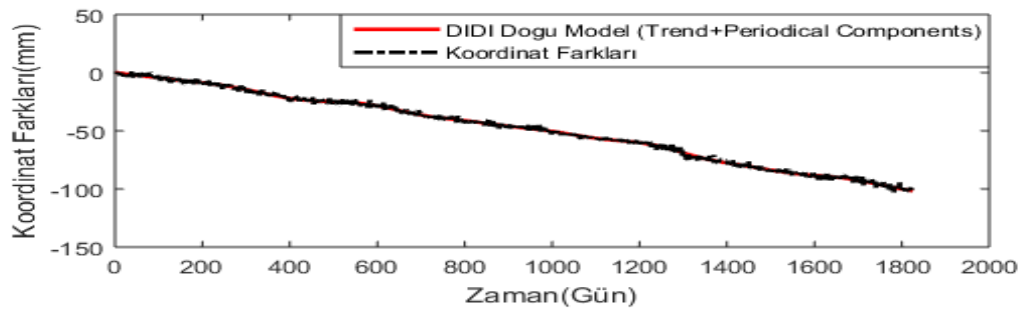
Şekil B.4. (a) DIDI doğu zaman serisi, (b) DIDI doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI doğu ağırlıklar, (d) DIDI doğu uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



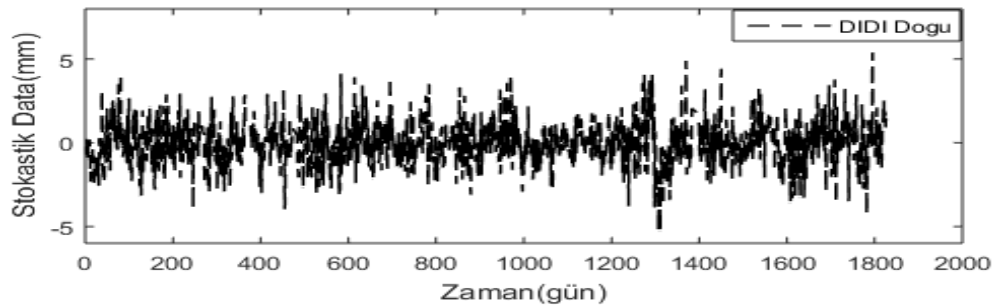
(a)



(b)

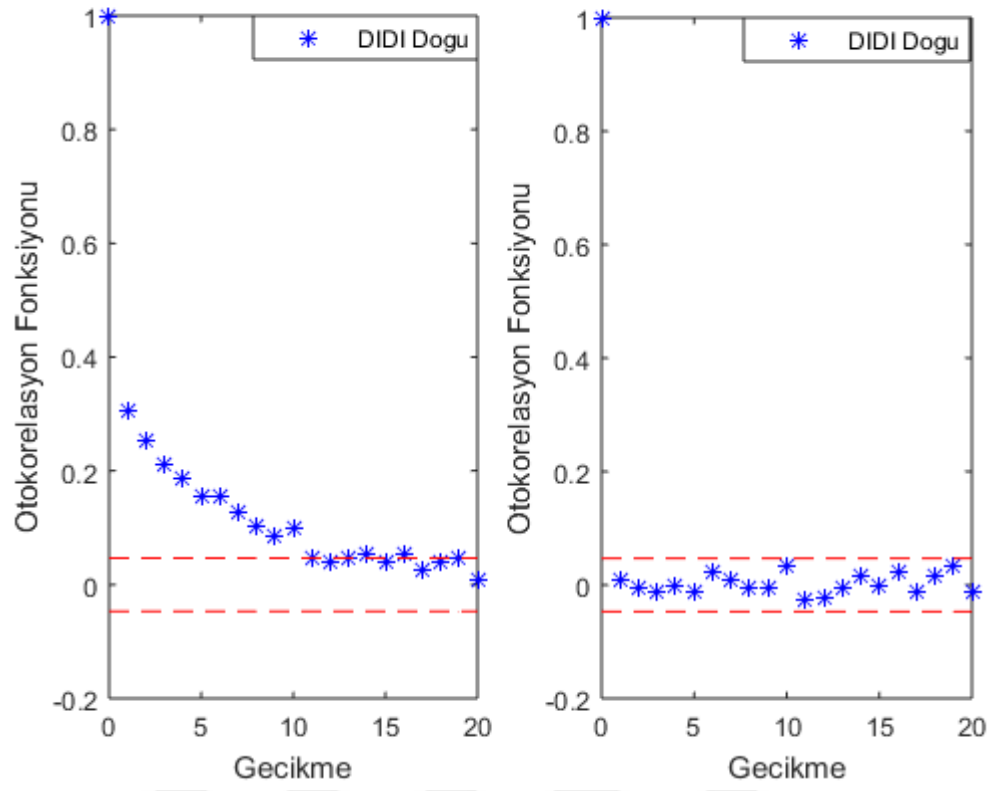


(c)

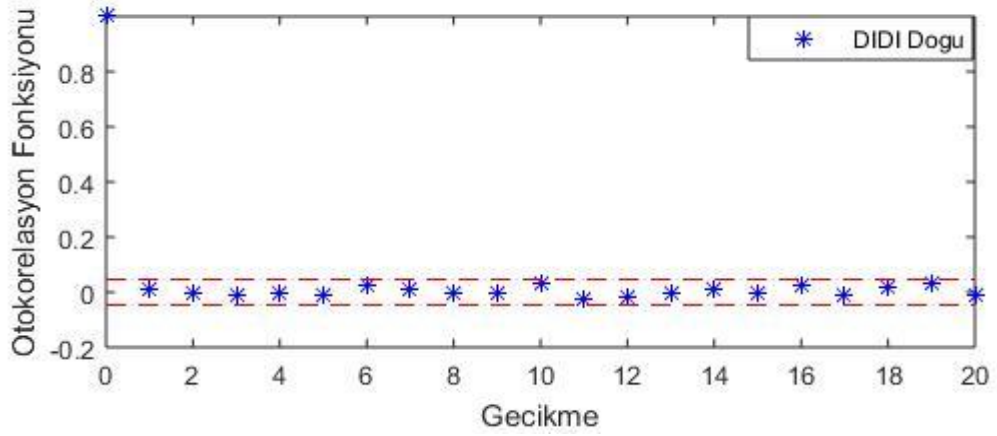


(d)

Şekil B.5. (a) DIDI doğu lineer modeli, (b) DIDI doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDI doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDI doğu stokastik bileşeni.



(a)

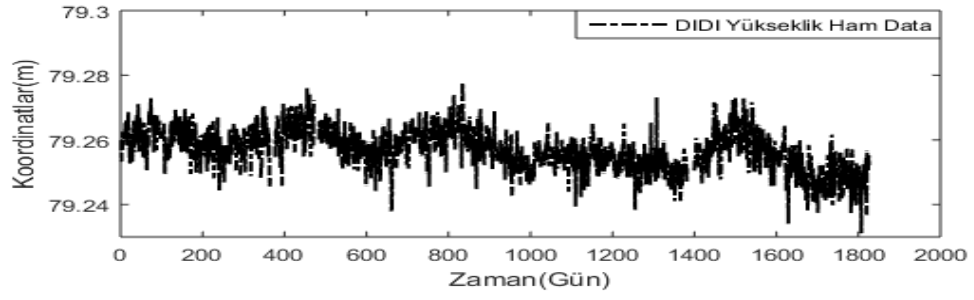


(b)

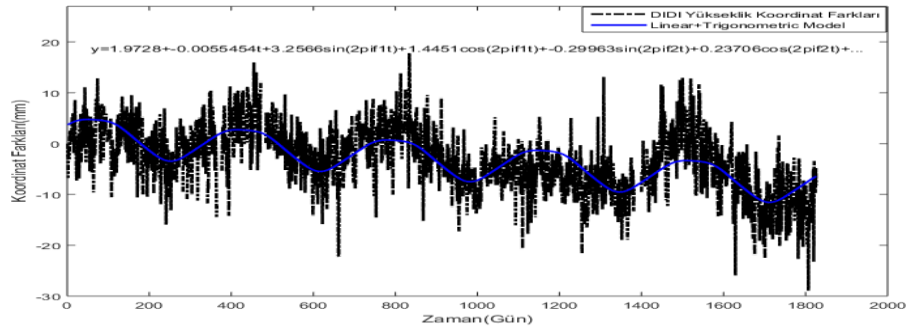
Şekil B.6. (a) DIDI doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(1,1)

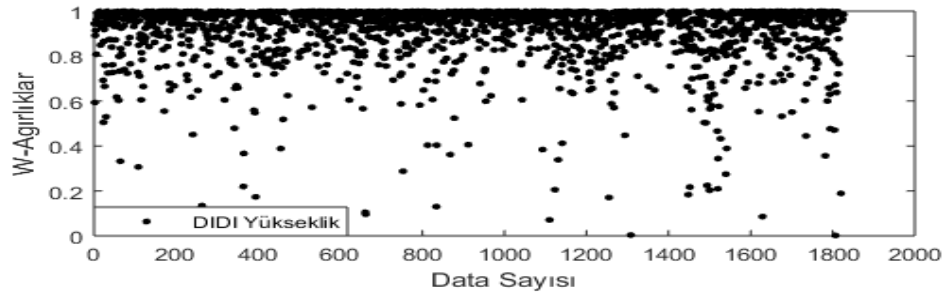
$$y(t)=0.8586y(t-1)-0.65e(t-1)+e(t)$$



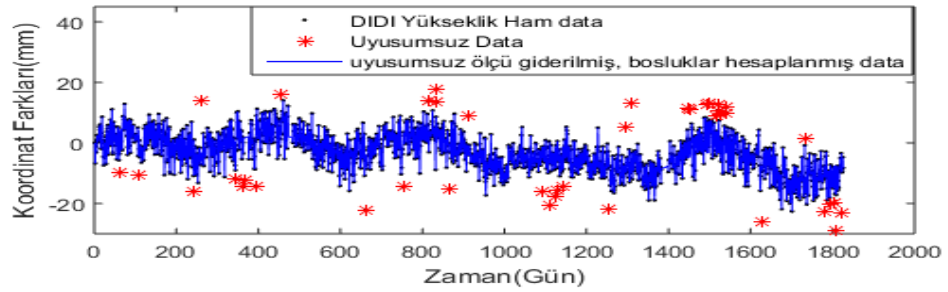
(a)



(b)

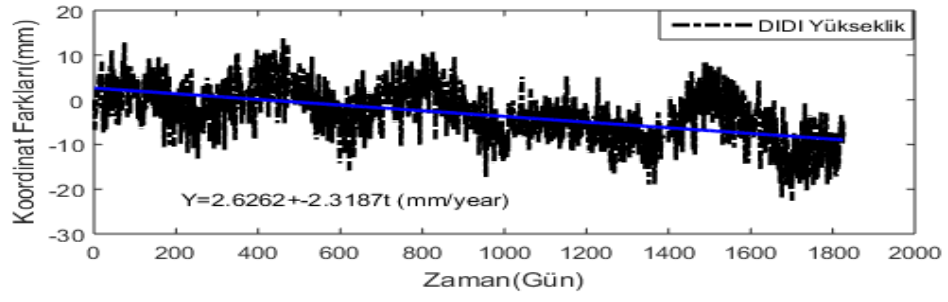


(c)

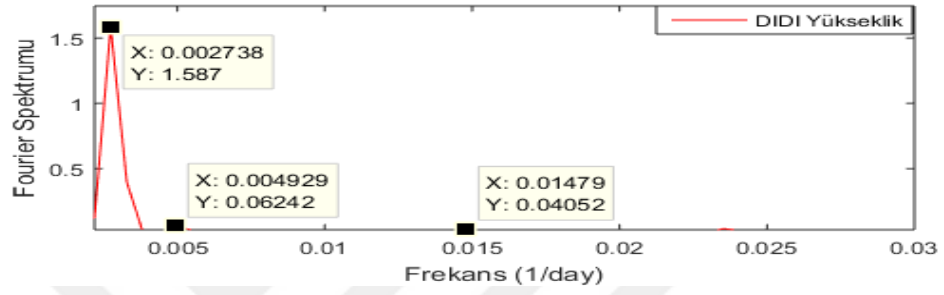


(d)

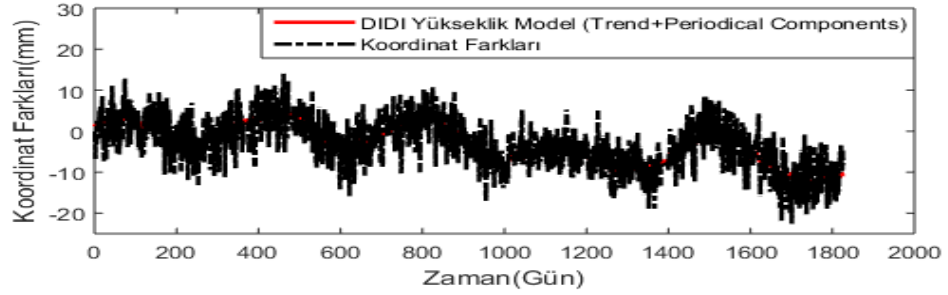
Şekil B.7. (a) DIDI yükseklik zaman serisi, (b) DIDI yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDI yükseklik ağırlıklar, (d) DIDI yükseklik uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



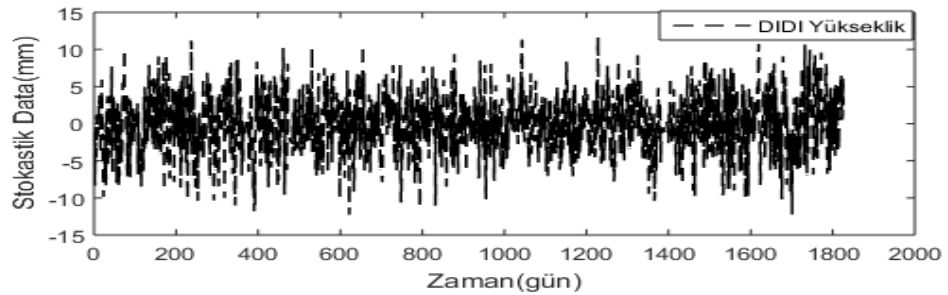
(a)



(b)

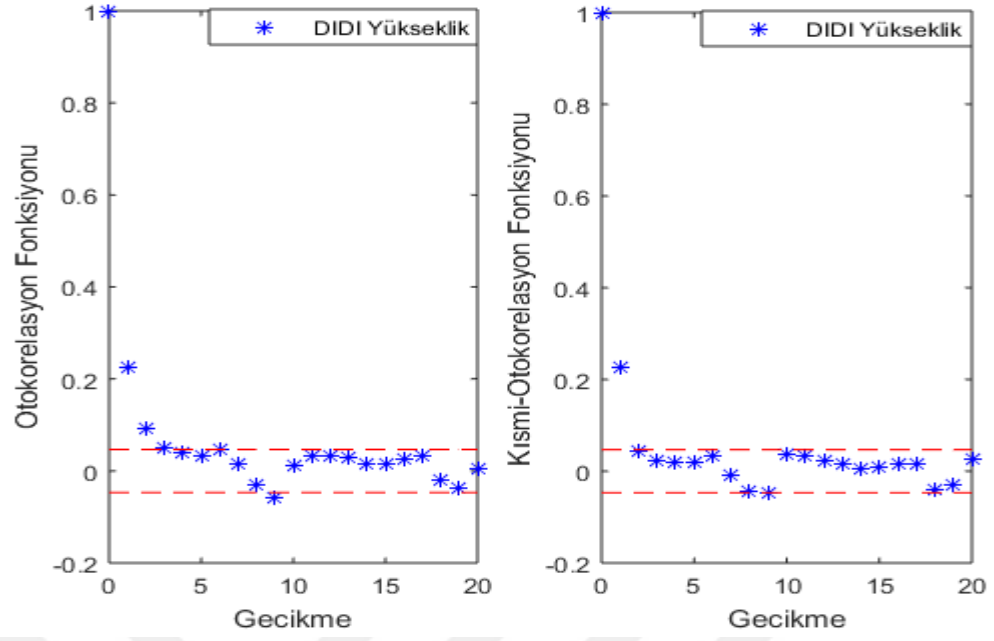


(c)

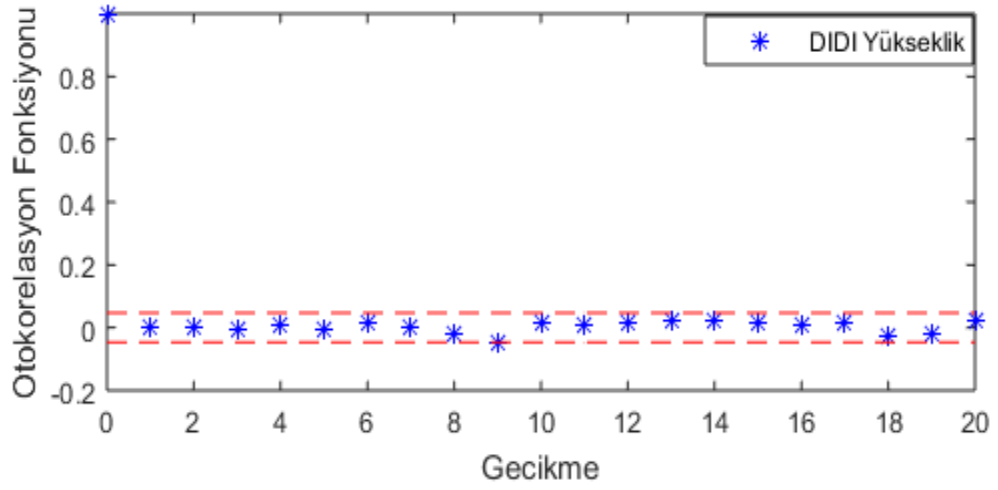


(d)

Şekil B.8. (a) DIDI yükseklik lineer modeli, (b) DIDI yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DIDI yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DIDI yükseklik stokastik bileşeni.



(a)

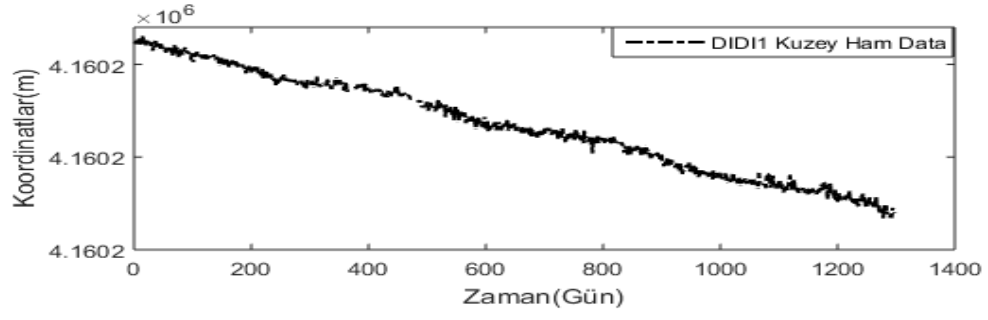


(b)

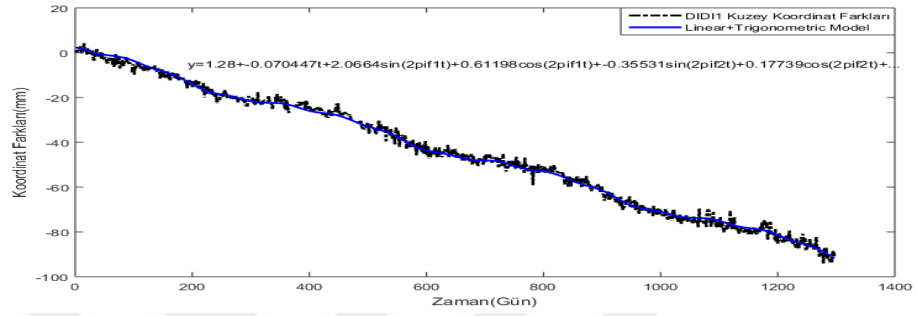
Şekil B.9. (a) DIDI yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(5,3)

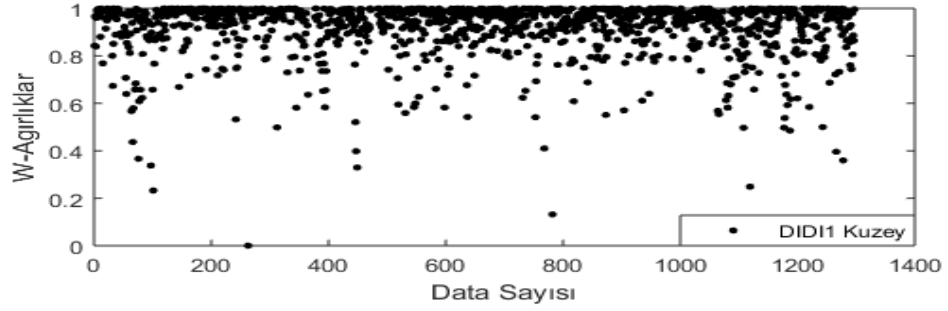
$$y(t) = 1.397y(t-1) - 1.518y(t-2) + 0.6992y(t-3) - 0.0643y(t-4) + 0.02209y(t-5) - 1.186e(t-1) + 1.311e(t-2) - 0.4477e(t-3) + e(t)$$



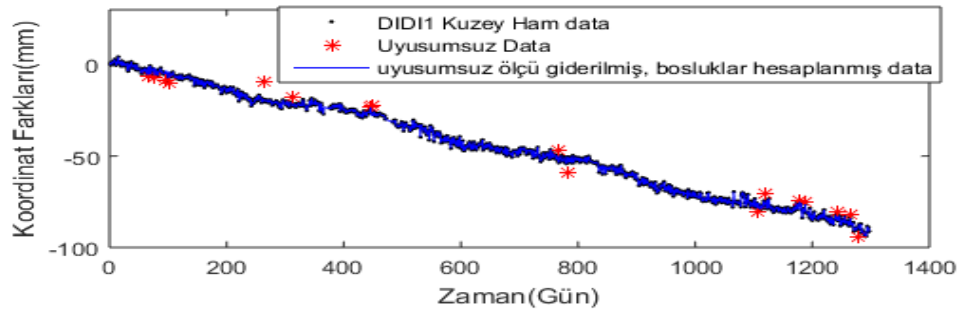
(a)



(b)

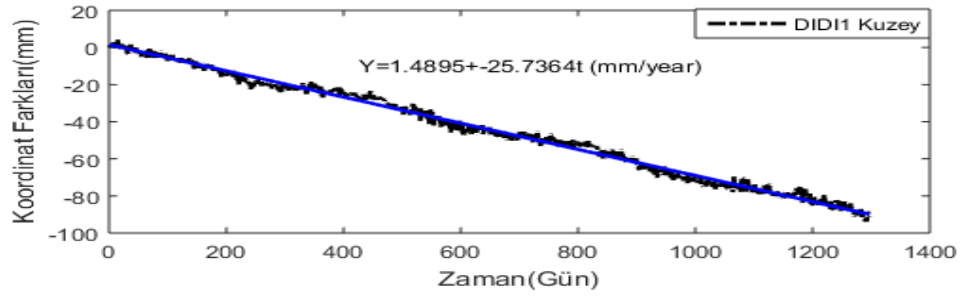


(c)

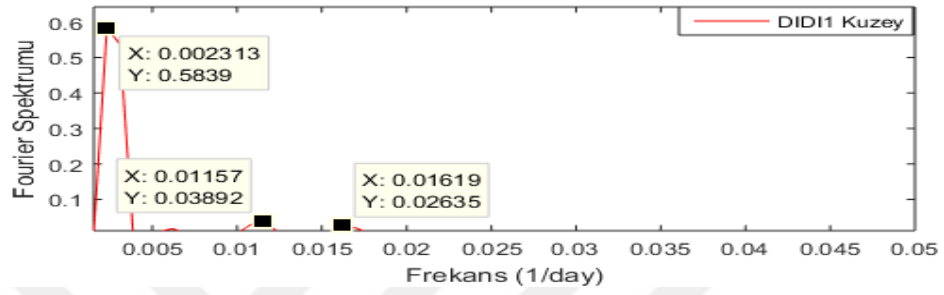


(d)

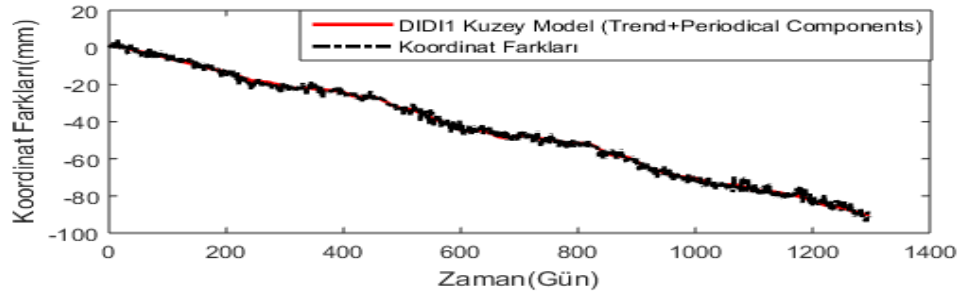
Şekil B.10. (a) DID11 kuzey zaman serisi, (b) DID11 kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DID11 kuzey ağırlıklar, (d) DID11 kuzey uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



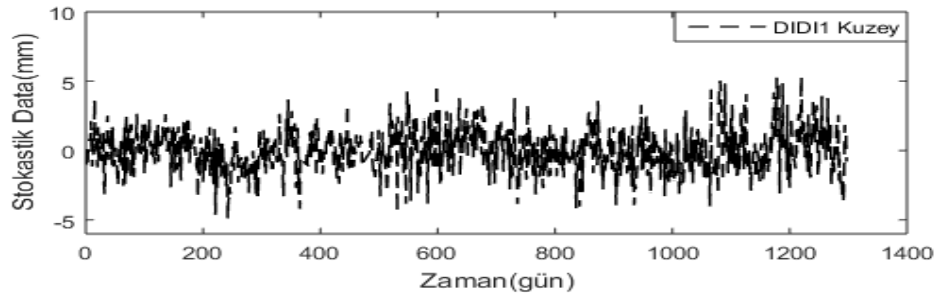
(a)



(b)

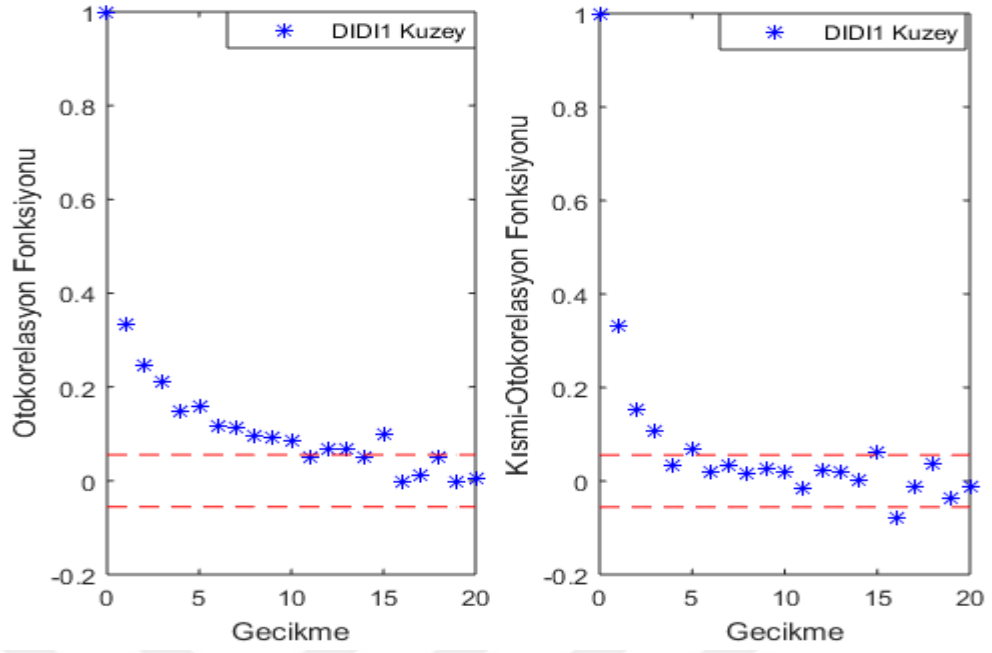


(c)

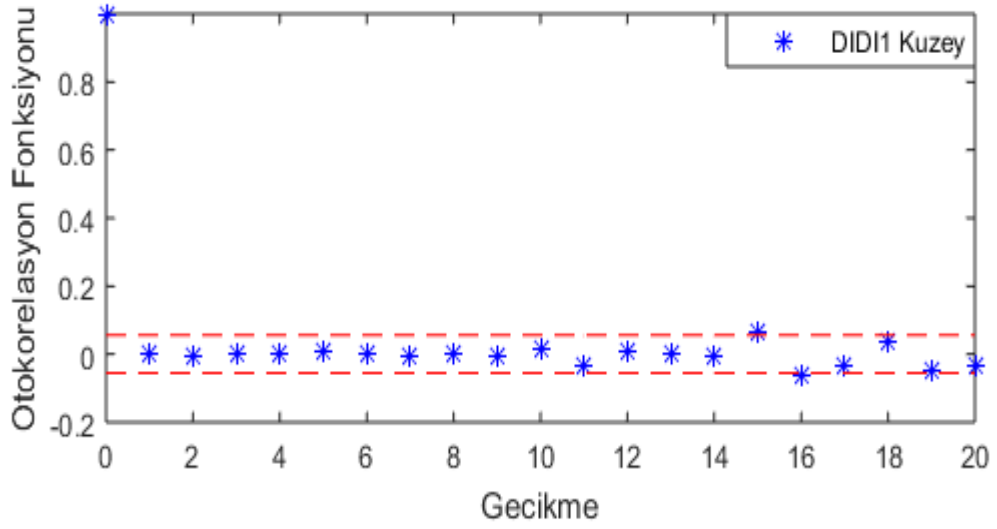


(d)

Şekil B.11. (a) DID11 kuzey lineer modeli, (b) DID11 kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DID11 kuzey model ve koordinat farkları, (d) DID11 kuzey stokastik bileşeni.



(a)

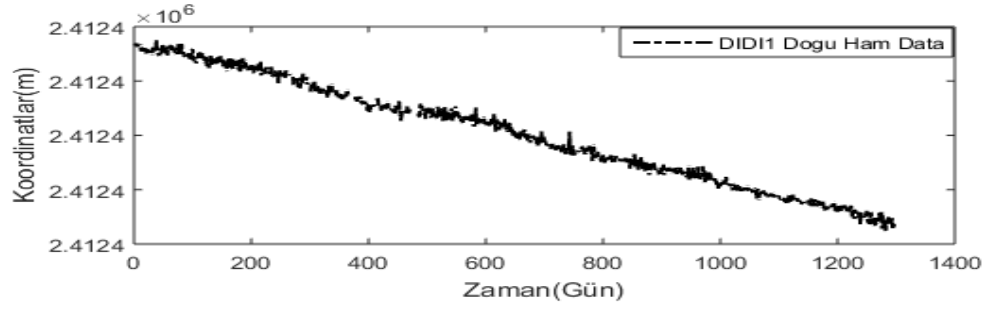


(b)

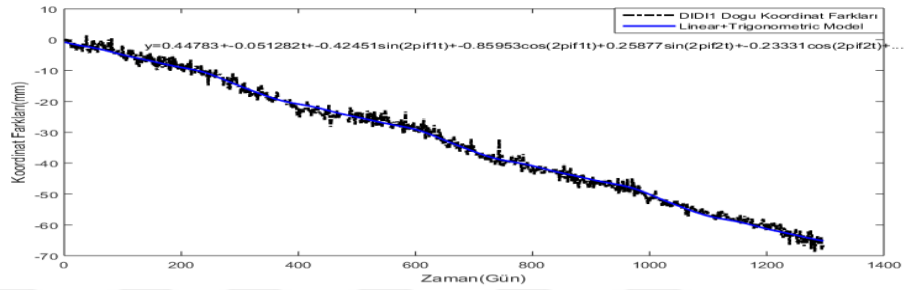
Şekil B.12. (a) DIDI1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, **(b)** DIDI1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(5,3)

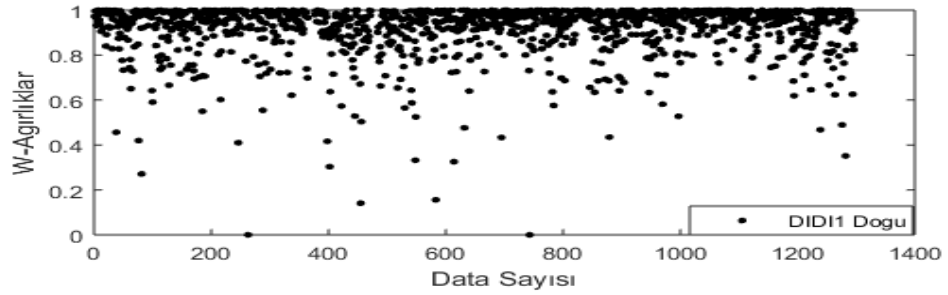
$$y(t) = -0.417y(t-1) + 1.022y(t-2) + 0.3895y(t-3) - 0.1276y(t-4) - 0.06092y(t-5) + 0.6809e(t-1) - 0.7417e(t-2) - 0.423e(t-3) + e(t)$$



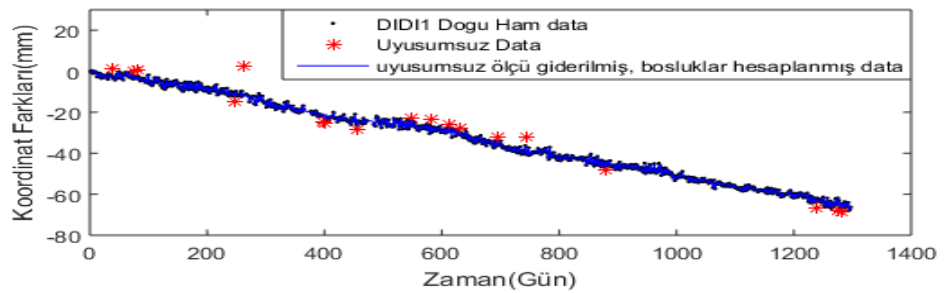
(a)



(b)

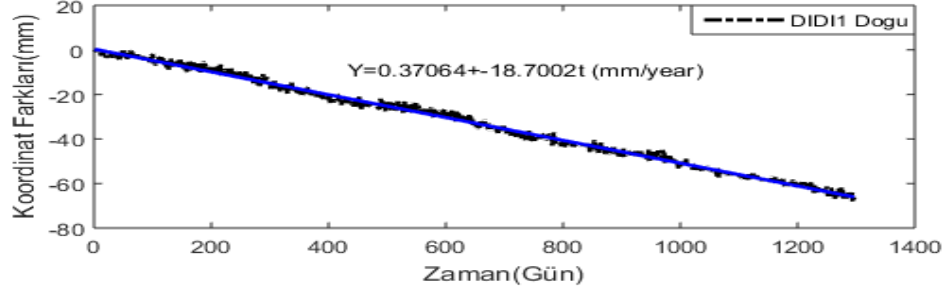


(c)

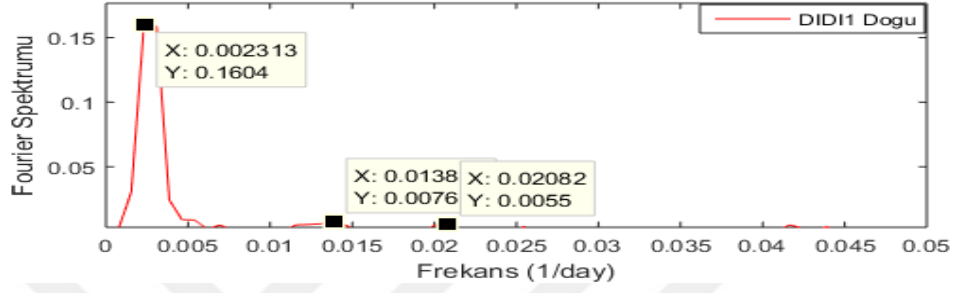


(d)

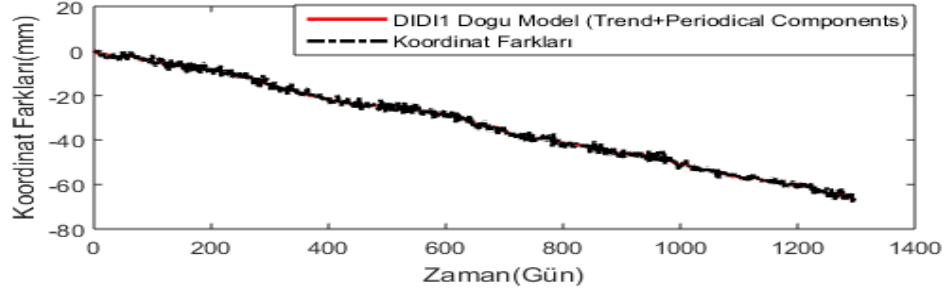
Şekil B.13. (a) DID11 doğu zaman serisi, (b) DID11 doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DID11 doğu ağırlıklar, (d) DID11 doğu uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



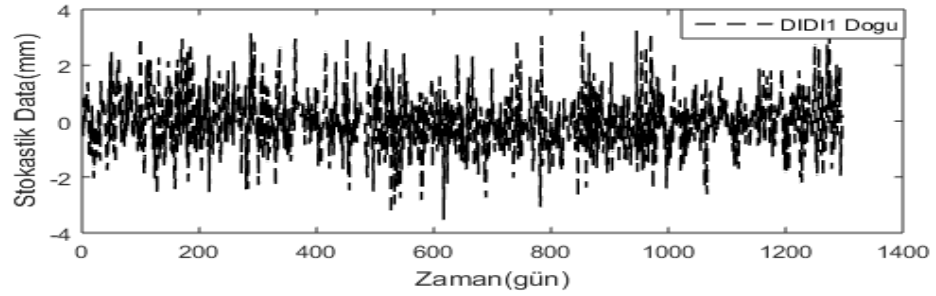
(a)



(b)

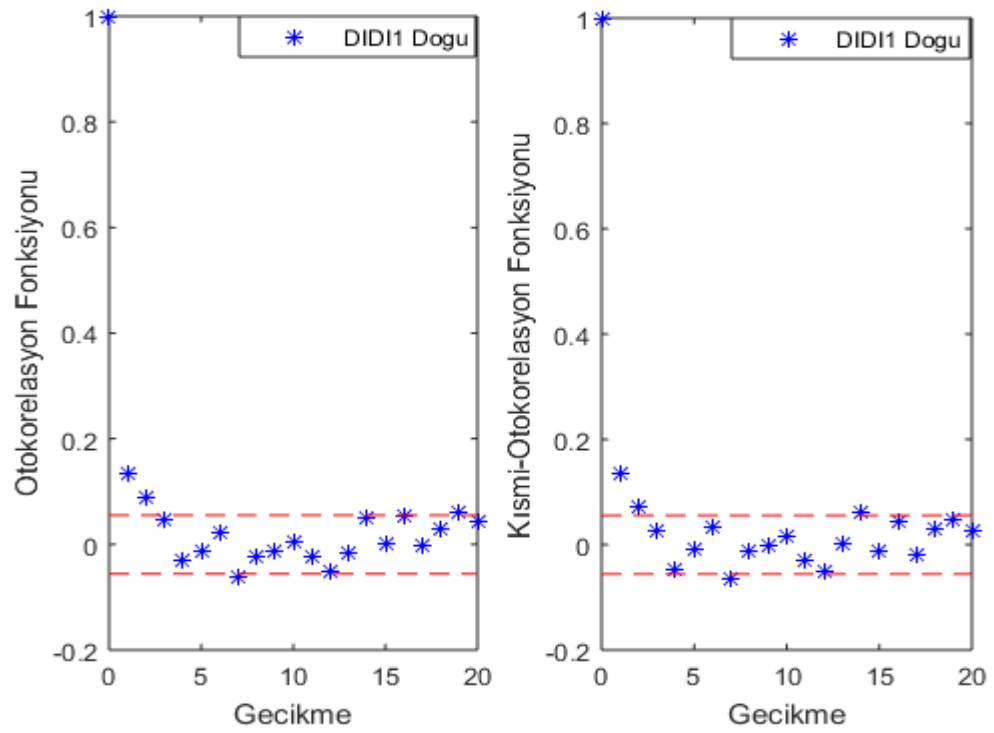


(c)

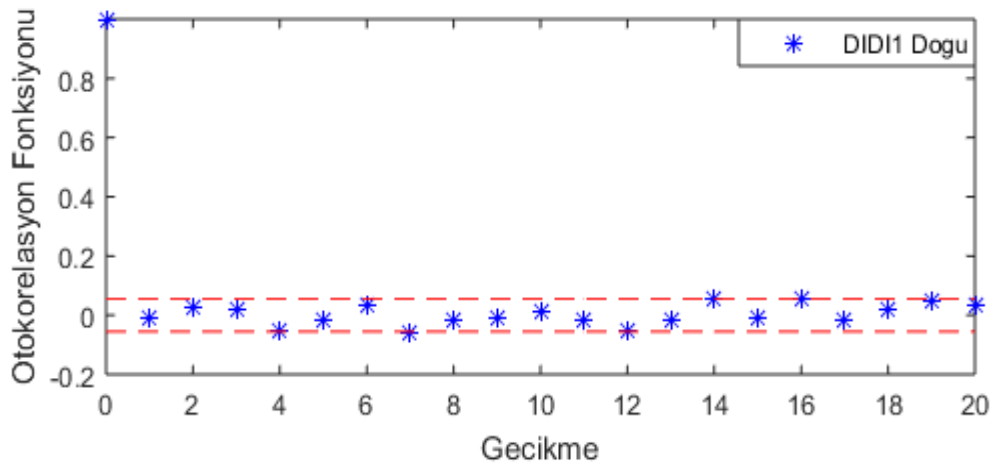


(d)

Şekil B.14. (a) DIDI1 doğu lineer modeli, (b) DIDI1 doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDI1 doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDI1 doğu stokastik bileşeni.



(a)

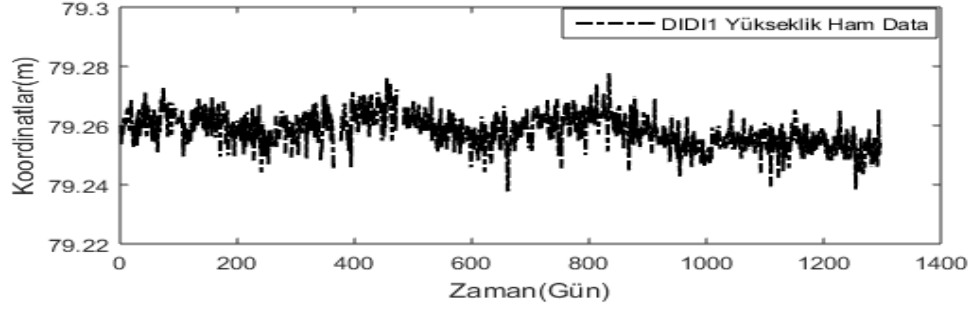


(b)

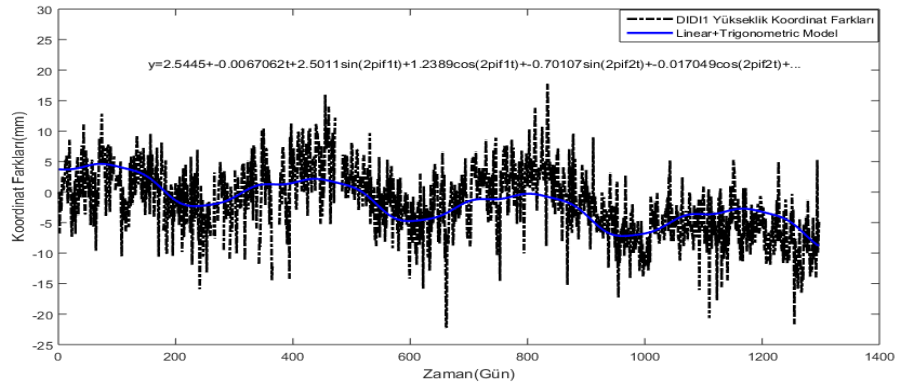
Şekil B.15. (a) DIDI1 doğru otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI1 doğru otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(1,1)

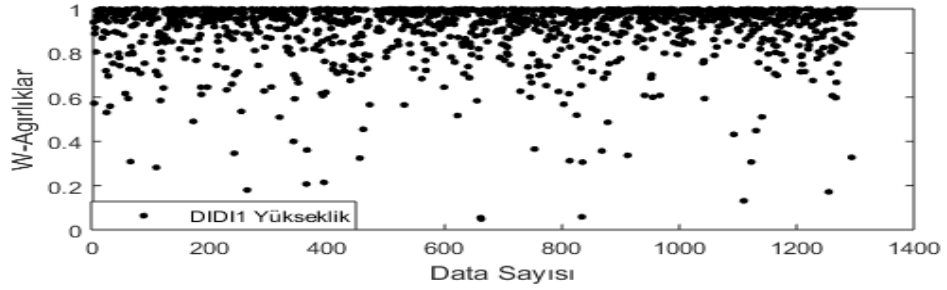
$$y(t)=0.4847y(t-1)-0.3518e(t-1)+e(t)$$



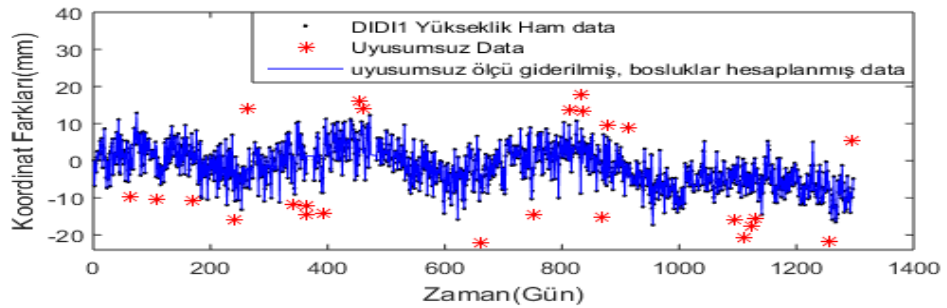
(a)



(b)

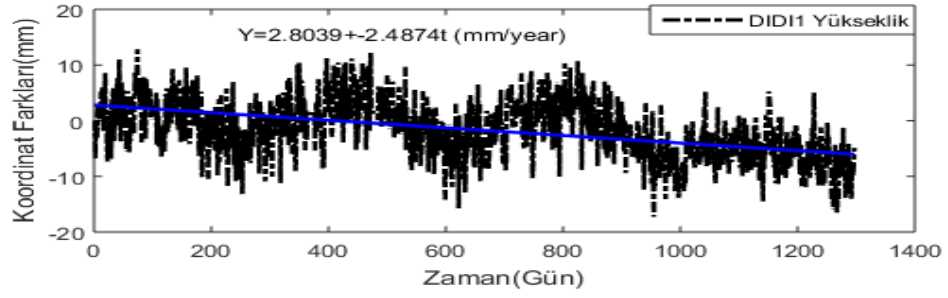


(c)

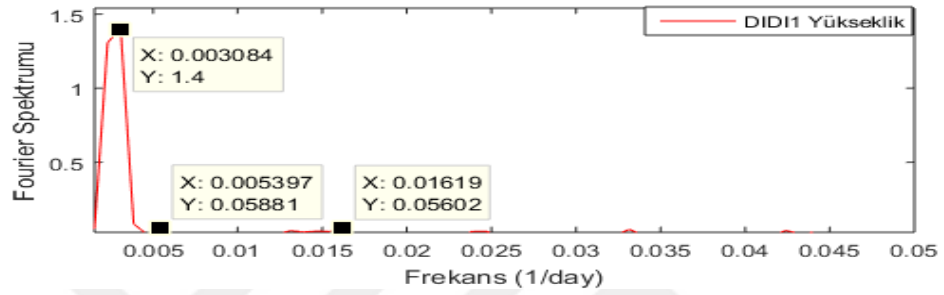


(d)

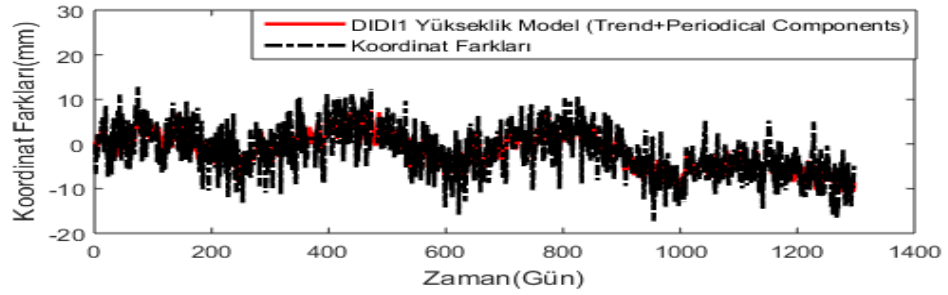
Şekil B.16. (a) DID11 yükseklik zaman serisi, (b) DID11 yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DID11 yükseklik ağırlıklar, (d) DID11 yükseklik uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



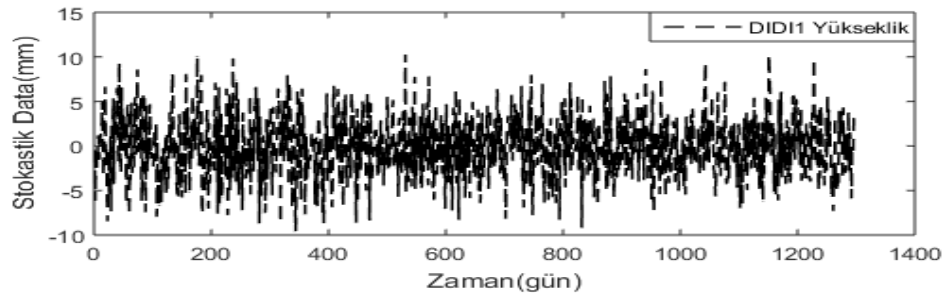
(a)



(b)

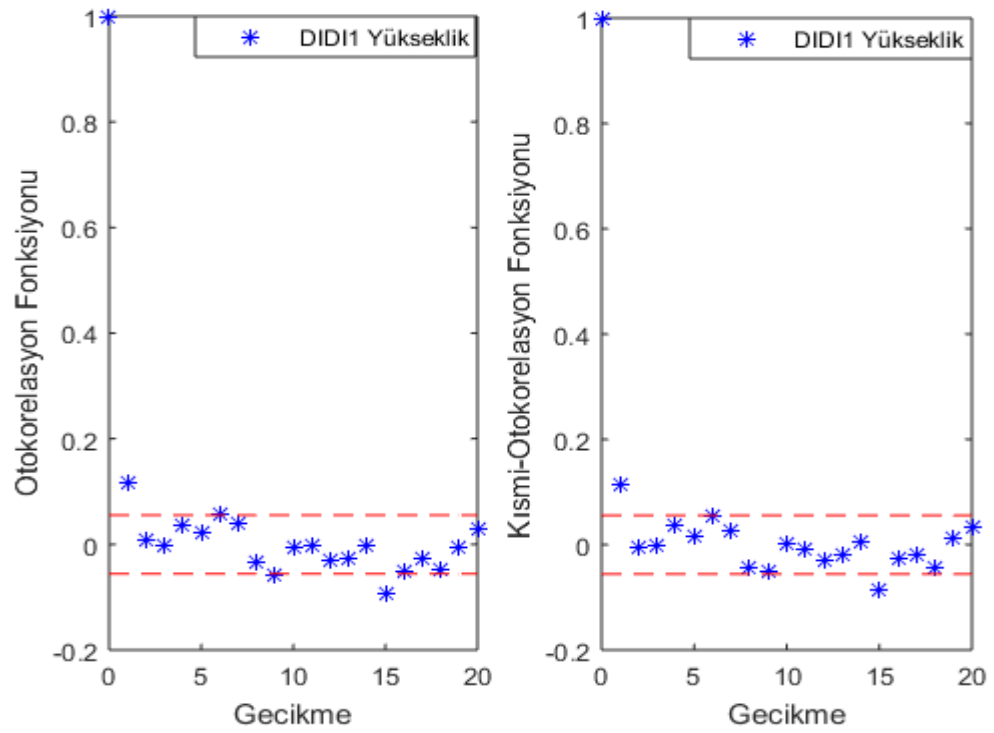


(c)

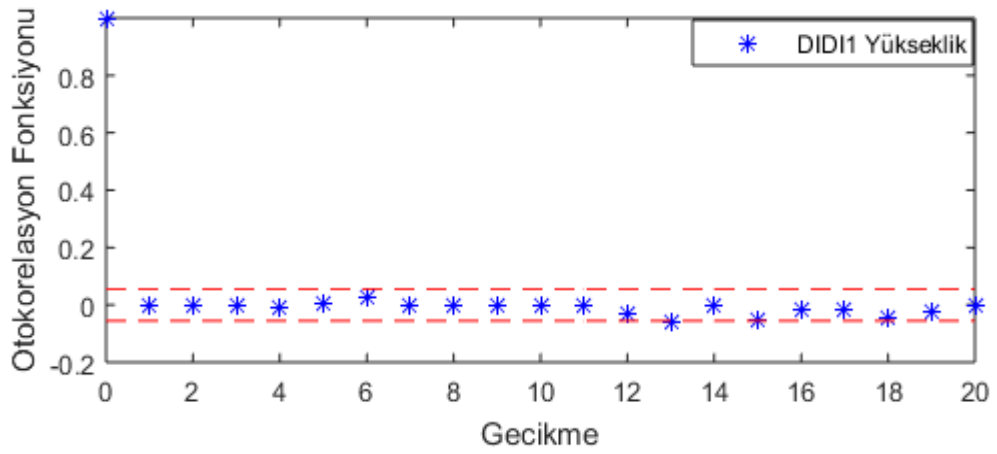


(d)

Şekil B.17. (a) DID11 yükseklik lineer modeli, (b) DID11 yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DID11 yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DID11 yükseklik stokastik bileşeni.



(a)

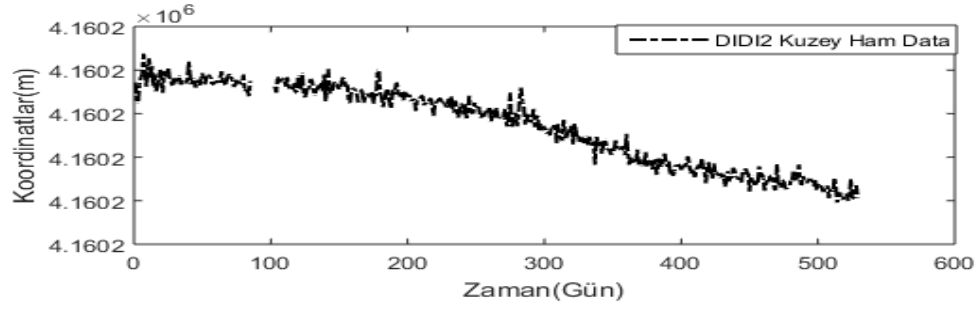


(b)

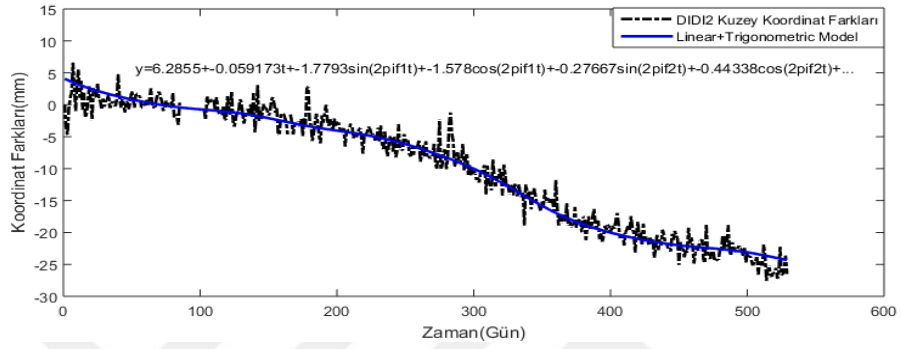
Şekil B.18. (a) DIDI1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(6,6)

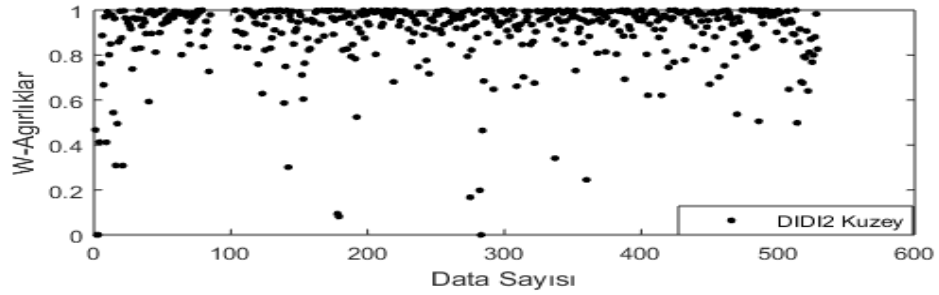
$$y(t) = 0.5787y(t-1) - 0.9338y(t-2) + 0.4378y(t-3) - 0.7161y(t-4) + 0.0187y(t-5) + 0.1493y(t-6) - 0.4687e(t-1) + 0.8827e(t-2) - 0.3433e(t-3) - 0.7271e(t-4) + 0.0457e(t-5) - 0.0871e(t-6) + e(t)$$



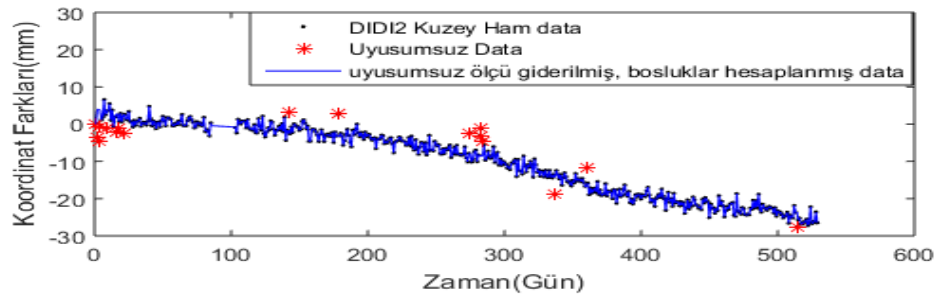
(a)



(b)

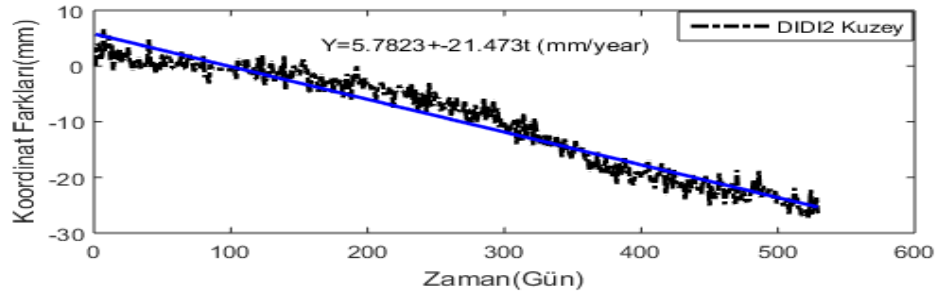


(c)

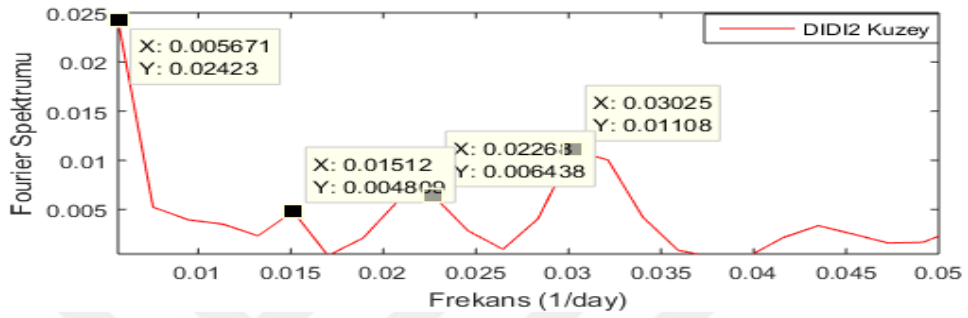


(d)

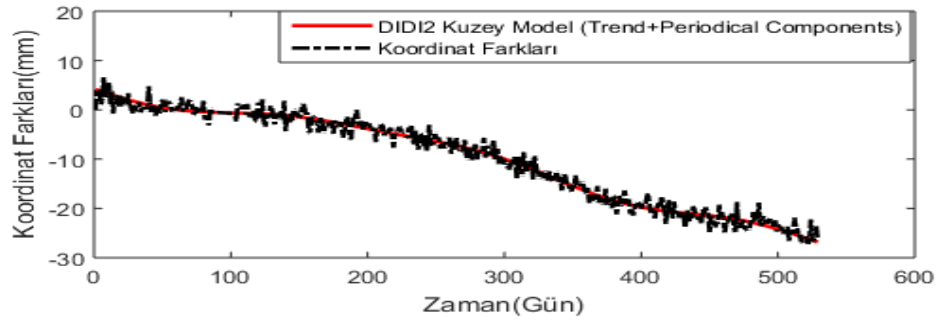
Şekil B.19. (a) DID12 kuzey zaman serisi, (b) DID12 kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DID12 kuzey ağırlıklar, (d) DID12 kuzey uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



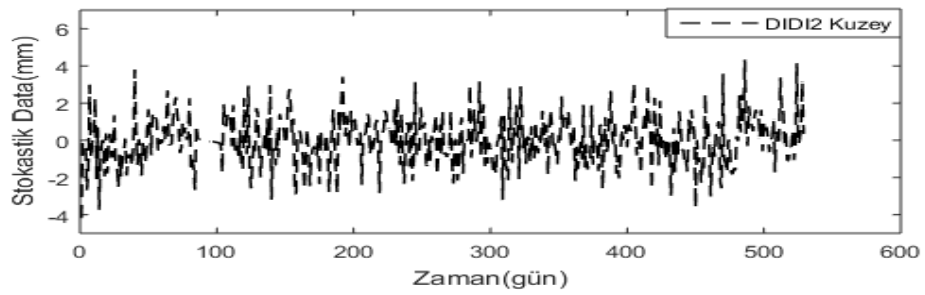
(a)



(b)

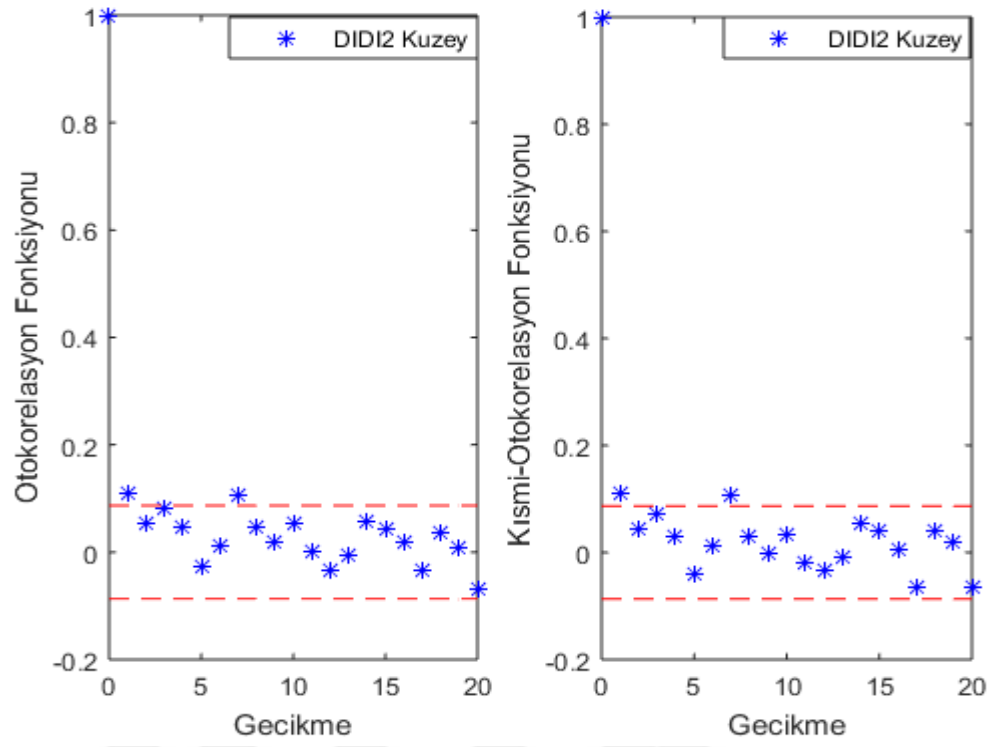


(c)

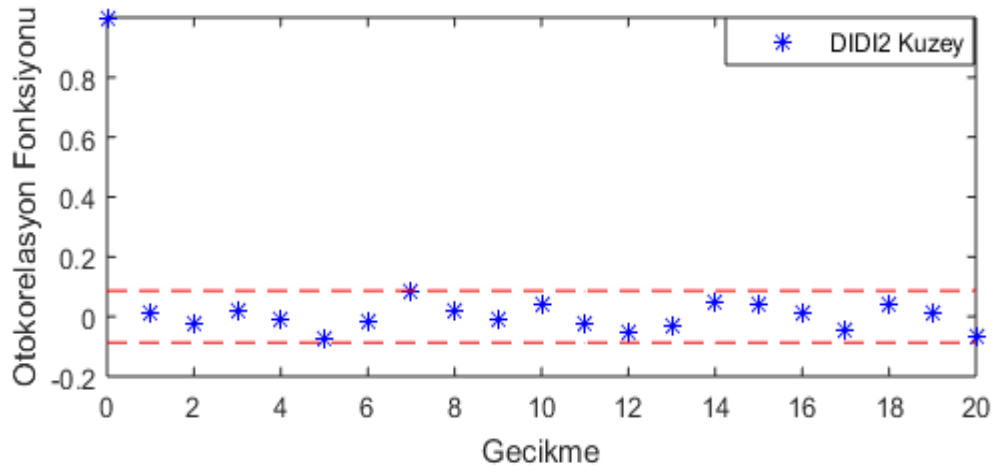


(d)

Şekil B.20. (a) DID12 kuzey lineer modeli, (b) DID12 kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DID12 kuzey model ve koordinat farkları, (d) DID12 kuzey stokastik bileşeni.



(a)

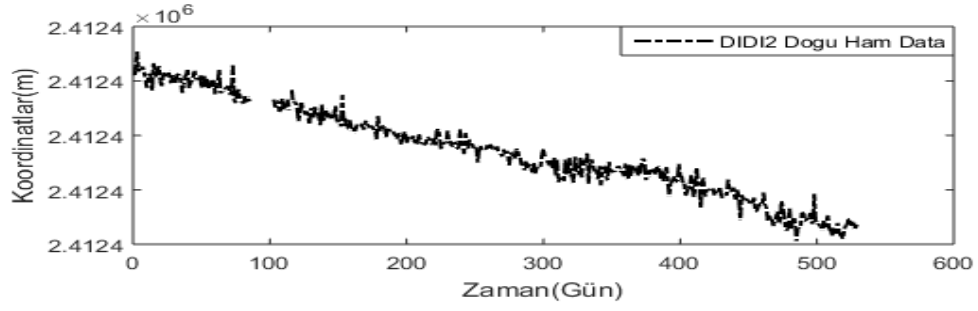


(b)

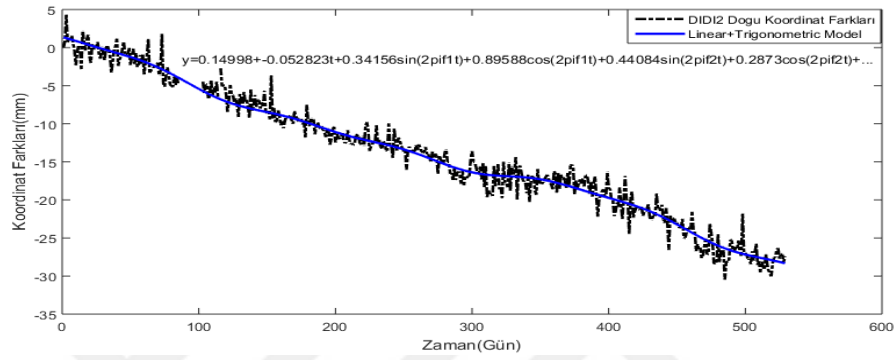
Şekil B.21. (a) DIDI2 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI2 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(1,1)

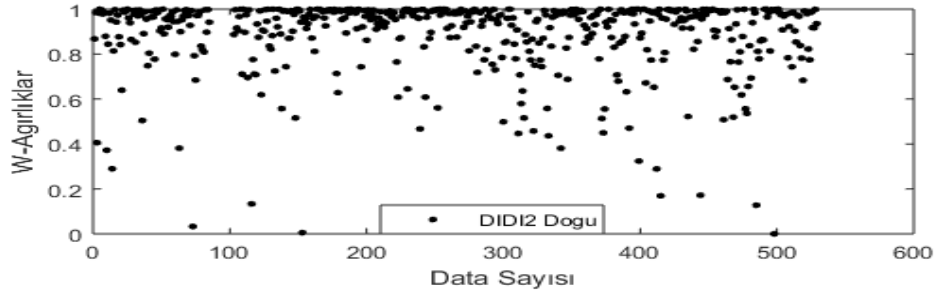
$$y(t)=0.8173y(t-1)-0.7365e(t-1)+e(t)$$



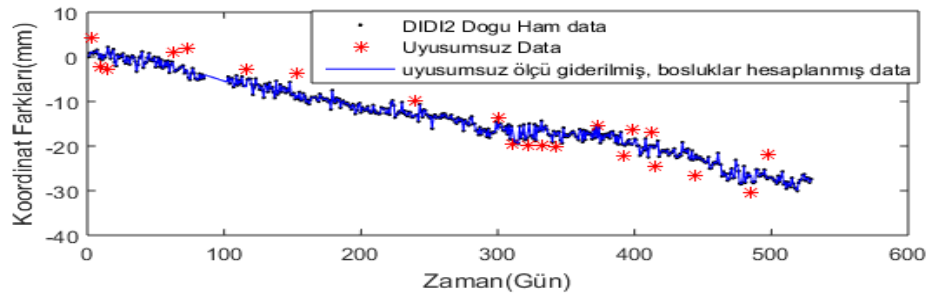
(a)



(b)

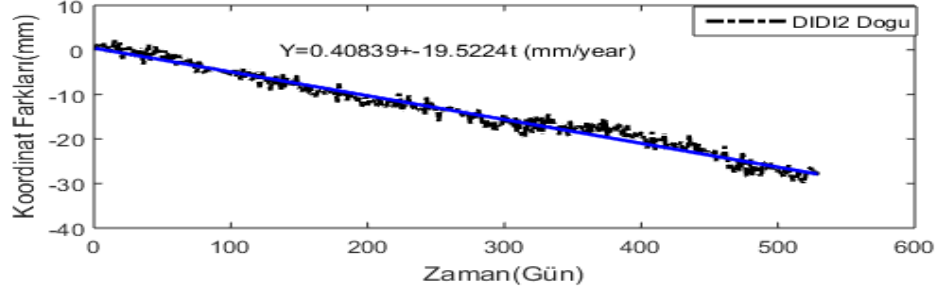


(c)

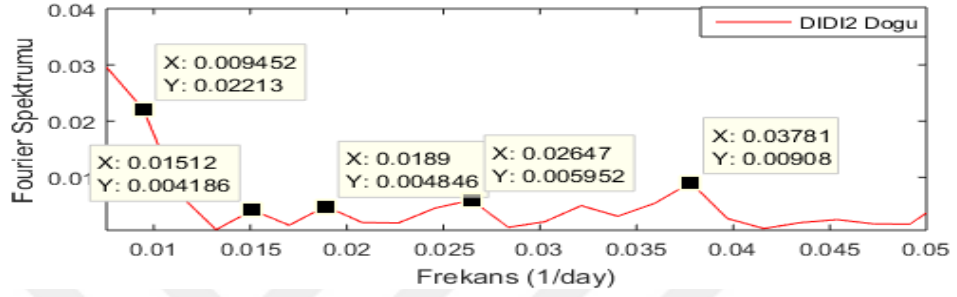


(d)

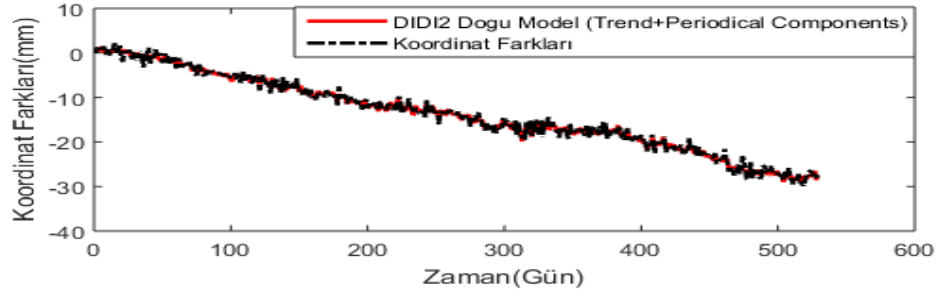
Şekil B.22. (a) DID12 doğu zaman serisi, (b) DID12 doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DID12 doğu ağırlıklar, (d) DID12 doğu uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



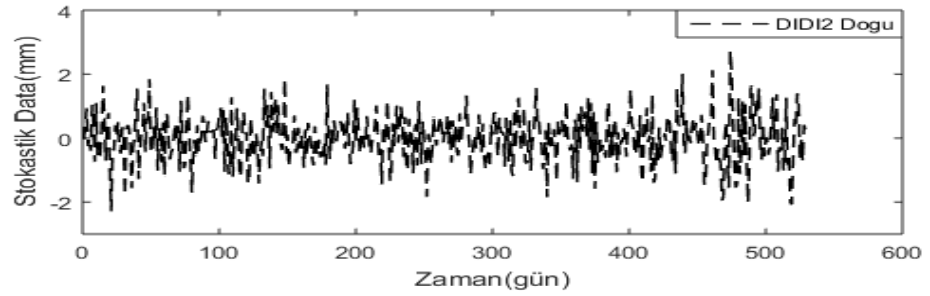
(a)



(b)

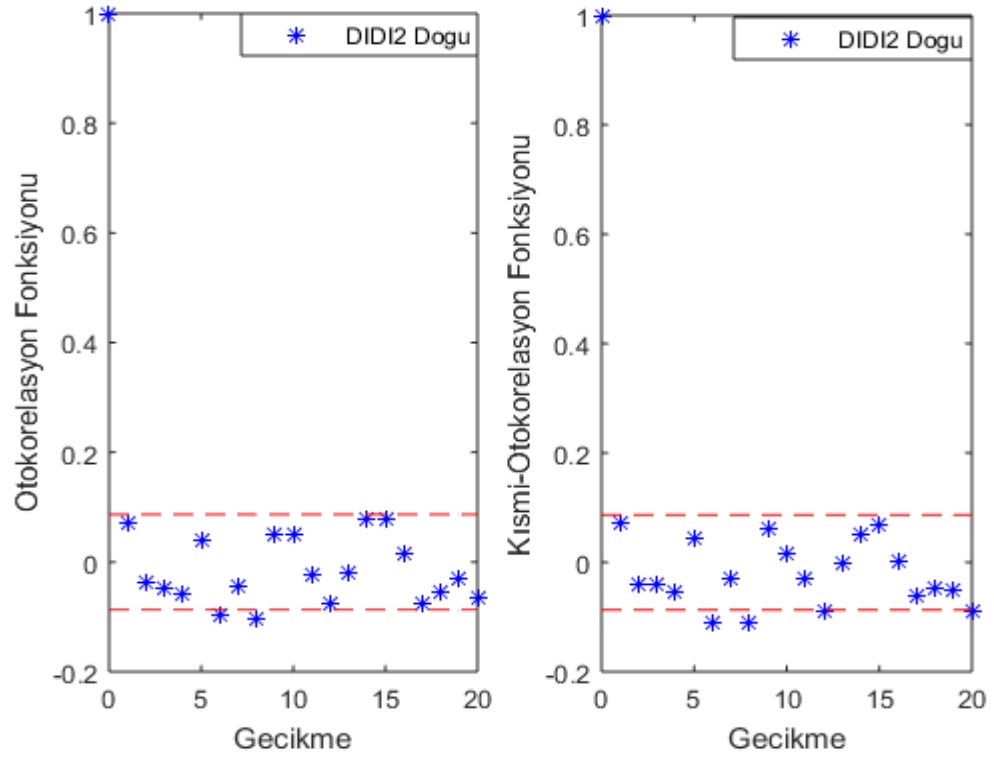


(c)

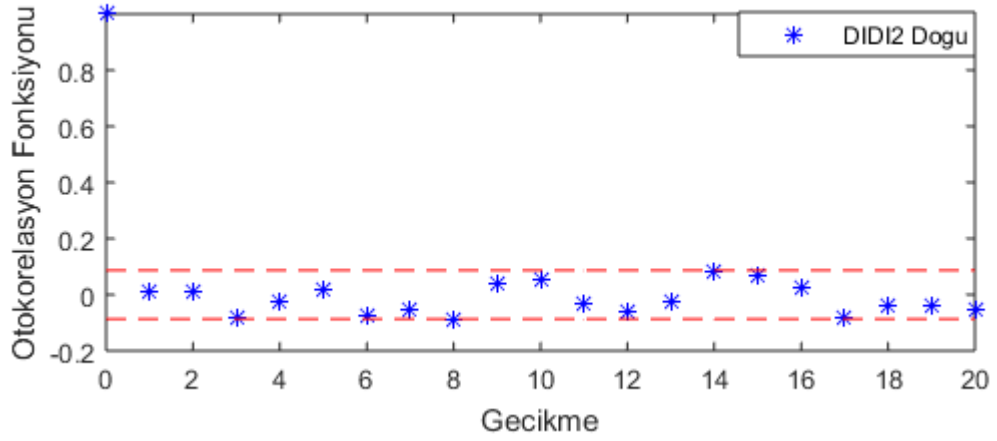


(d)

Şekil B.23. (a) DIDI2 doğu lineer modeli, (b) DIDI2 doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDI2 doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDI2 doğu stokastik bileşeni.



(a)

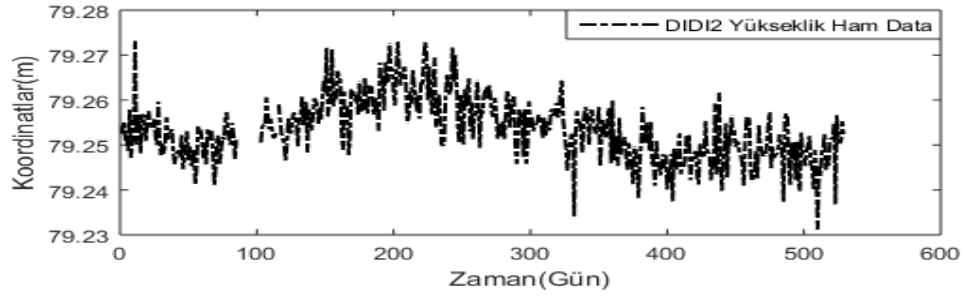


(b)

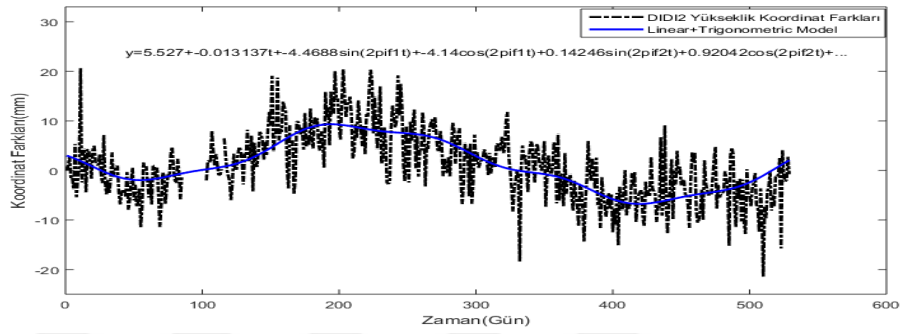
Şekil B.24. (a) DIDI2 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI2 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(1,1)

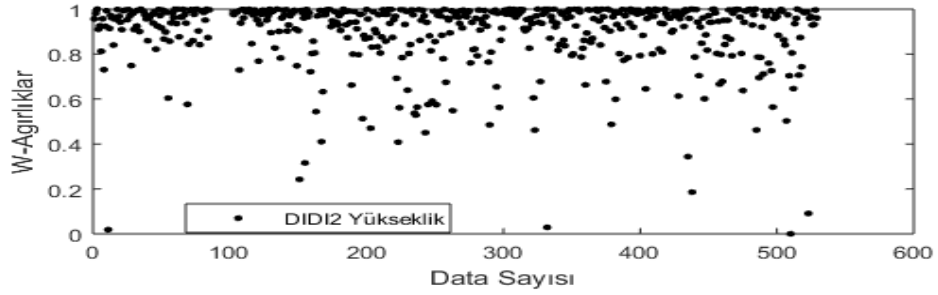
$$y(t) = -0.8145y(t-1) + 0.8839e(t-1) + e(t)$$



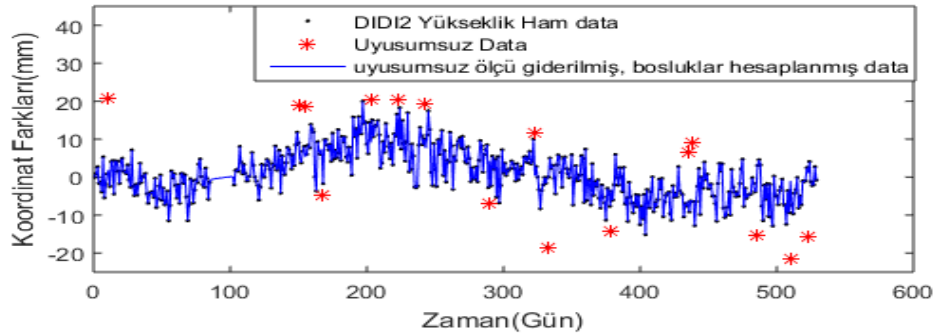
(a)



(b)

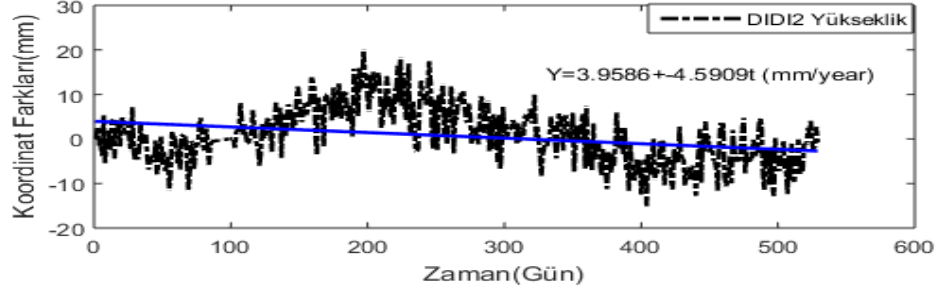


(c)

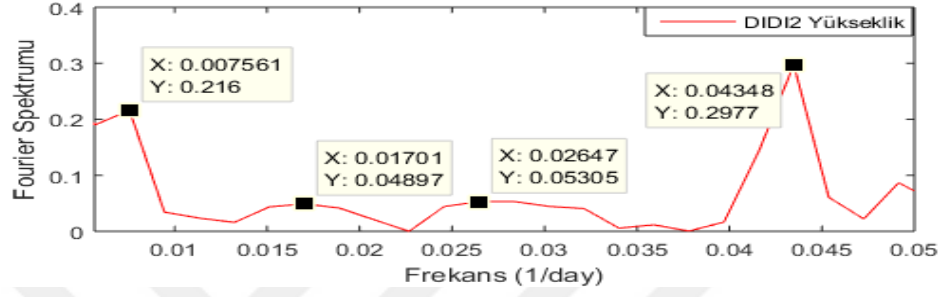


(d)

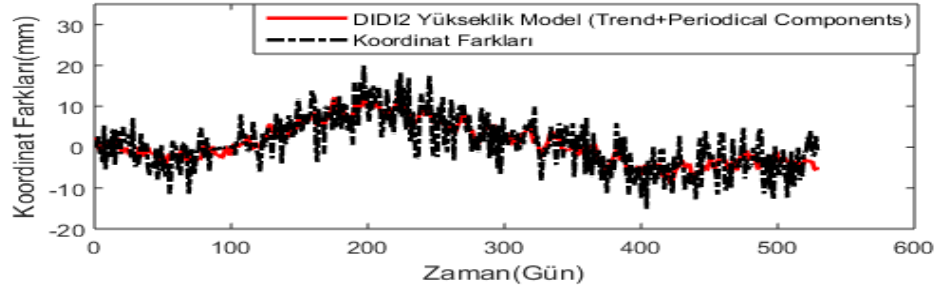
Şekil B.25. (a) DID12 yükseklik zaman serisi, (b) DID12 yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DID12 yükseklik ağırlıklar, (d) DID12 yükseklik uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



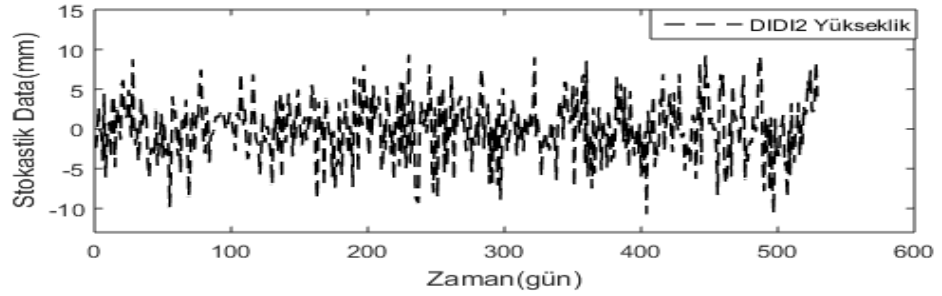
(a)



(b)

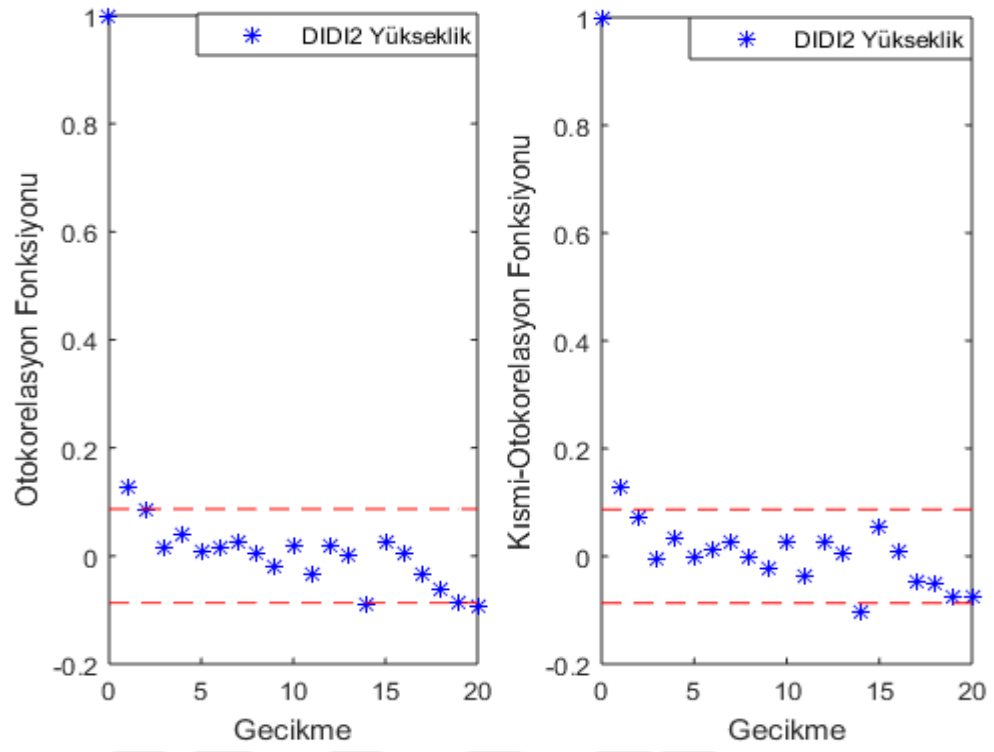


(c)

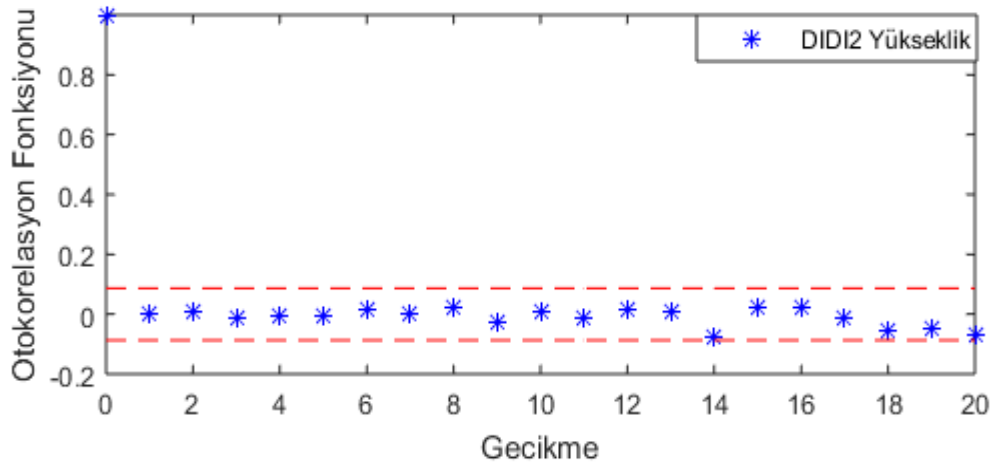


(d)

Şekil B.26. (a) DID12 yükseklik lineer modeli, (b) DID12 yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DID12 yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DID12 yükseklik stokastik bileşeni.



(a)

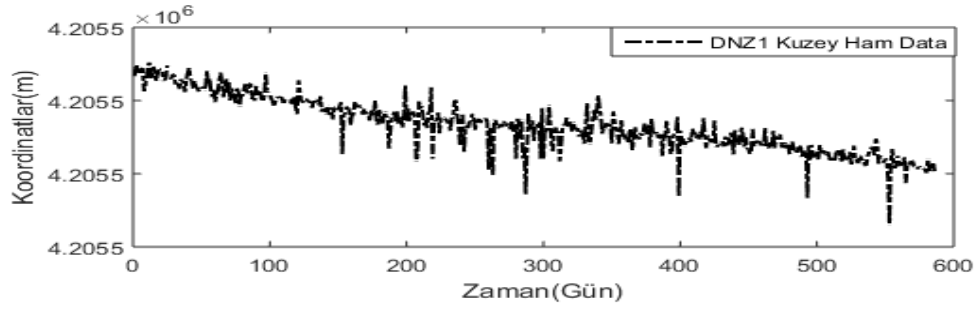


(b)

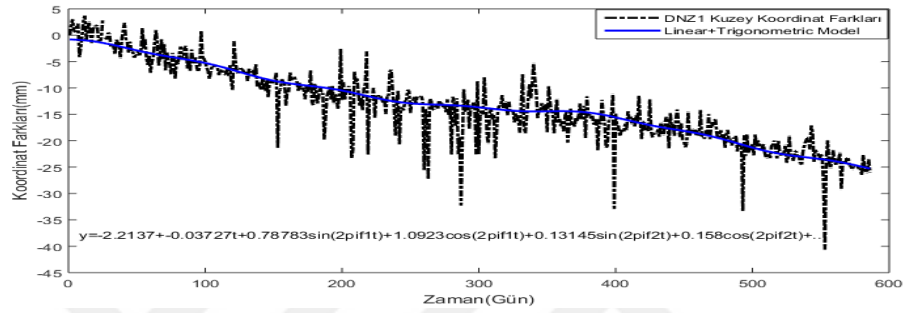
Şekil B.27. (a) DIDI2 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDI2 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(3,3)

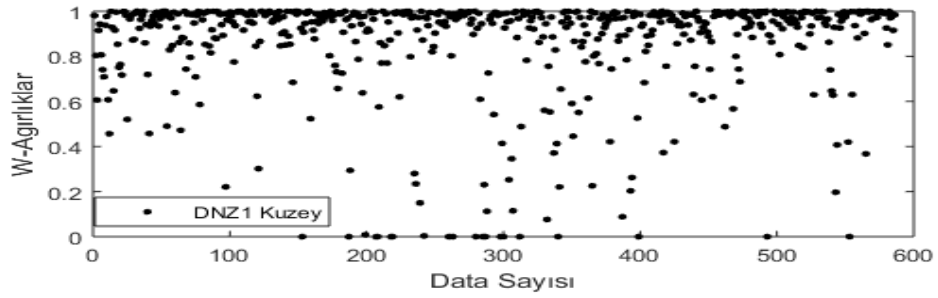
$$y(t) = -0.6883y(t-1) - 0.1524y(t-2) + 0.5803y(t-3) + 0.8209e(t-1) + 0.3223e(t-2) - 0.5007e(t-3) + e(t)$$



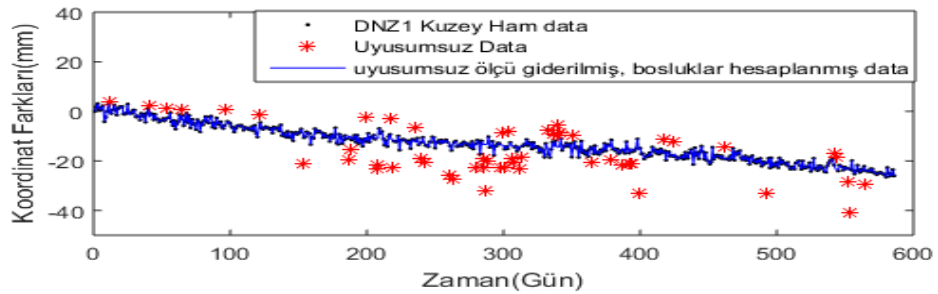
(a)



(b)

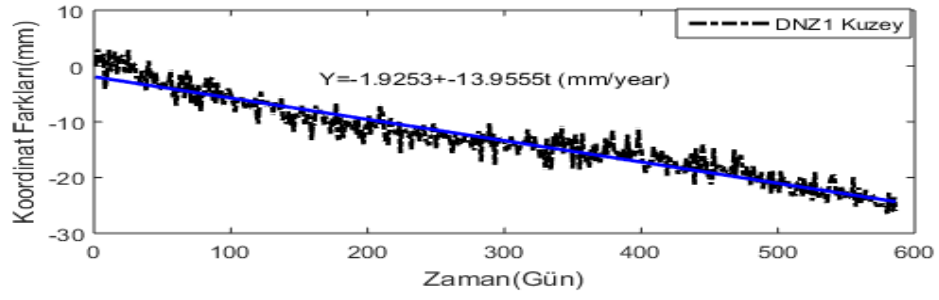


(c)

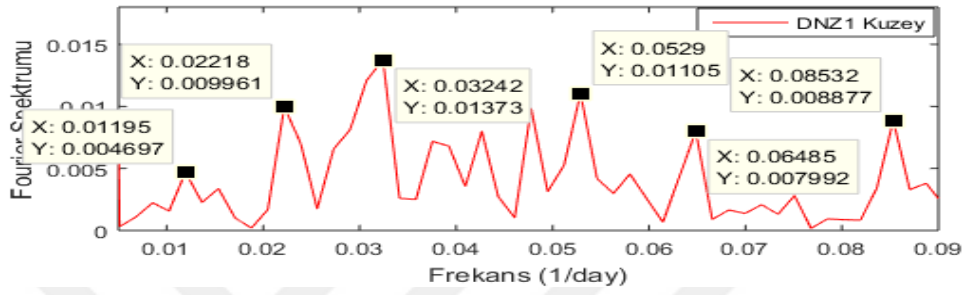


(d)

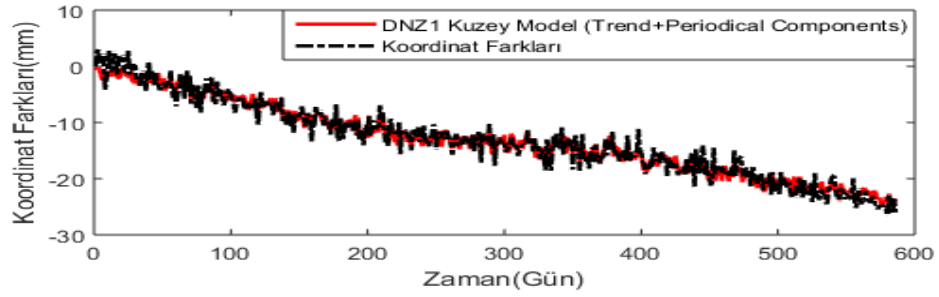
Şekil B.28. (a) DNZ1 kuzey zaman serisi, (b) DNZ1 kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DNZ1 kuzey ağırlıklar, (d) DNZ1 kuzey uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



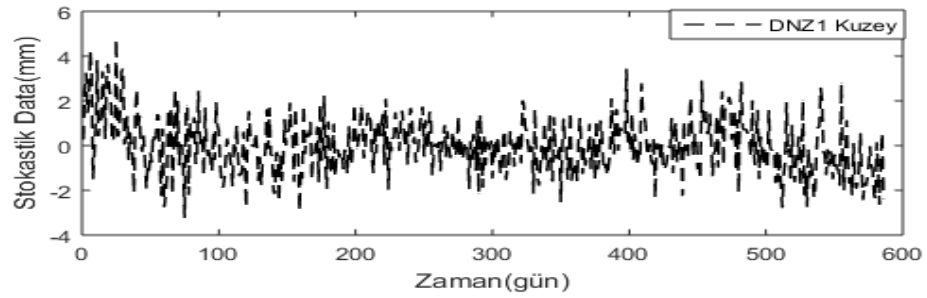
(a)



(b)

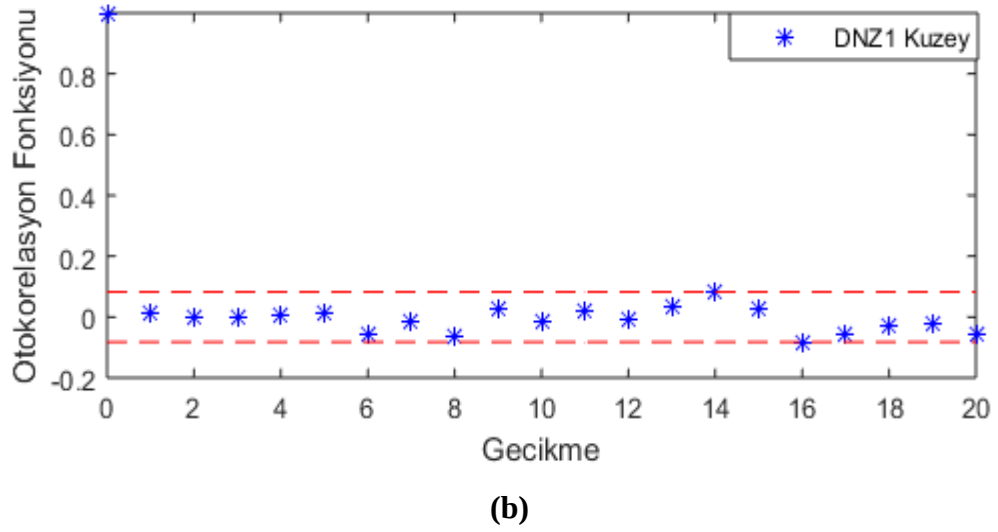
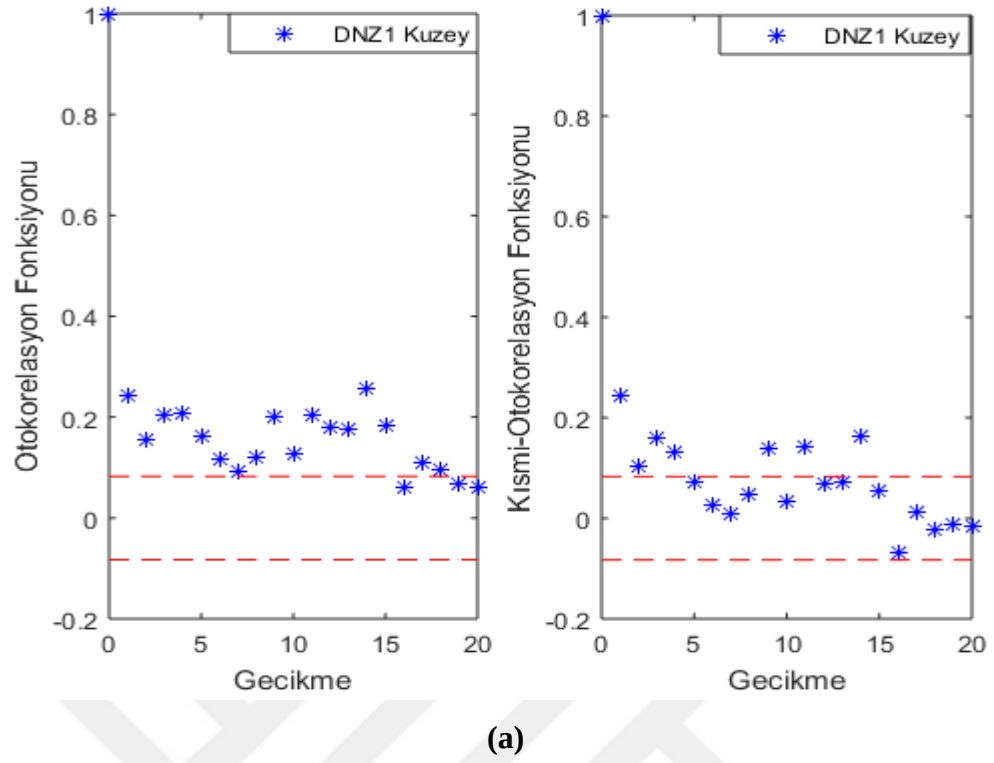


(c)



(d)

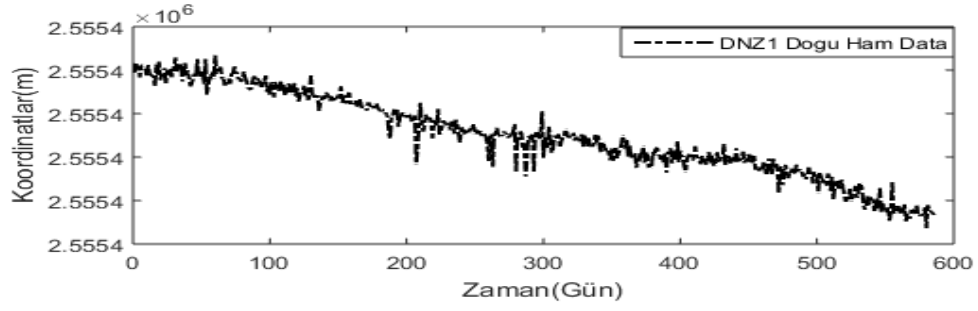
Şekil B.29. (a) DNZ1 kuzey lineer modeli, (b) DNZ1 kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DNZ1 kuzey model ve koordinat farkları, (d) DNZ1 kuzey stokastik bileşeni.



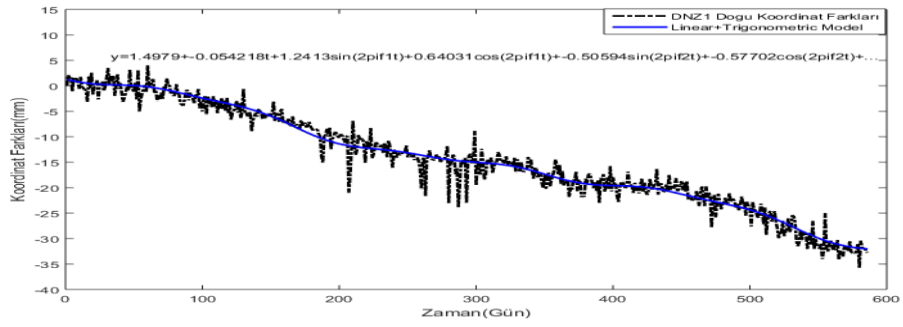
Şekil B.30. (a) DNZ1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DNZ1 kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(8,5)

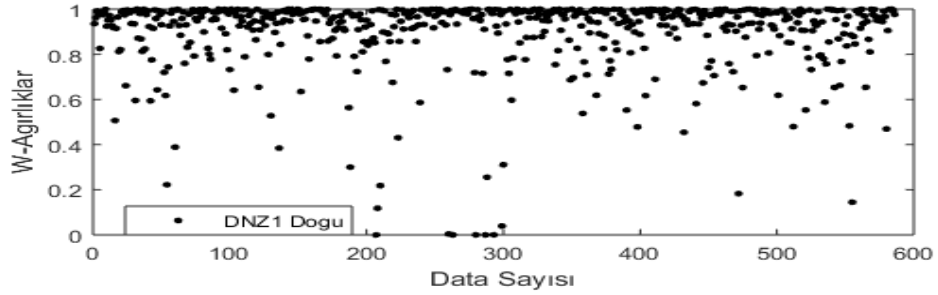
$$y(t)=1.099y(t-1)+0.05309 y(t-2)+0.6178 y(t-3)-1.064 y(t-4)+0.2438 y(t-5)-0.03183 y(t-6)-0.06192 y(t-7)+0.1128 y(t-8)-e(t-1)-0.1575 e(t-2)-0.5825 e(t-3)+1.035 e(t-4)-0.2018 e(t-5)+e(t)$$



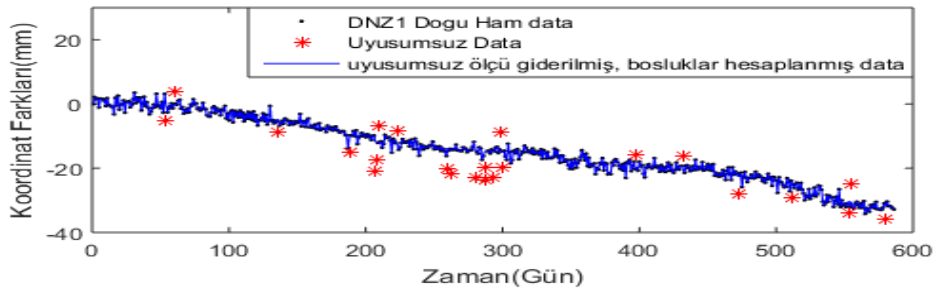
(a)



(b)

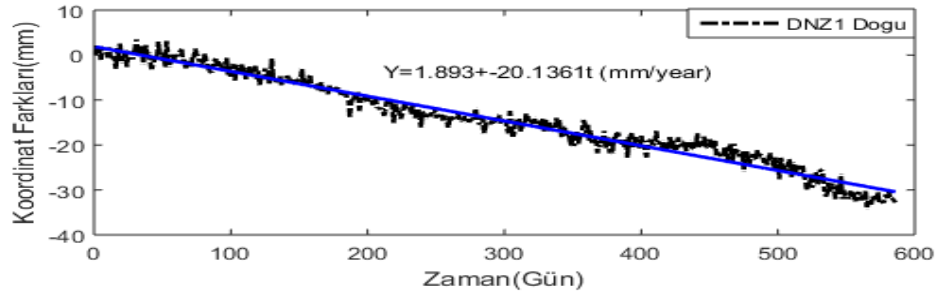


(c)

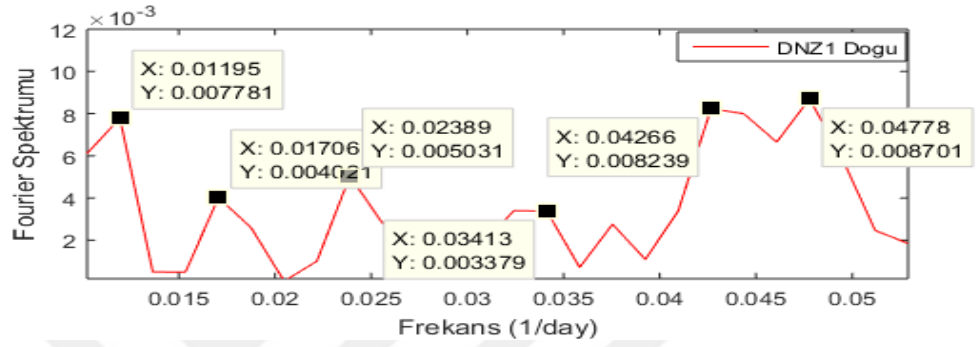


(d)

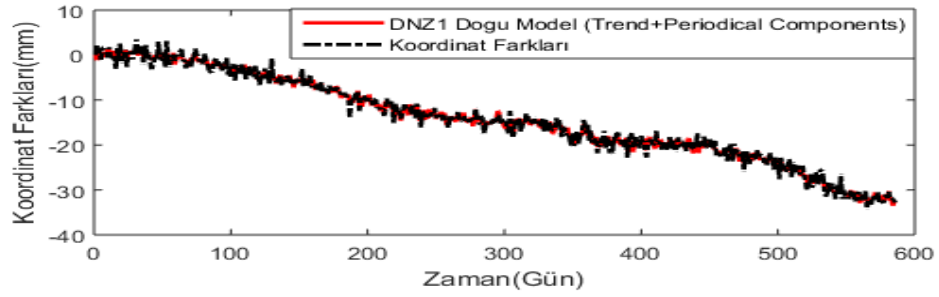
Şekil B.31. (a) DNZ1 doğu zaman serisi, (b) DNZ1 doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DNZ1 doğu ağırlıklar, (d) DNZ1 doğu uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



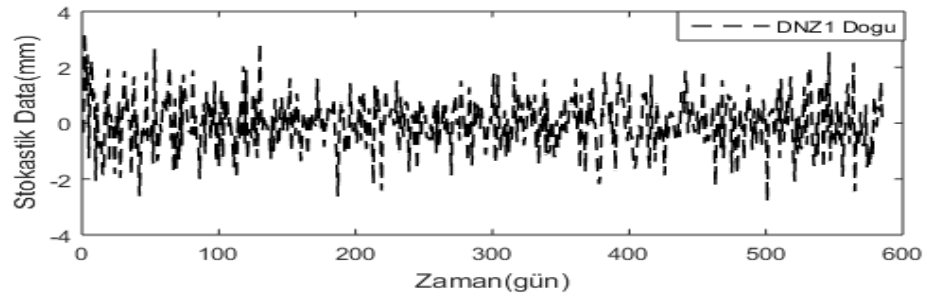
(a)



(b)

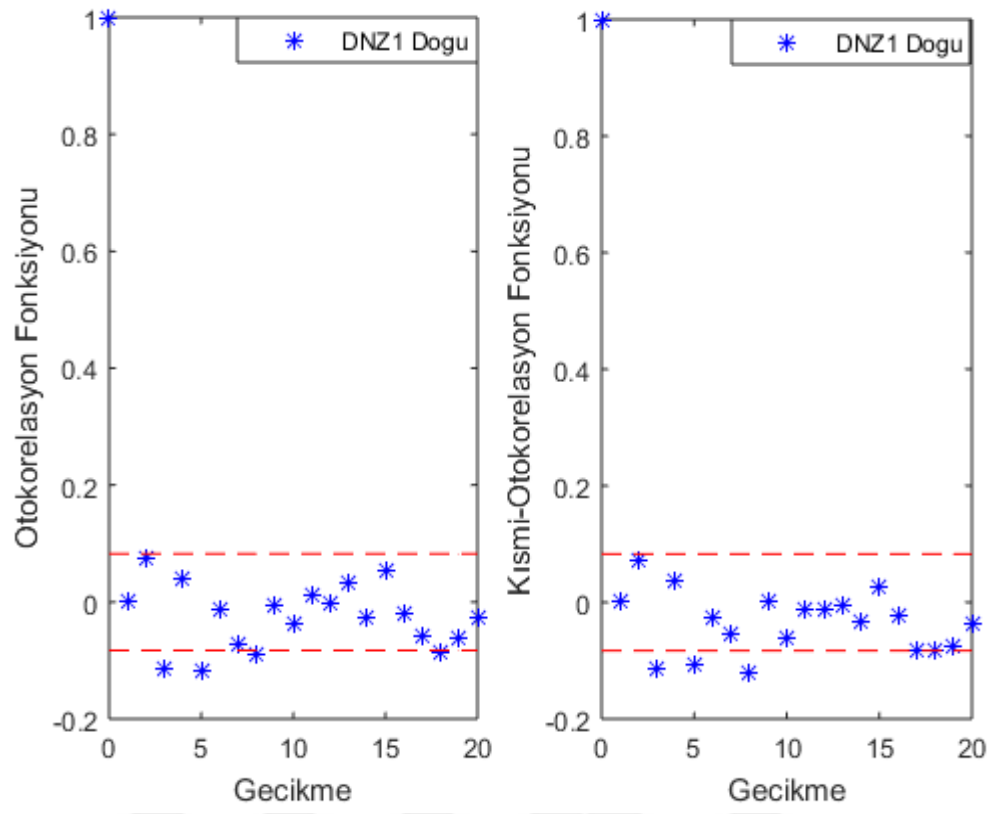


(c)

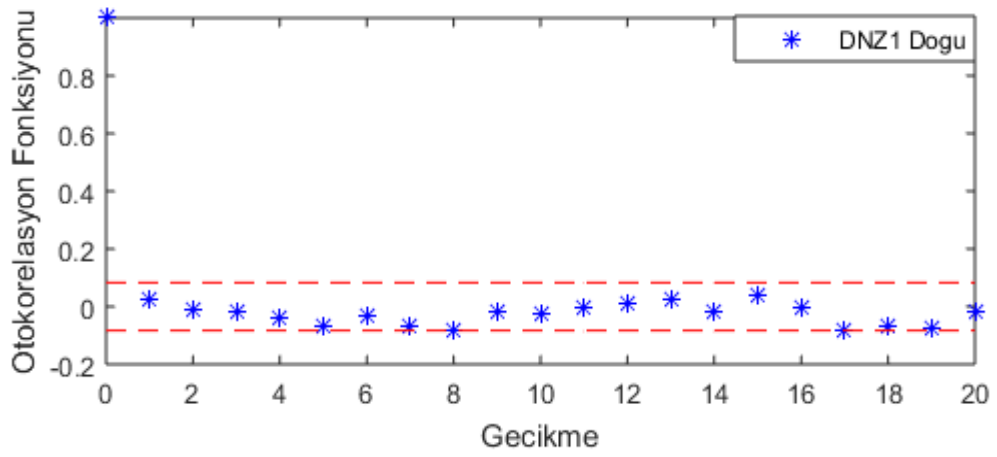


(d)

Şekil B.32. (a) DNZ1 doğu lineer modeli, (b) DNZ1 doğu güç-frekans değişimleri, (c) DNZ1 doğu model ve koordinat farkları, (d) DNZ1 doğu stokastik bileşeni.



(a)

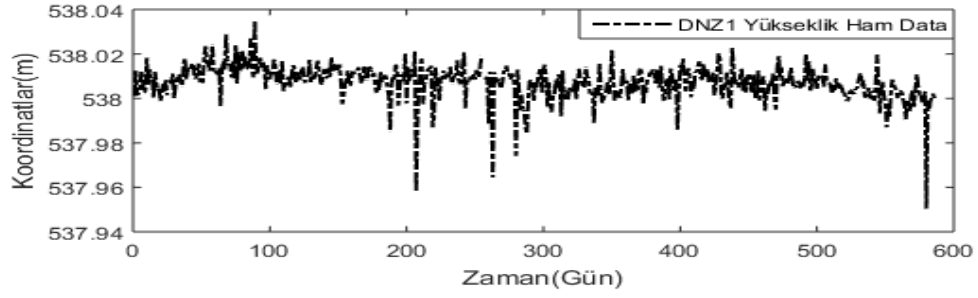


(b)

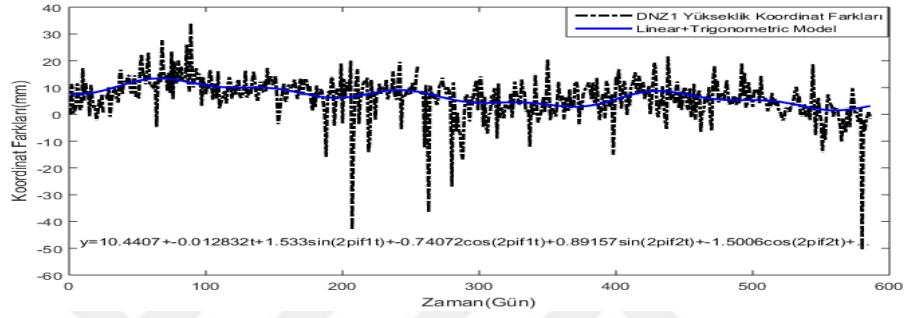
Şekil B.33. (a) DNZ1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DNZ1 doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(2,2)

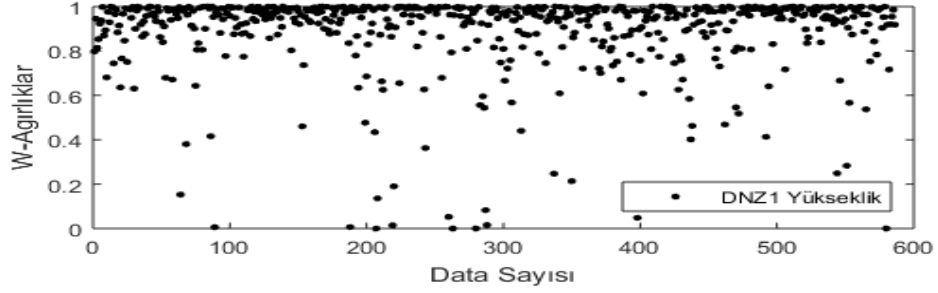
$$y(t) = -1.377y(t-1) - 0.5908y(t-2) + 1.398e(t-1) + 0.6762e(t-2) + e(t)$$



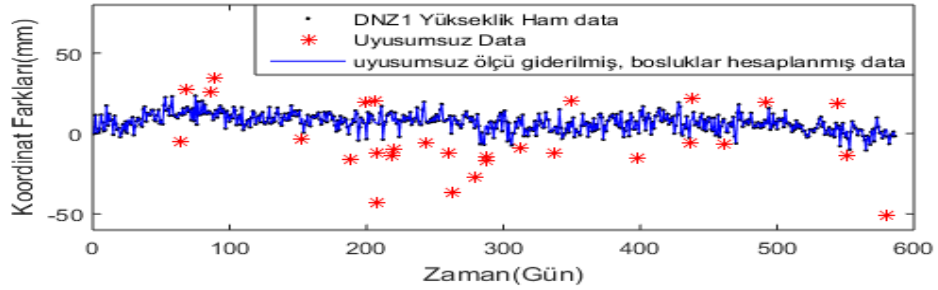
(a)



(b)

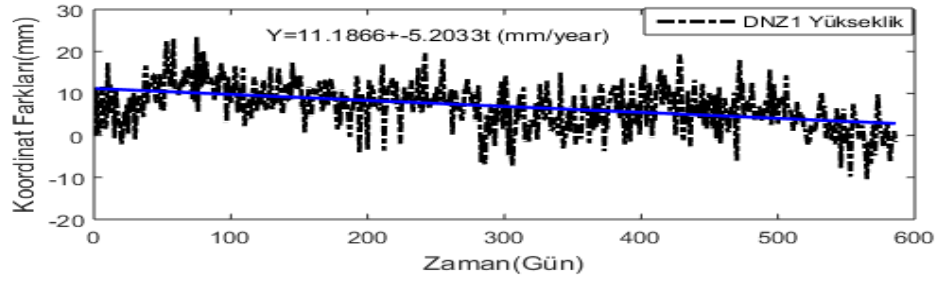


(c)

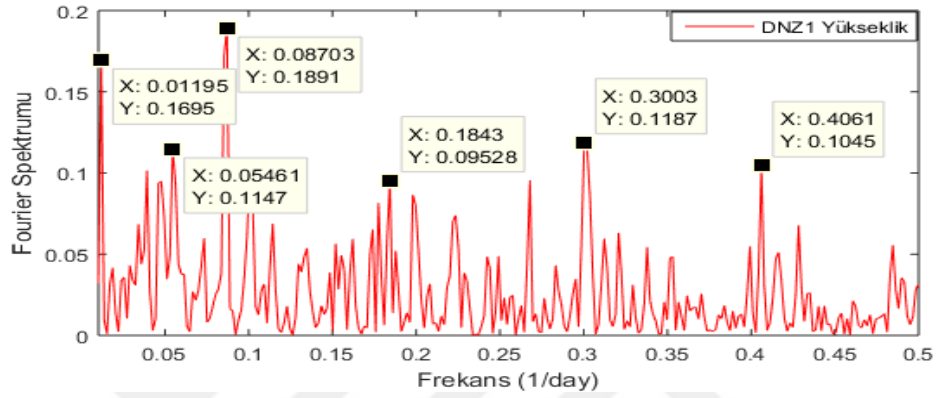


(d)

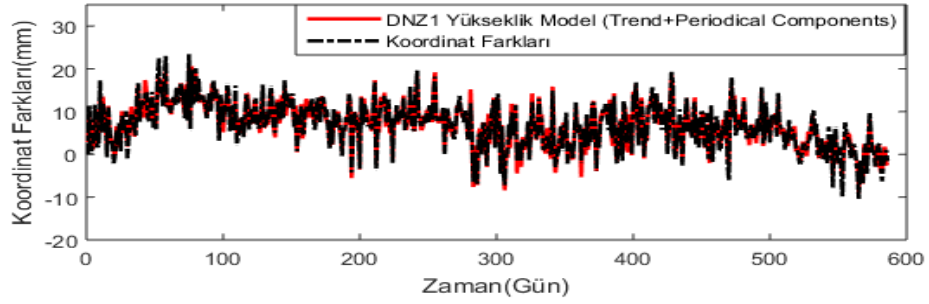
Şekil B.34. (a) DNZ1 yükseklik zaman serisi, (b) DNZ1 yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DNZ1 yükseklik ağırlıklar, (d) DNZ1 yükseklik uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



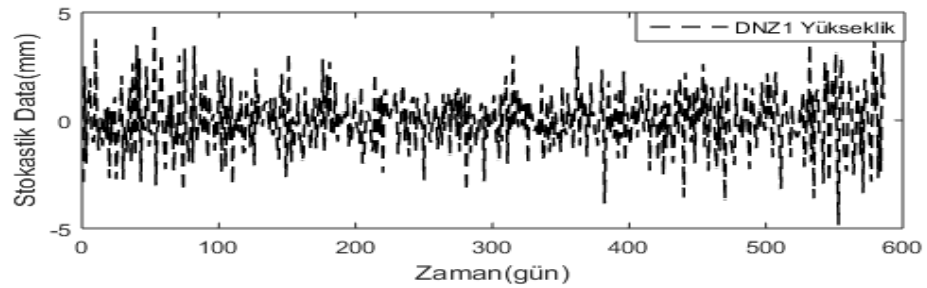
(a)



(b)

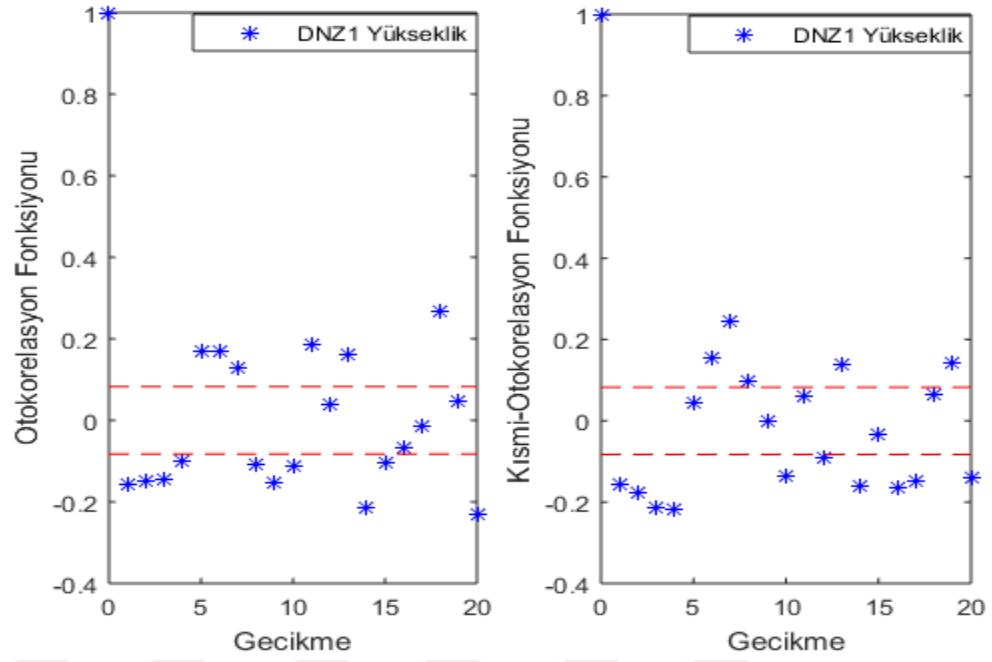


(c)

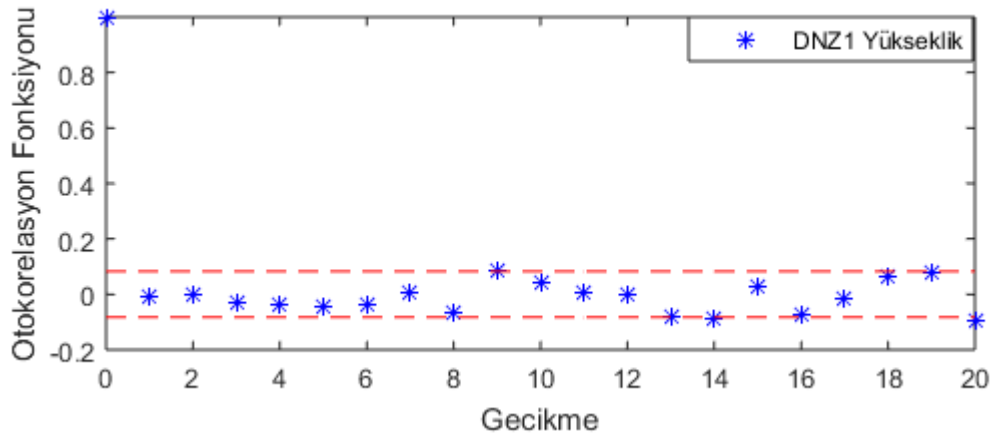


(d)

Şekil B.35. (a) DNZ1 yükseklik lineer modeli, (b) DNZ1 yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DNZ1 yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DNZ1 yükseklik stokastik bileşeni.



(a)

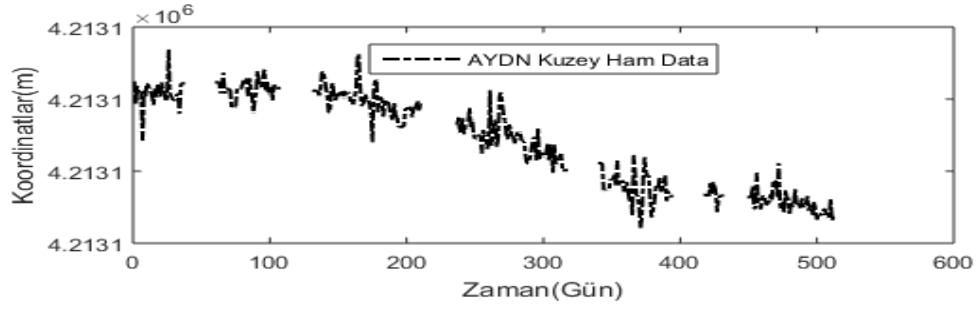


(b)

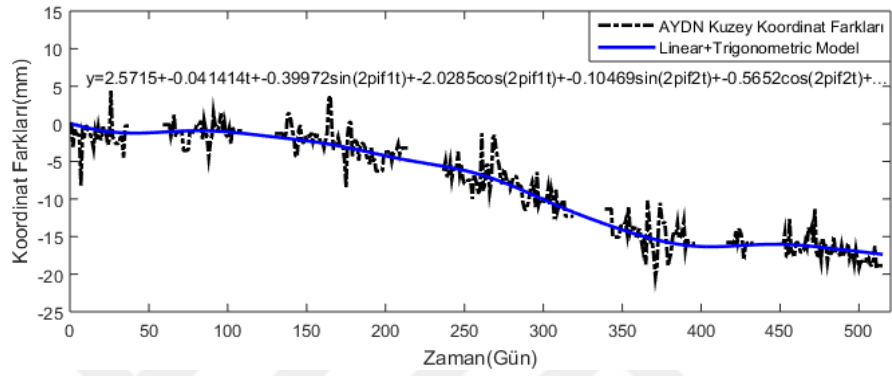
Şekil B.36. (a) DNZ1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DNZ1 yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(11,13)

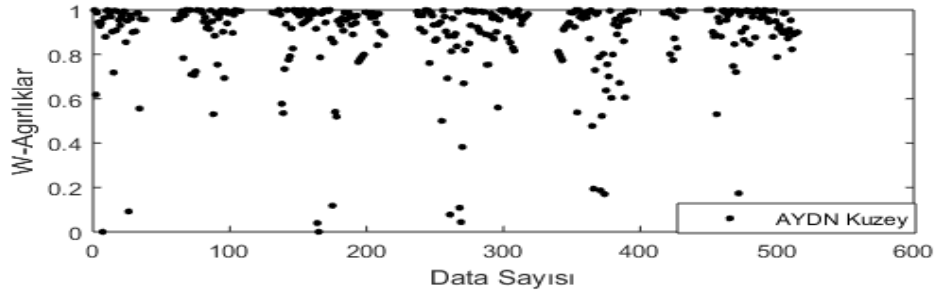
$$\begin{aligned}
 y(t) = & 0.6588y(t-1) + 1.81y(t-2) - 1.173y(t-3) - 1.832y(t-4) + 1.783y(t-5) + 1.198y(t-6) \\
 & + 2.08y(t-7) - 0.7114y(t-8) + 1.708y(t-9) + 0.1869y(t-10) - 0.6231y(t-11) - 1.061e(t-1) - \\
 & 1.913e(t-2) + 2.202e(t-3) + 2.026e(t-4) - 2.881e(t-5) - 1.273e(t-6) + 3.09e(t-7) + 0.2983e(t- \\
 & 8) - 2.713e(t-9) + 0.3238e(t-10) + 1.543e(t-11) - 0.3873e(t-12) - 0.2359e(t-13) + e(t)
 \end{aligned}$$



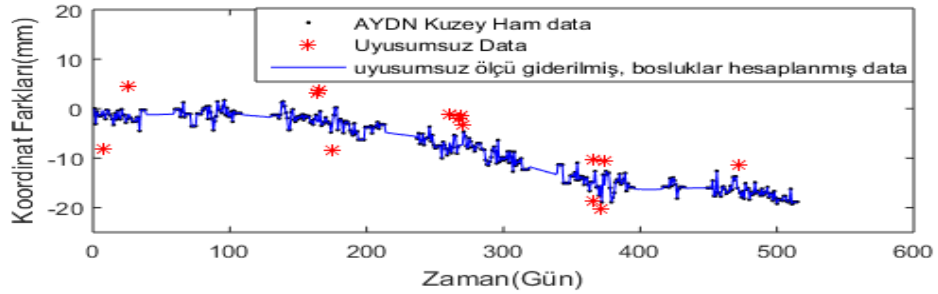
(a)



(b)

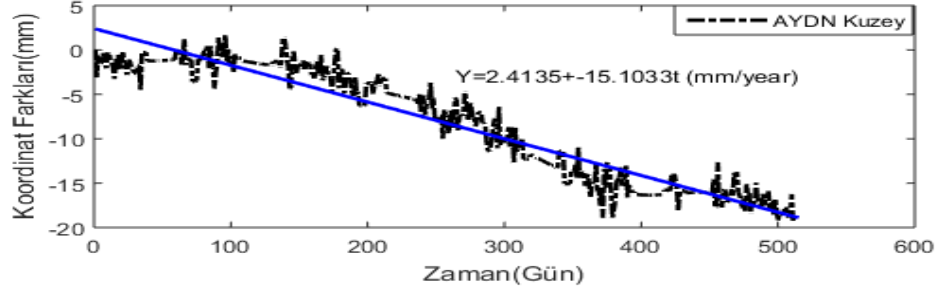


(c)

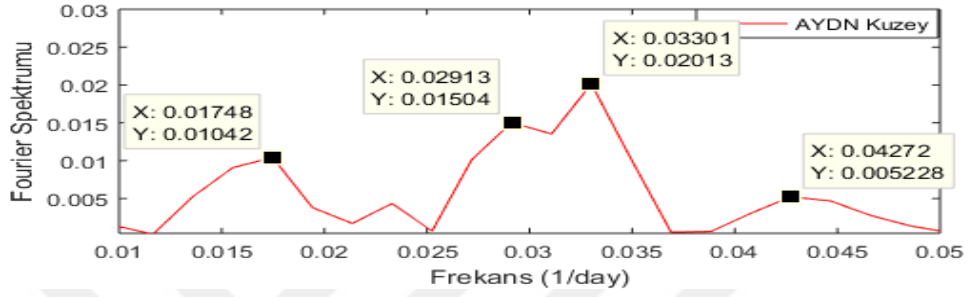


(d)

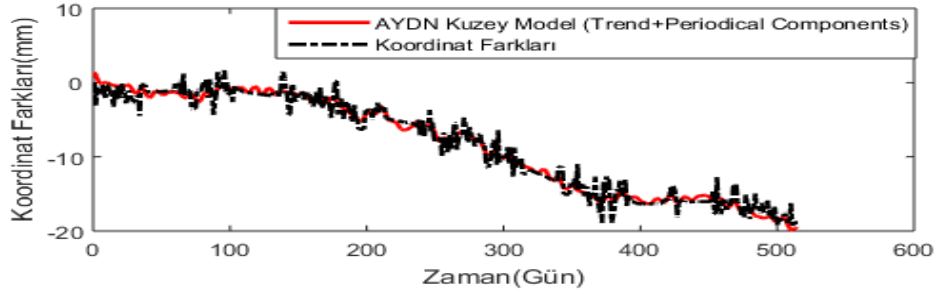
Şekil B.37. (a) AYDN kuzey zaman serisi, (b) AYDN kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) AYDN kuzey ağırlıklar, (d) AYDN kuzey uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



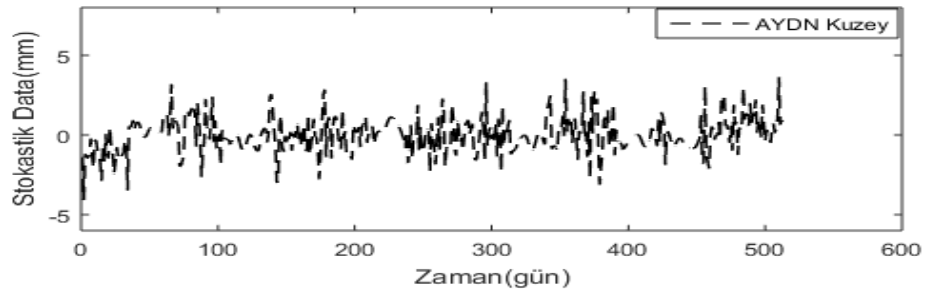
(a)



(b)

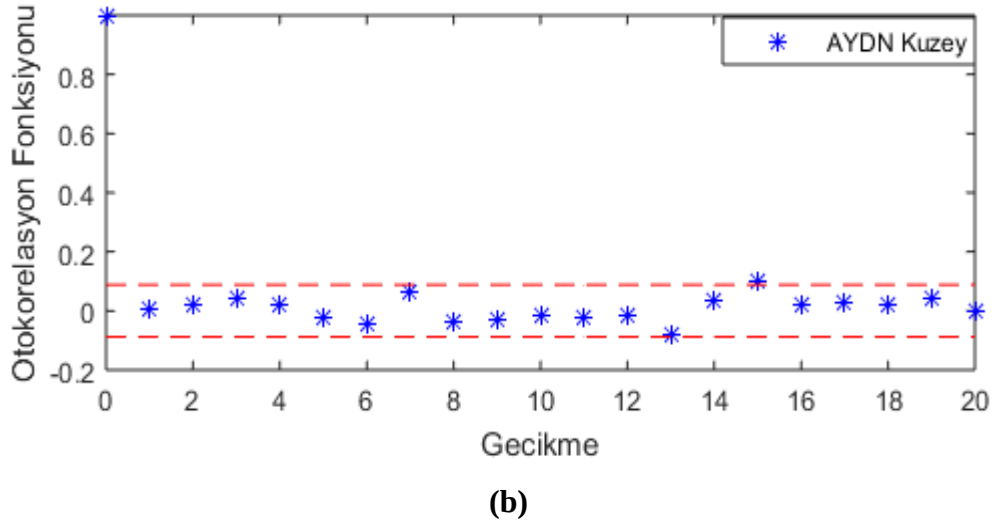
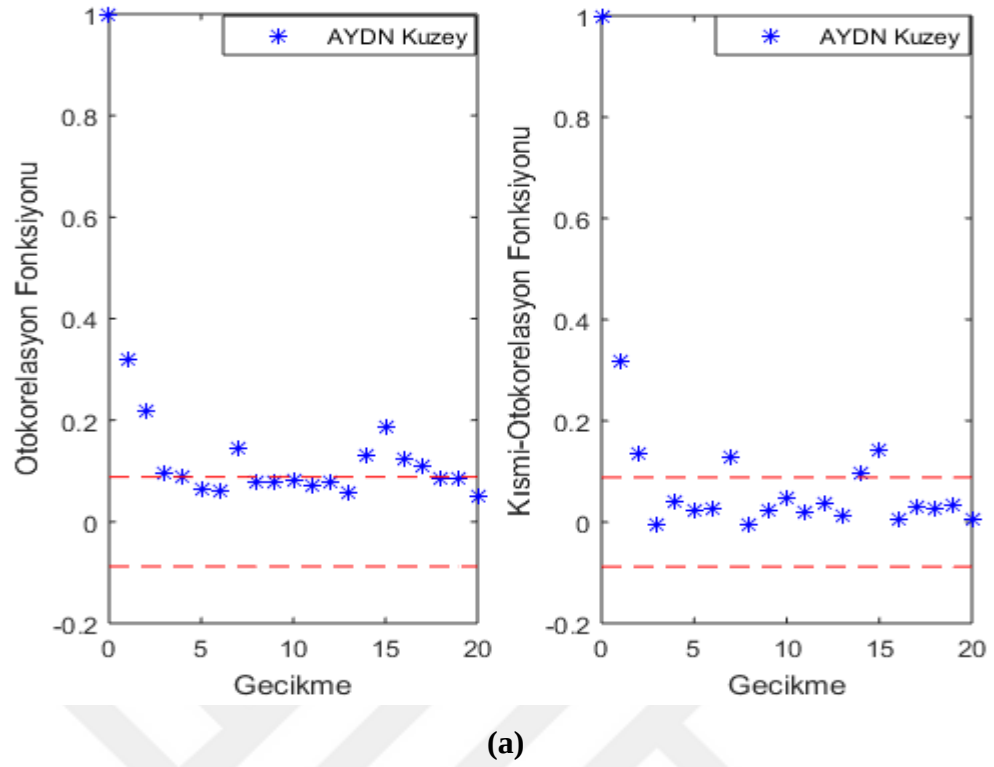


(c)



(d)

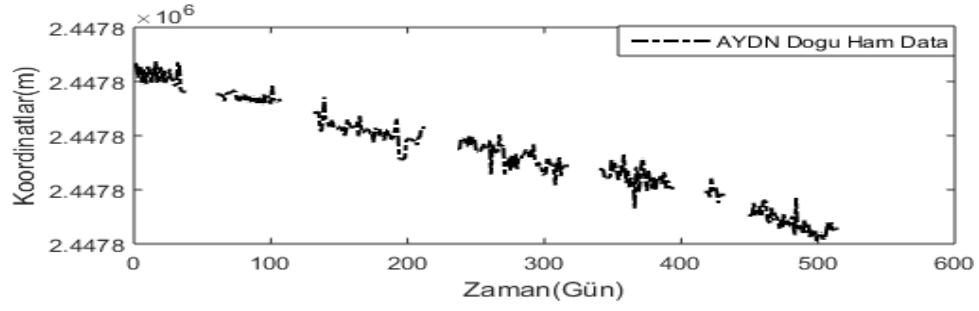
Şekil B.38. (a) AYDN kuzey lineer modeli, (b) AYDN kuzey güç-frekans değişimleri, (c) AYDN kuzey model ve koordinat farkları, (d) AYDN kuzey stokastik bileşeni.



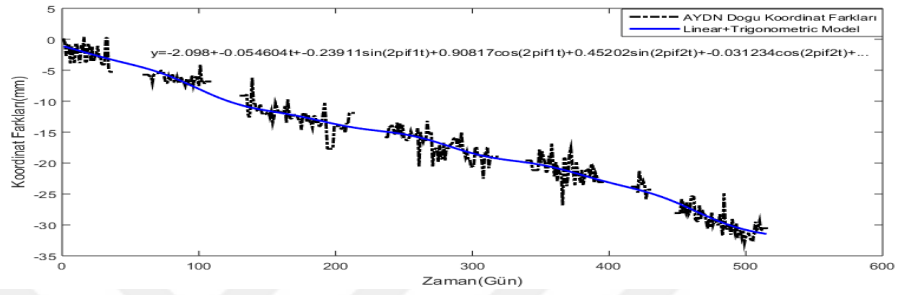
Şekil B.39. (a) AYDN kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, **(b)** AYDN kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(2,4)

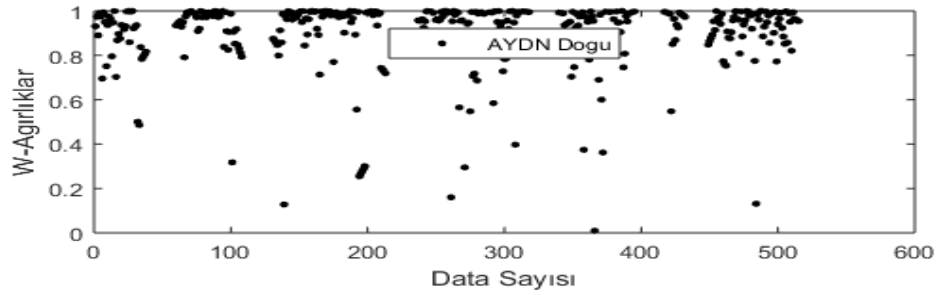
$$y(t)=1.893y(t-1)-0.9165y(t-2)-1.688e(t-1)+0.6303e(t-2)-0.07201e(t-3)+0.1778e(t-4)+e(t)$$



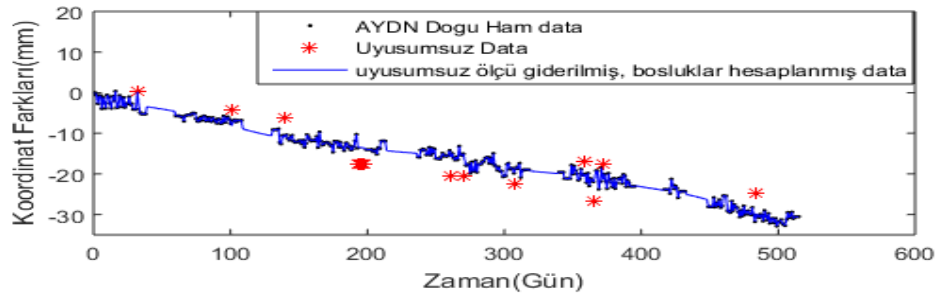
(a)



(b)

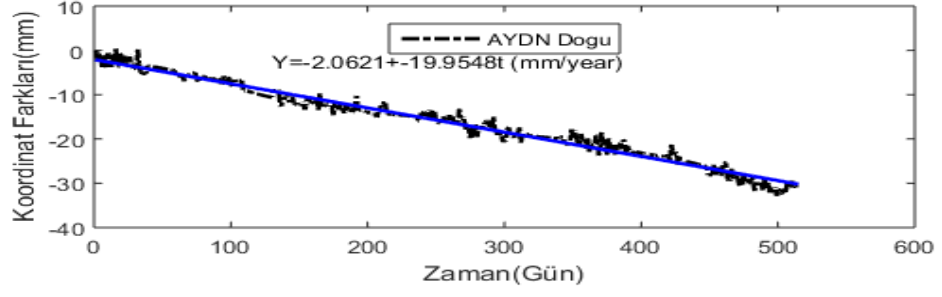


(c)

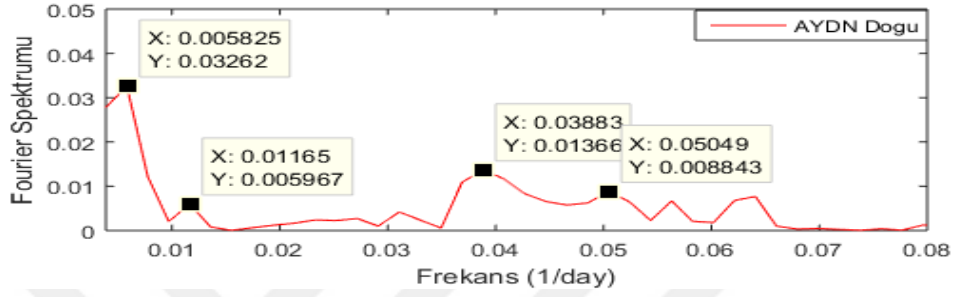


(d)

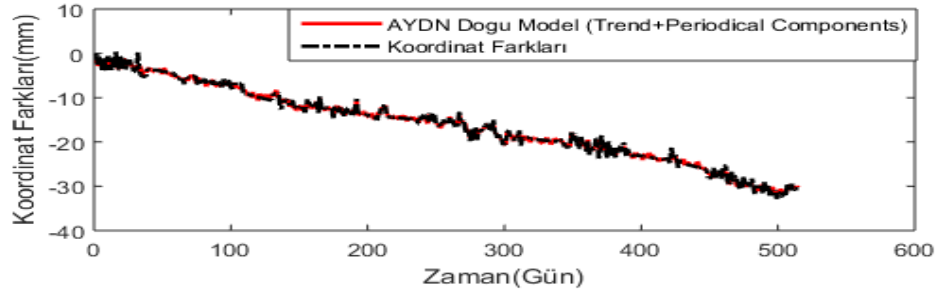
Şekil B.40. (a) AYDN doğu zaman serisi, (b) AYDN doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) AYDN doğu ağırlıklar, (d) AYDN doğu uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



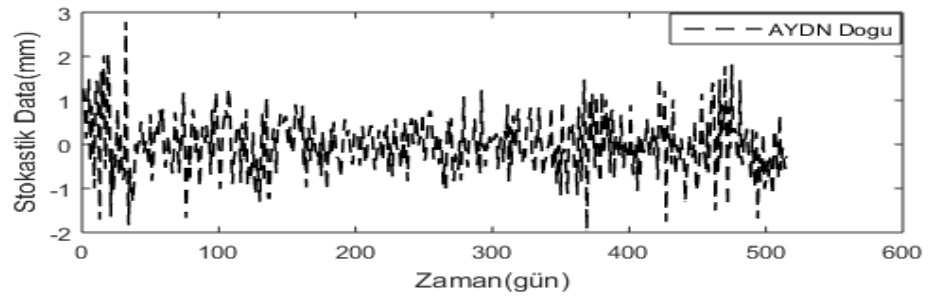
(a)



(b)

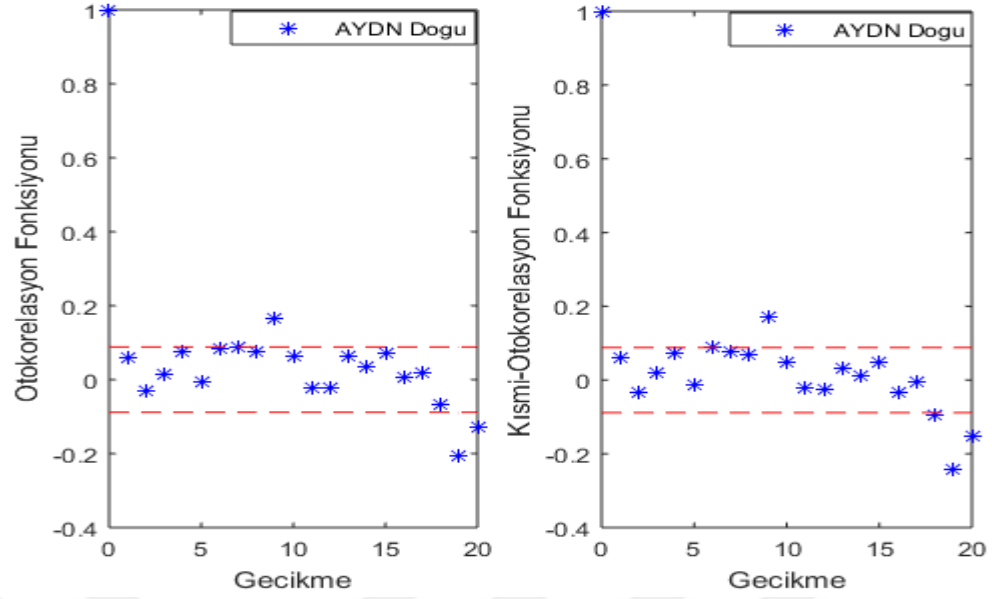


(c)

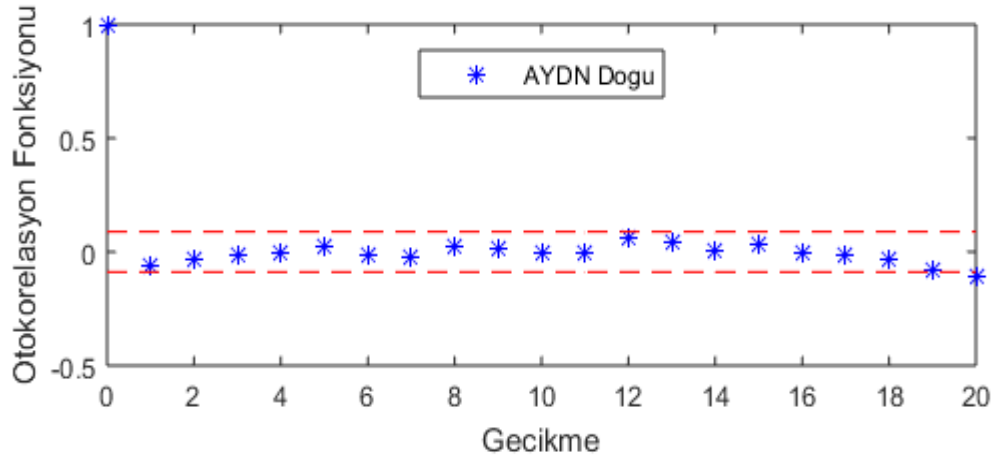


(d)

Şekil B.41. (a) AYDN doğu lineer modeli, (b) AYDN doğu güç-frekans değişimleri, (c) AYDN doğu model ve koordinat farkları, (d) AYDN doğu stokastik bileşeni.



(a)

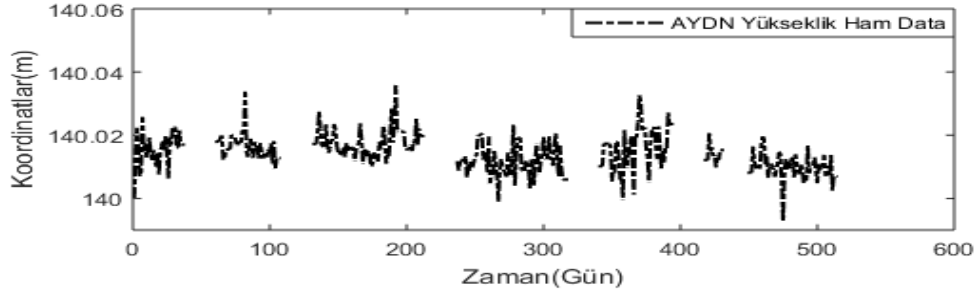


(b)

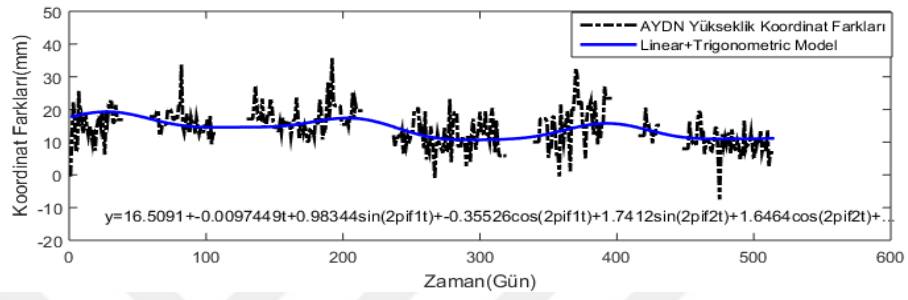
Şekil B.42. (a) AYDN doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) AYDN doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(15,14)

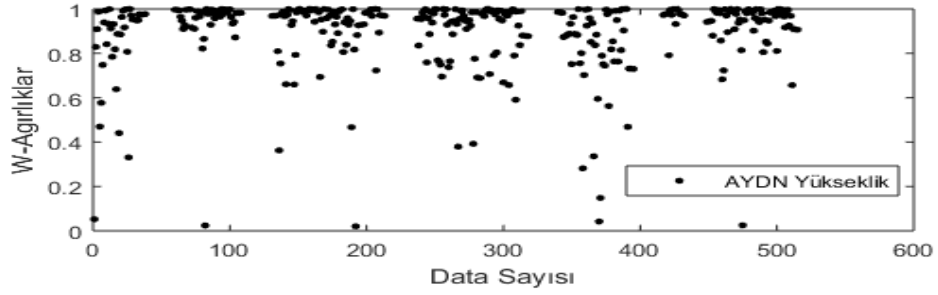
$$y(t)=0.8068y(t-1)+1.247y(t-2)-0.9063y(t-3)-0.9669y(t-4)+0.3483y(t-5)+0.4767y(t-6)+0.5586y(t-7)-0.2054y(t-8)-1.058y(t-9)+0.2949y(t-10)+0.9306y(t-11)-0.4008y(t-12)-0.2829y(t-13)+0.2726y(t-14)-0.2021y(t-15)-0.8705e(t-1)-1.407 e(t-2)+1.045 e(t-3)+1.221 e(t-4)-0.472 e(t-5)-0.6011 e(t-6)-0.5579 e(t-7)+0.1509 e(t-8)+1.363 e(t-9)-0.3052 e(t-10)-1.407 e(t-11)+0.4478 e(t-12)+0.8064 e(t-13)-0.4152 e(t-14)+e(t)$$



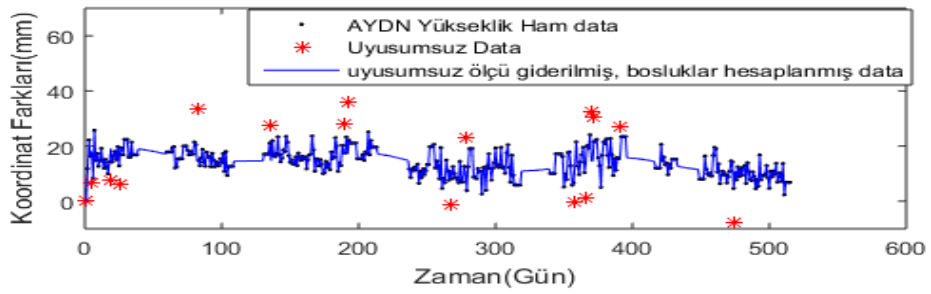
(a)



(b)

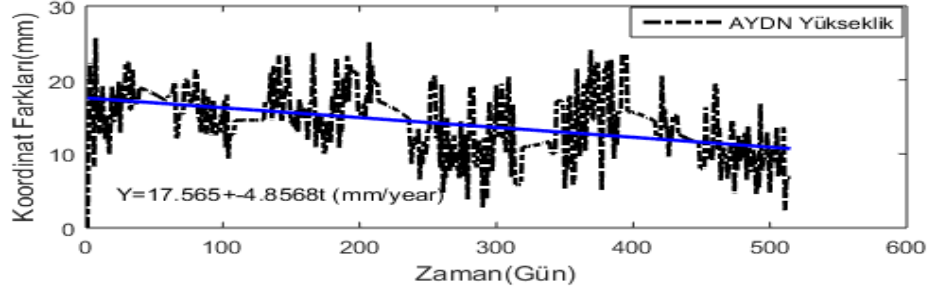


(c)

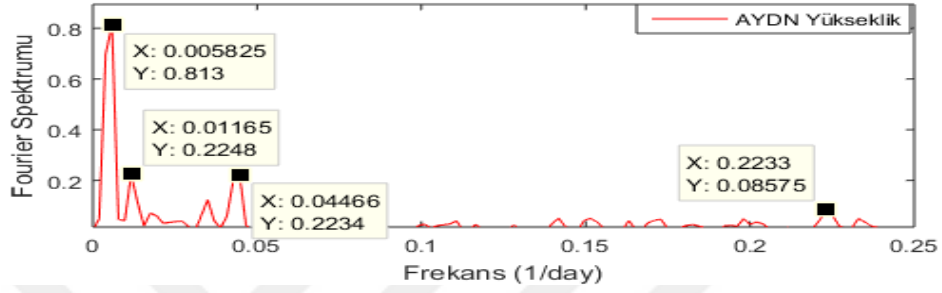


(d)

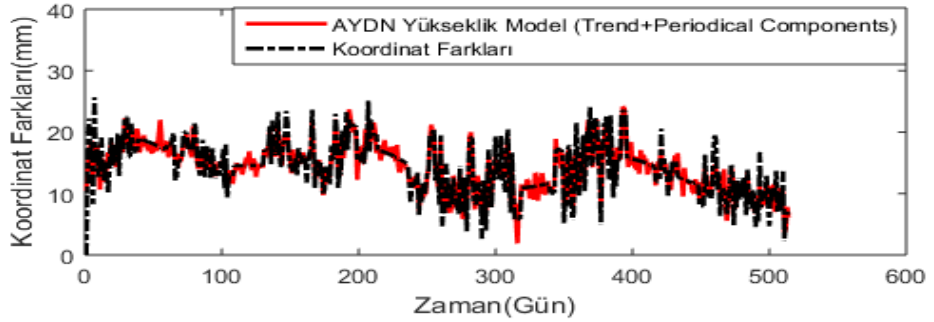
Şekil B.43. (a) AYDN yükseklik zaman serisi, (b) AYDN yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) AYDN yükseklik ağırlıklar, (d) AYDN yükseklik uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



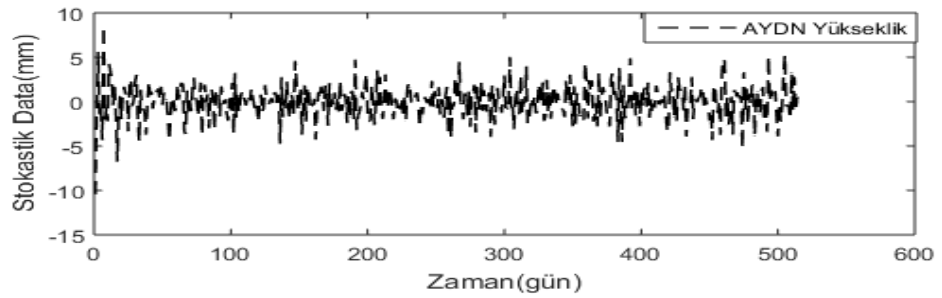
(a)



(b)

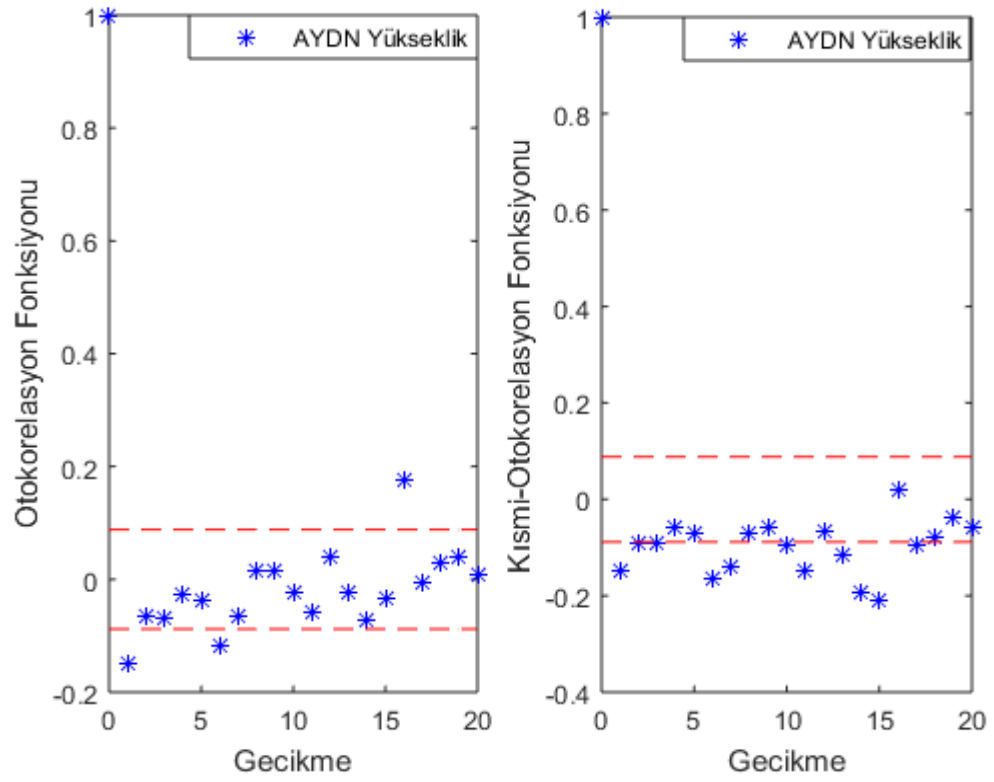


(c)

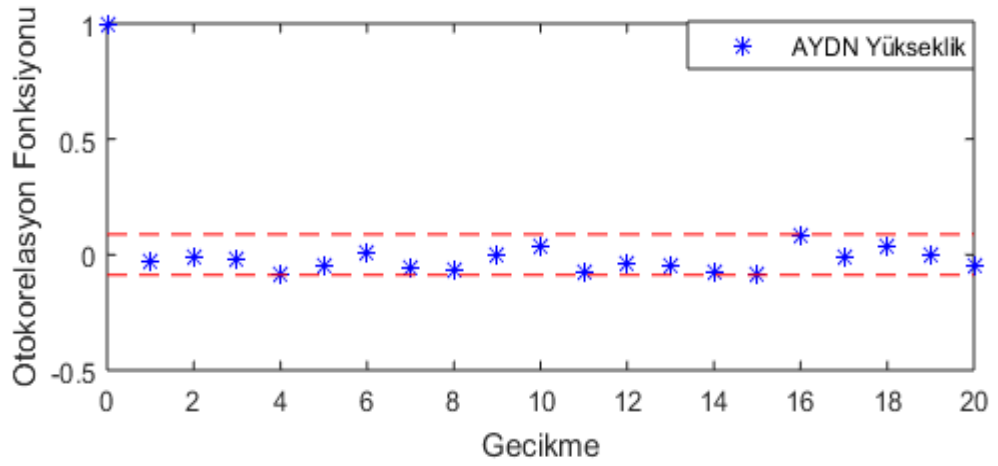


(d)

Şekil B.44. (a) AYDN yükseklik lineer modeli, (b) AYDN yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) AYDN yükseklik model ve koordinat farkları, (d) AYDN yükseklik stokastik bileşeni.



(a)

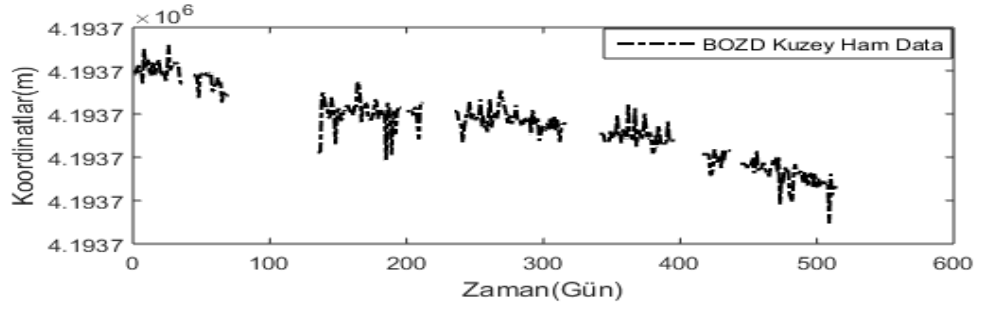


(b)

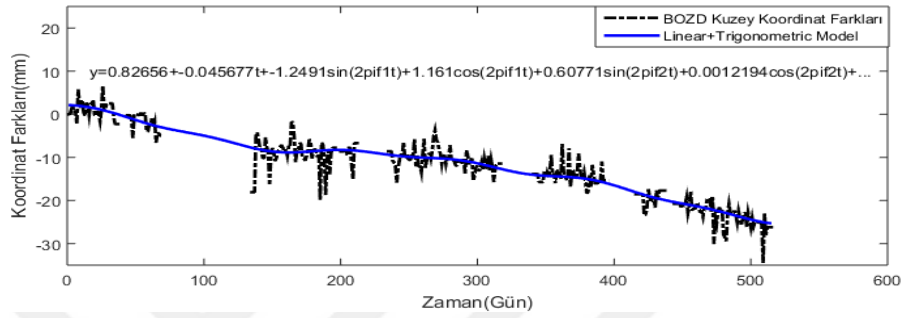
Şekil B.45. (a) AYDN yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, **(b)** AYDN yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(4,6)

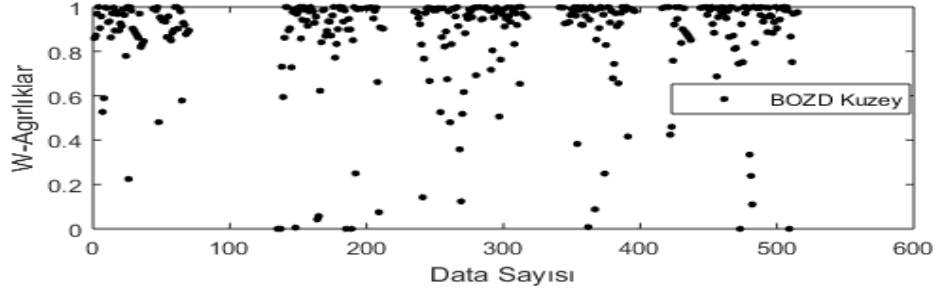
$$y(t)=1.575y(t-1)-1.551y(t-2)+1.457y(t-3)-0.6605y(t-4)-1.96e(t-1)+1.987e(t-2)-2.002e(t-3)+1.188e(t-4)-0.2704e(t-5)+0.07655e(t-6)+e(t)$$



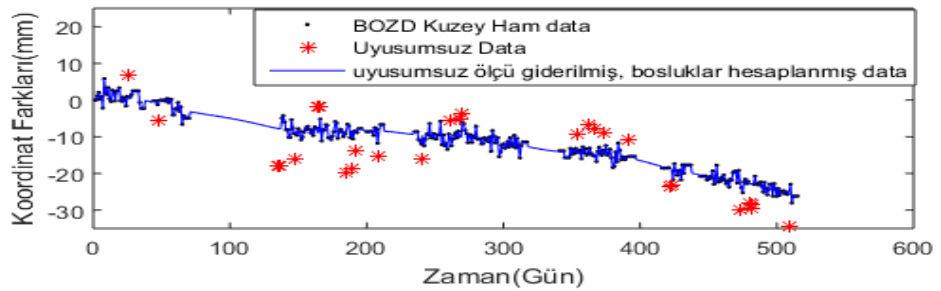
(a)



(b)

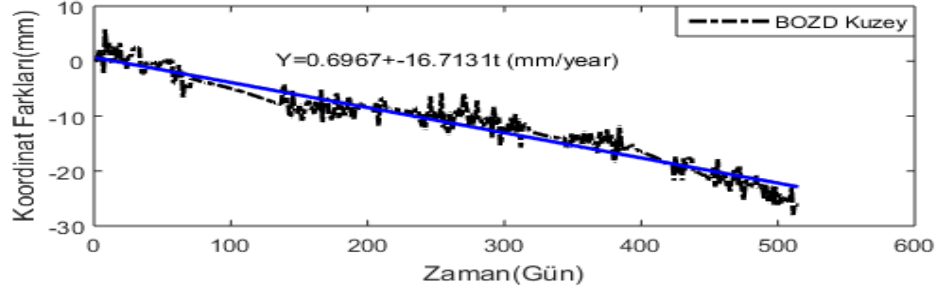


(c)

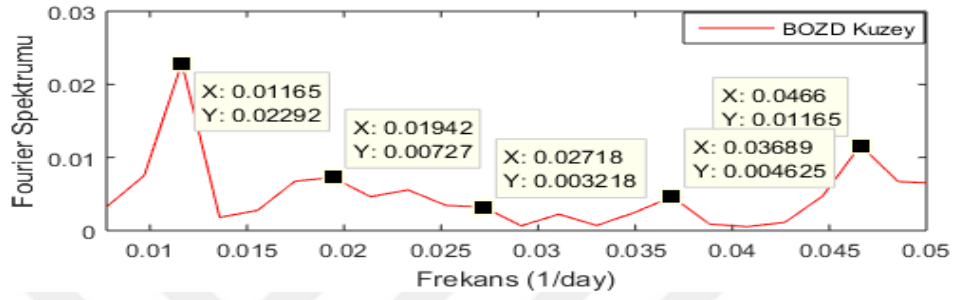


(d)

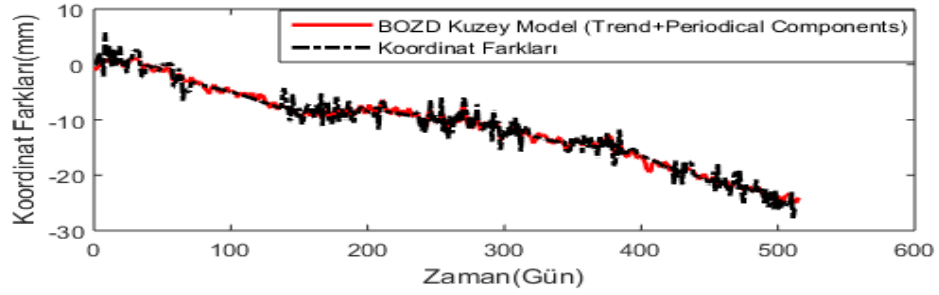
Şekil B.46. (a) BOZD kuzey zaman serisi, (b) BOZD kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) BOZD kuzey ağırlıklar, (d) BOZD kuzey uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



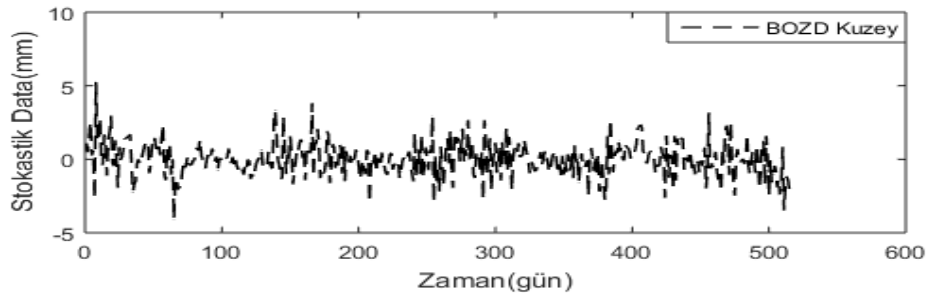
(a)



(b)

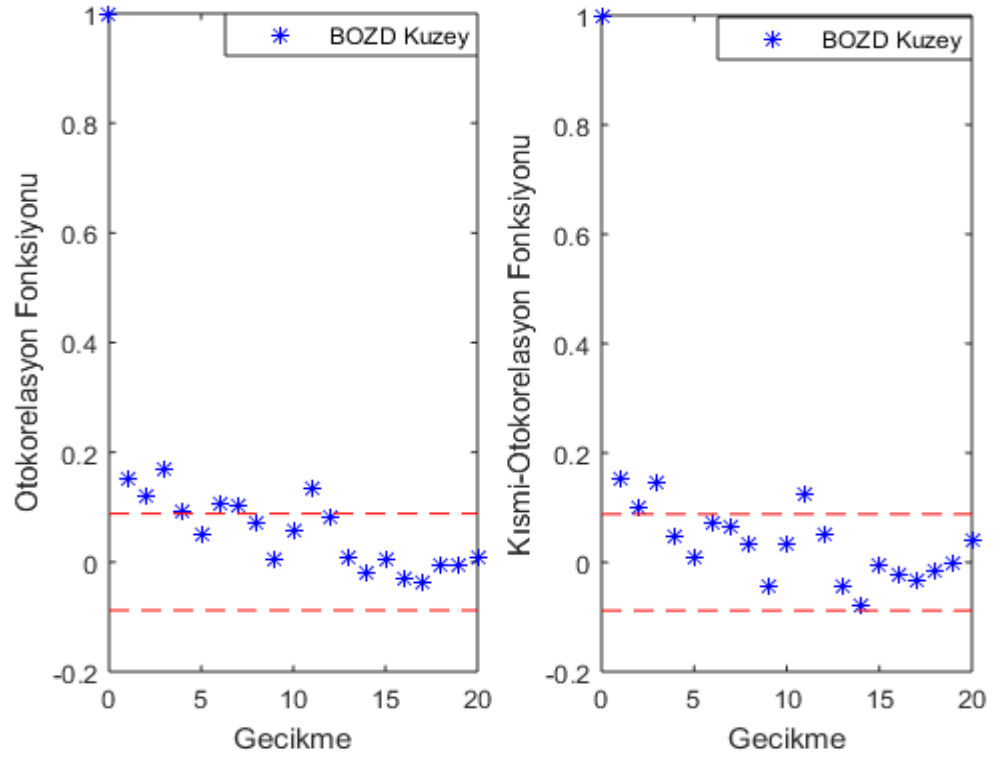


(c)

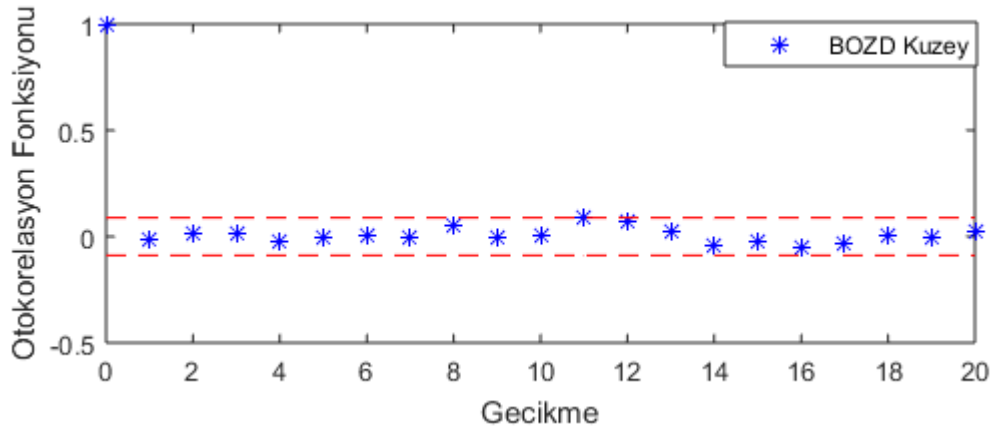


(d)

Şekil B.47. (a) BOZD kuzey lineer modeli, (b) BOZD kuzey güç-frekans değişimleri, (c) BOZD kuzey model ve koordinat farkları, (d) BOZD kuzey stokastik bileşeni.



(a)

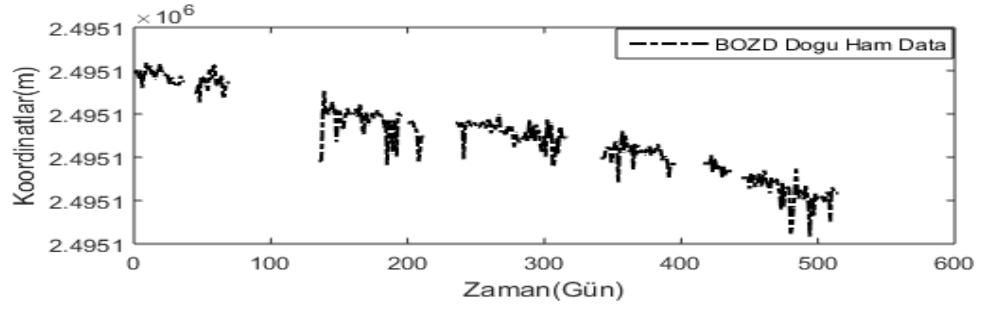


(b)

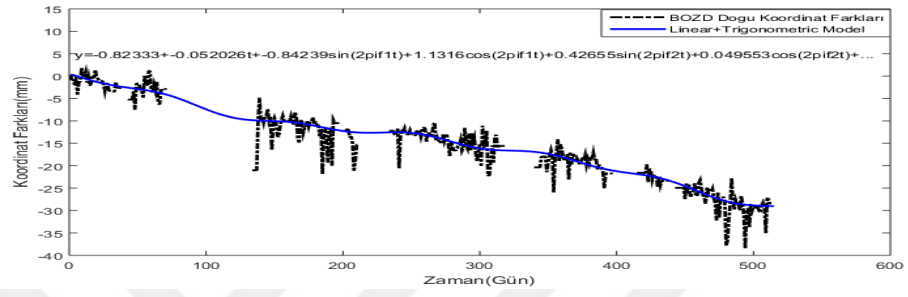
Şekil B.48. (a) BOZD kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) BOZD kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(6,2)

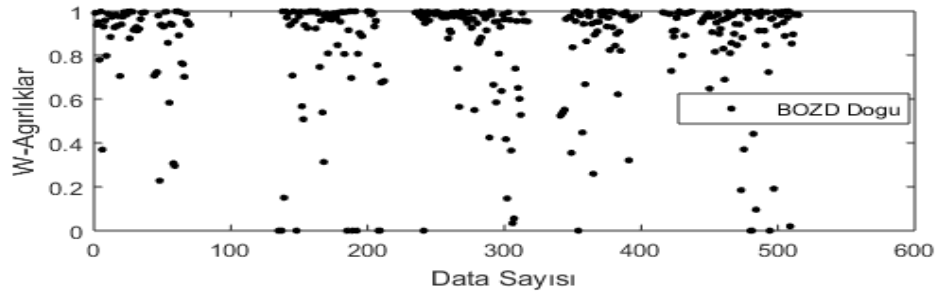
$$y(t)=0.5003y(t-1)-0.8471y(t-2)+0.1995y(t-3)+0.05753y(t-4)+0.05695y(t-5)+0.1085y(t-6)-0.3921e(t-1)+0.9033e(t-2)+e(t)$$



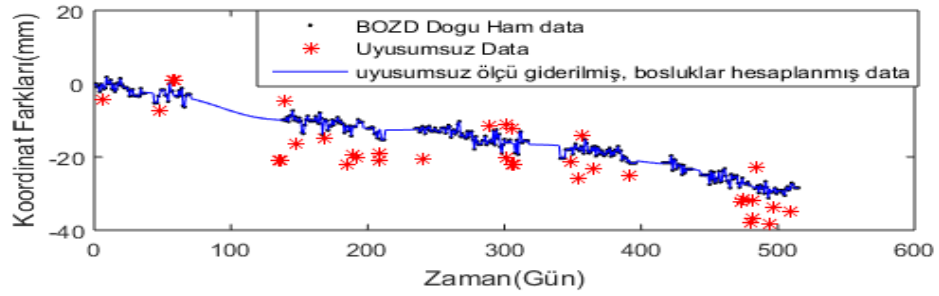
(a)



(b)

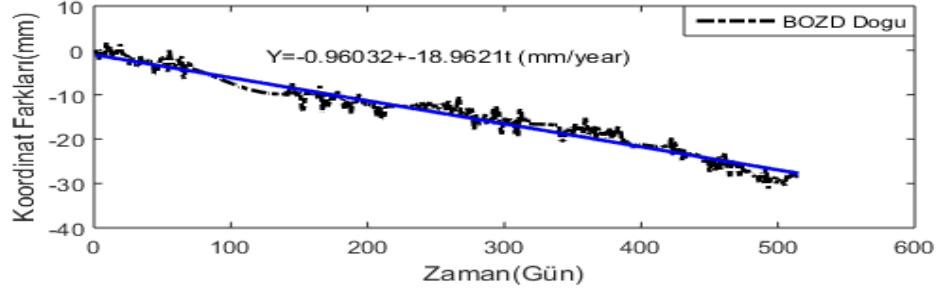


(c)

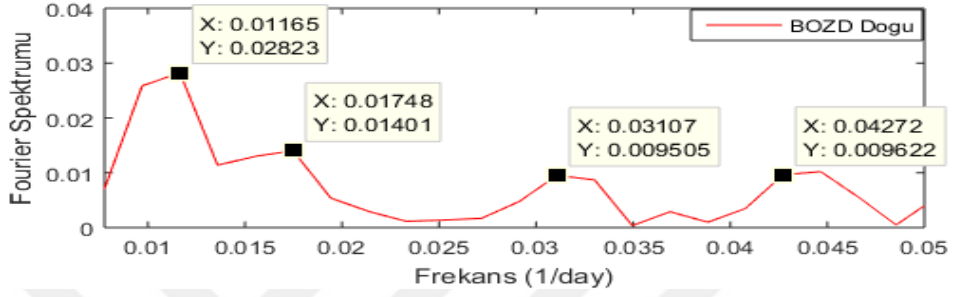


(d)

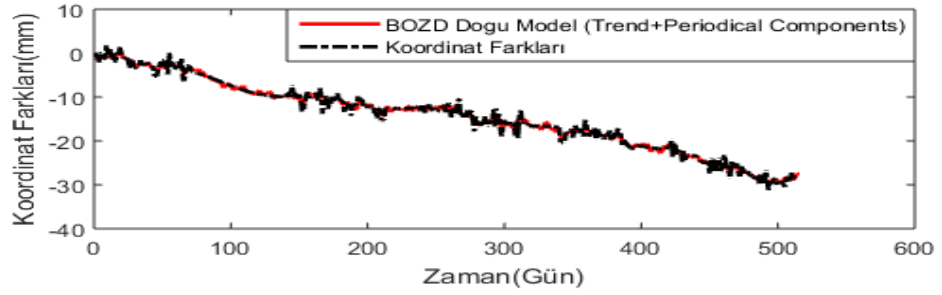
Şekil B.49. (a) BOZD doğu zaman serisi, (b) BOZD doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) BOZD doğu ağırlıklar, (d) BOZD doğu uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



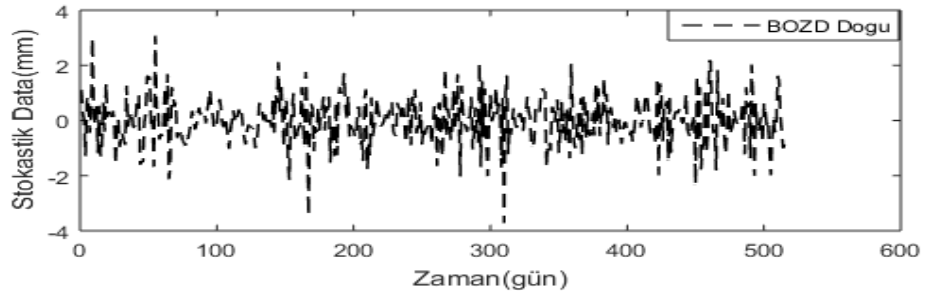
(a)



(b)

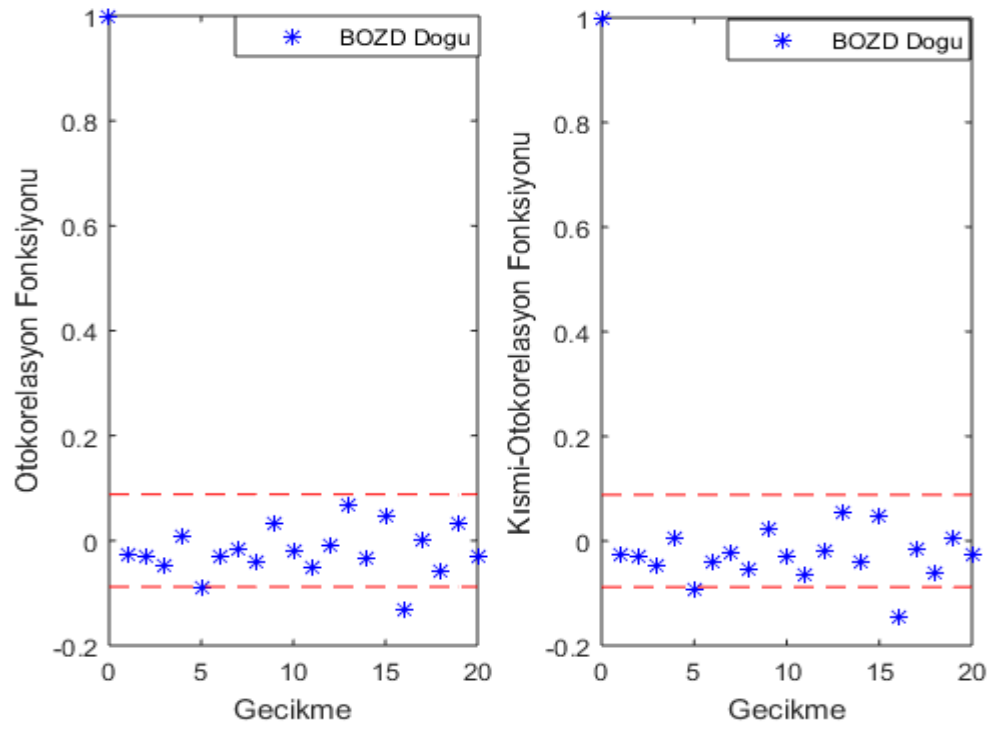


(c)

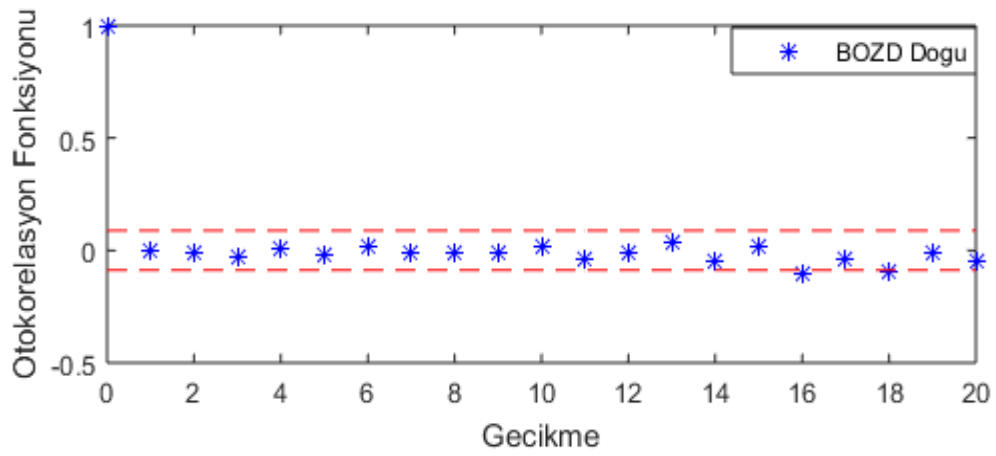


(d)

Şekil B.50. (a) BOZD doğu lineer modeli, (b) BOZD doğu güç-frekans değişimleri, (c) BOZD doğu model ve koordinat farkları, (d) BOZD doğu stokastik bileşeni.



(a)

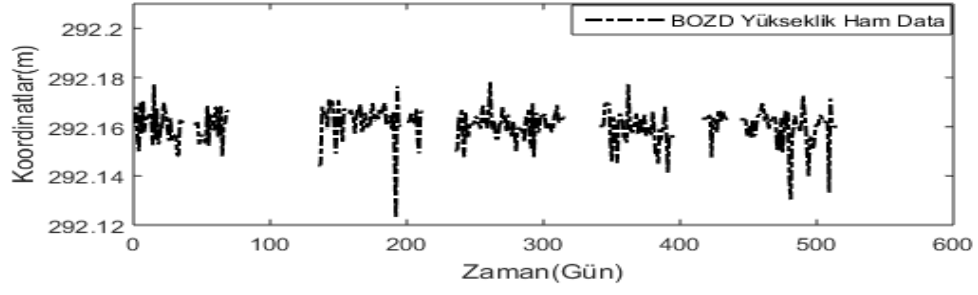


(b)

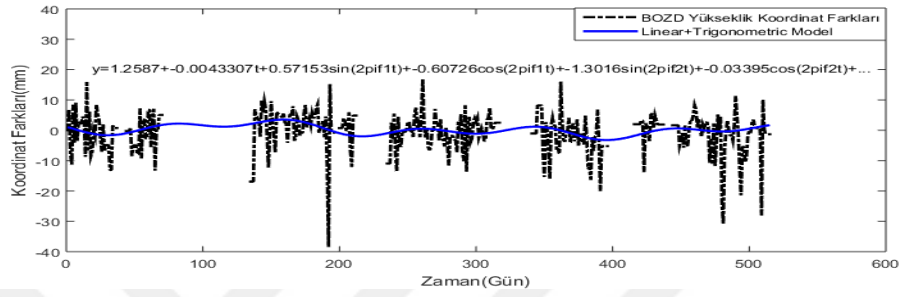
Şekil B.51. (a) BOZD doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, **(b)** BOZD doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(8,6)

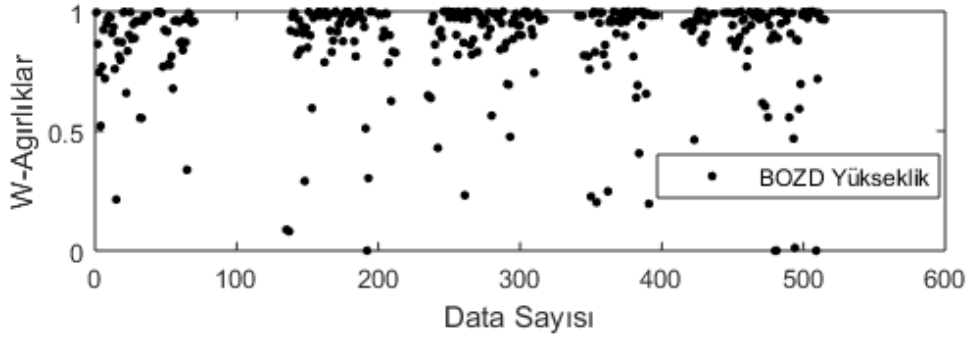
$$y(t) = -0.7169y(t-1) - 0.2453y(t-2) - 0.1865y(t-3) + 0.01761y(t-4) + 0.4813y(t-5) + 0.64y(t-6) - 0.06113y(t-7) - 0.0742y(t-8) + 0.6451e(t-1) + 0.1339e(t-2) + 0.05515e(t-3) - 0.1496e(t-4) - 0.7044e(t-5) - 0.8643e(t-6) + e(t)$$



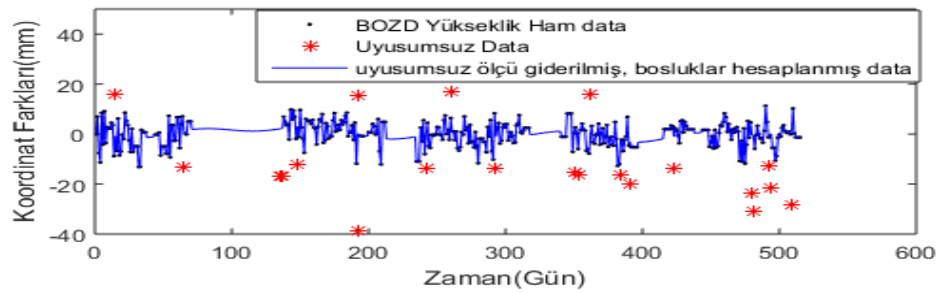
(a)



(b)

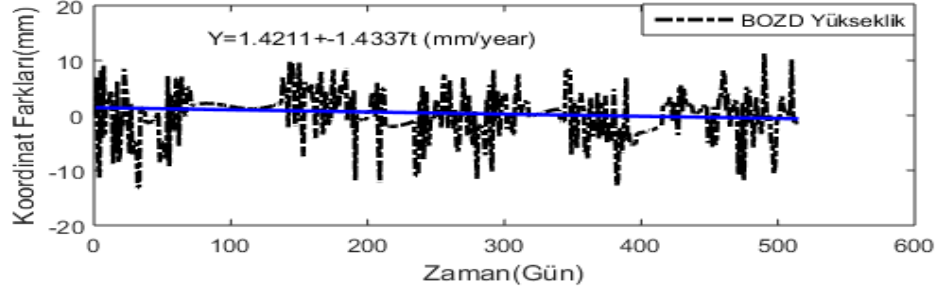


(c)

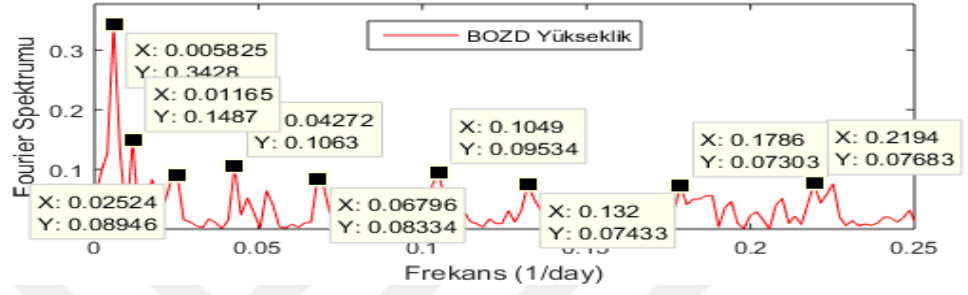


(d)

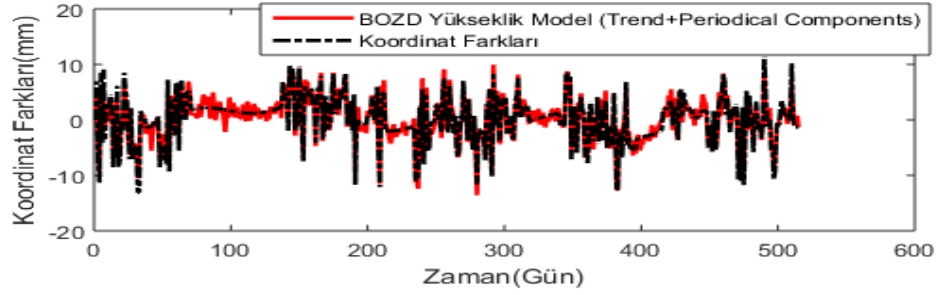
Şekil B.52. (a) BOZD yükseklik zaman serisi, (b) BOZD yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) BOZD yükseklik ağırlıklar, (d) BOZD yükseklik uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



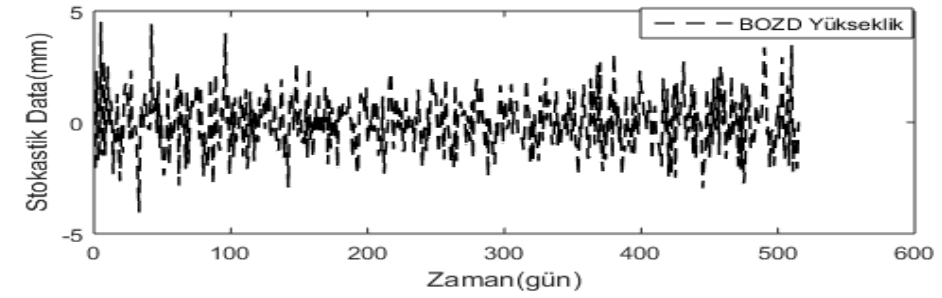
(a)



(b)

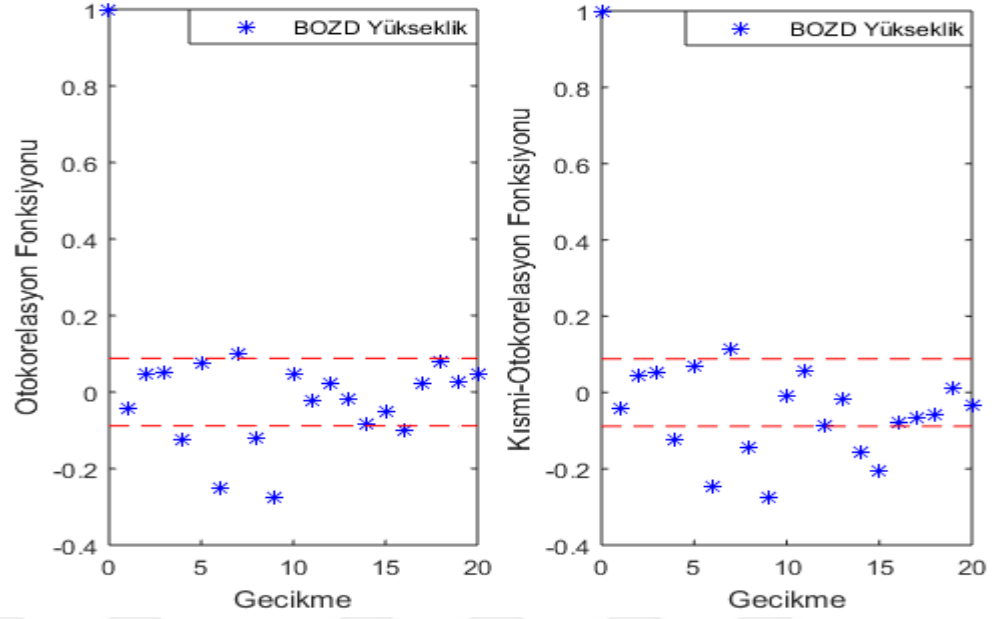


(c)

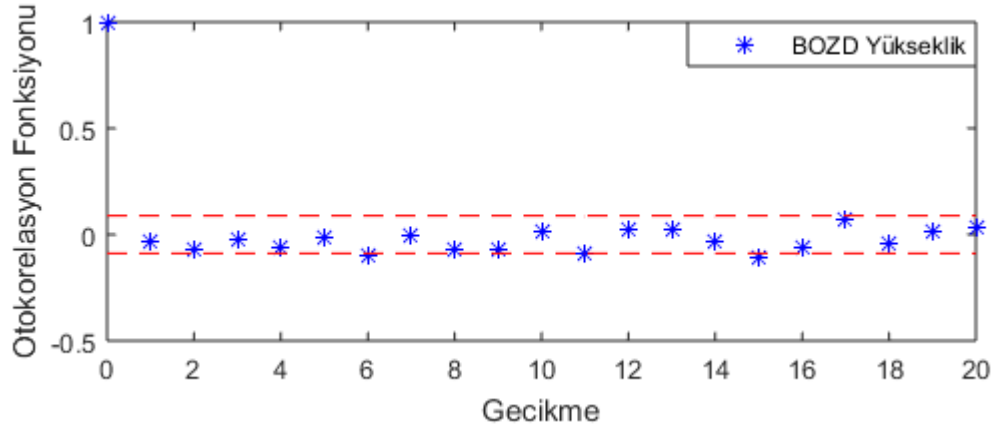


(d)

Şekil B.53. (a) BOZD yükseklik lineer modeli, (b) BOZD yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) BOZD yükseklik model ve koordinat farkları, (d) BOZD doğu stokastik bileşeni.



(a)

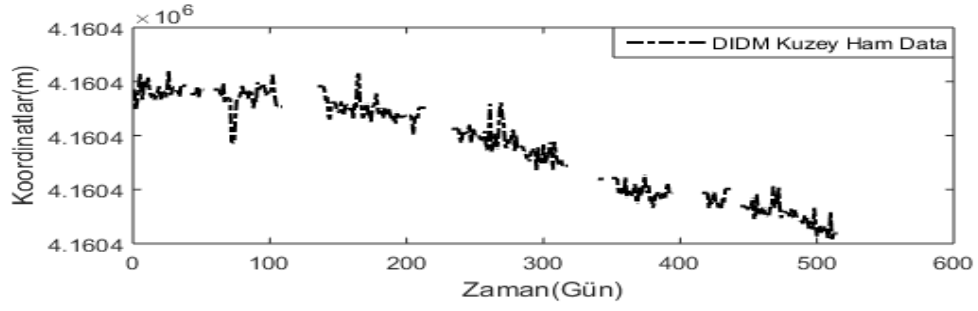


(b)

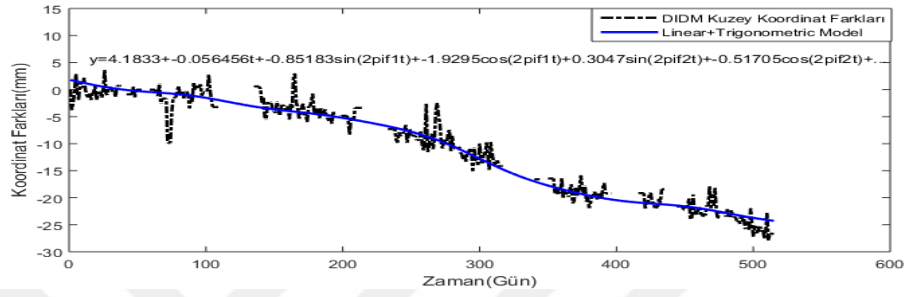
Şekil B.54. (a) BOZD yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, **(b)** BOZD yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(12,10)

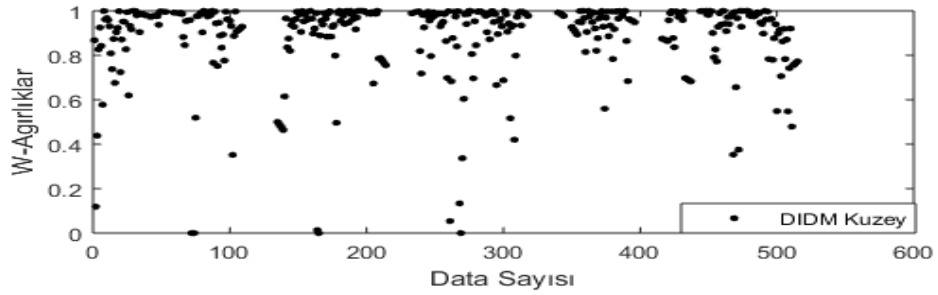
$$y(t)=0.4959y(t-1)+0.4056y(t-2)-0.5024y(t-3)-0.0575y(t-4)+0.517y(t-5)-0.348y(t-6)+0.08725y(t-7)+0.08476y(t-8)-0.02295y(t-9)-0.2826y(t-10)+0.2755y(t-11)-0.2777y(t-12)-0.6989e(t-1)-0.3052e(t-2)+0.5149e(t-3)-0.1966e(t-4)-0.572e(t-5)+0.2107e(t-6)+0.1238e(t-7)-0.3053e(t-8)-0.4716e(t-9)+0.7816e(t-10)+e(t)$$



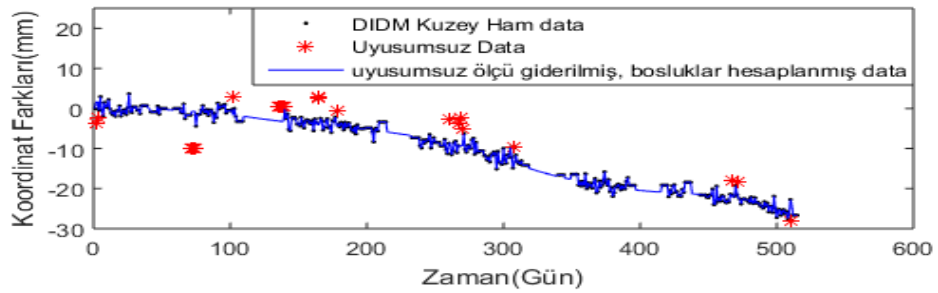
(a)



(b)

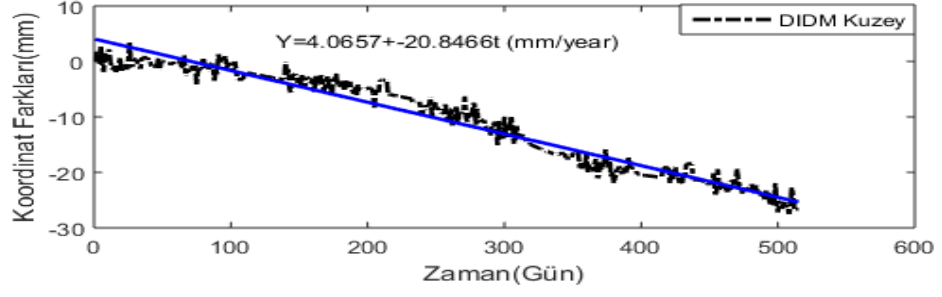


(c)

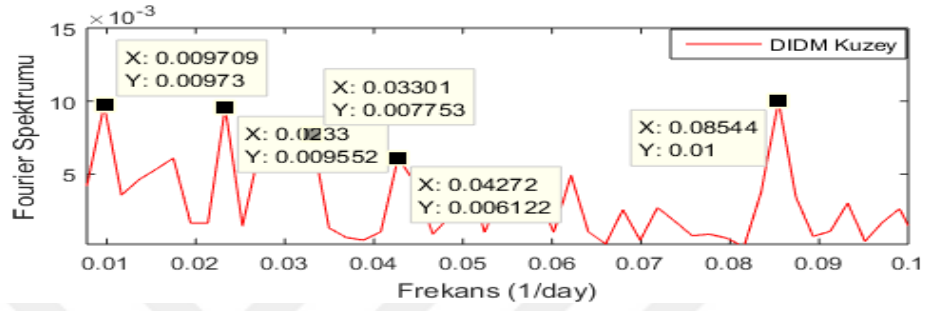


(d)

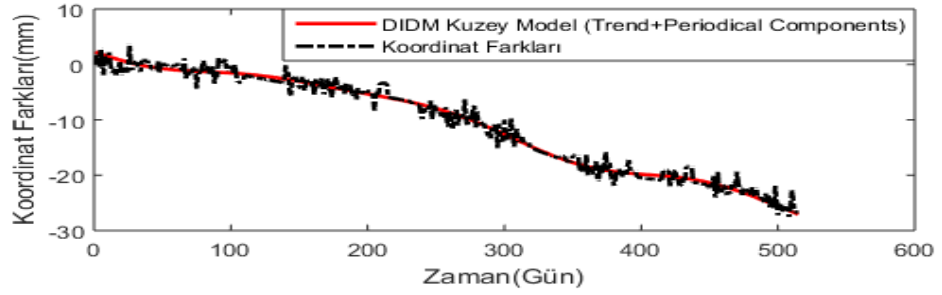
Şekil B.55. (a) DIDM kuzey zaman serisi, (b) DIDM kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDM kuzey ağırlıklar, (d) DIDM kuzey uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



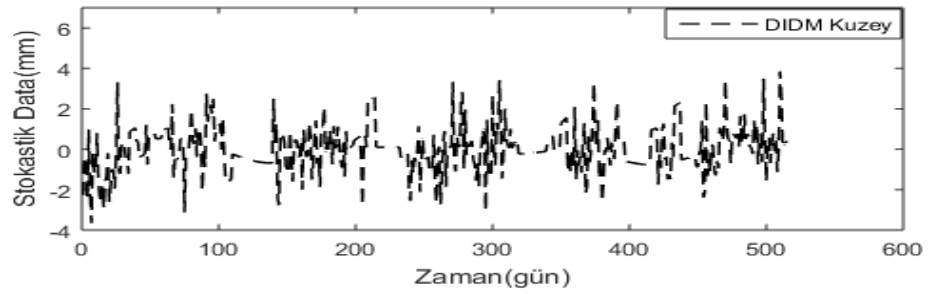
(a)



(b)

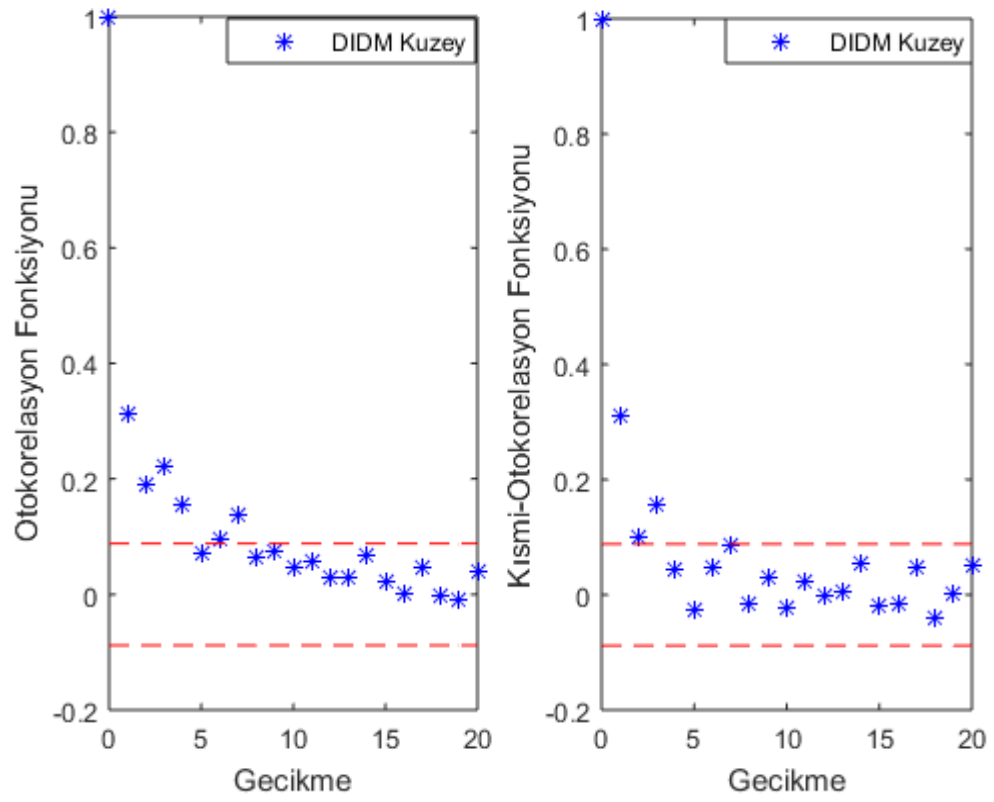


(c)

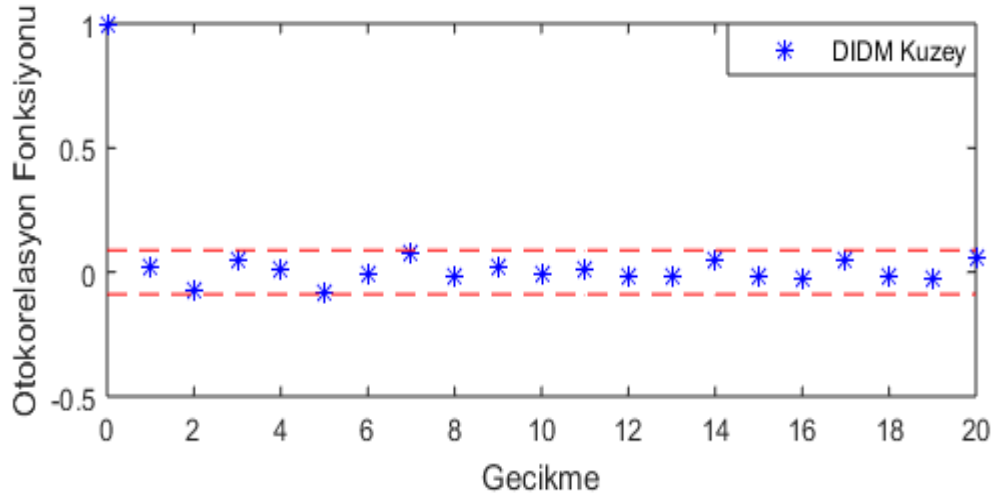


(d)

Şekil B.56. (a) DIDM kuzey lineer modeli, (b) DIDM kuzey güç-frekans değişimleri, (c) DIDM kuzey model ve koordinat farkları, (d) DIDM kuzey stokastik bileşeni.



(a)

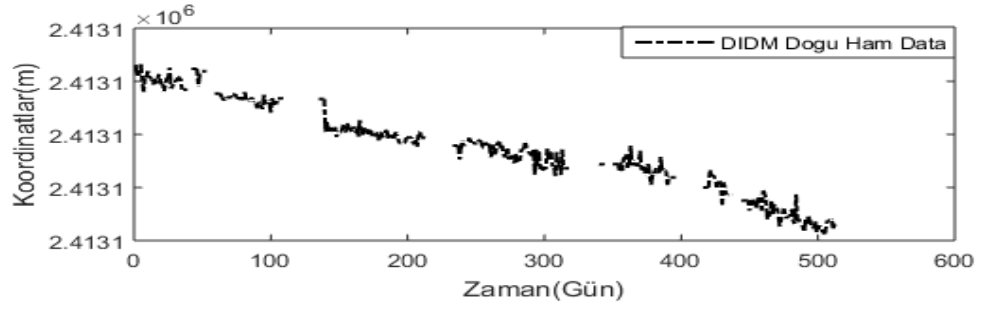


(b)

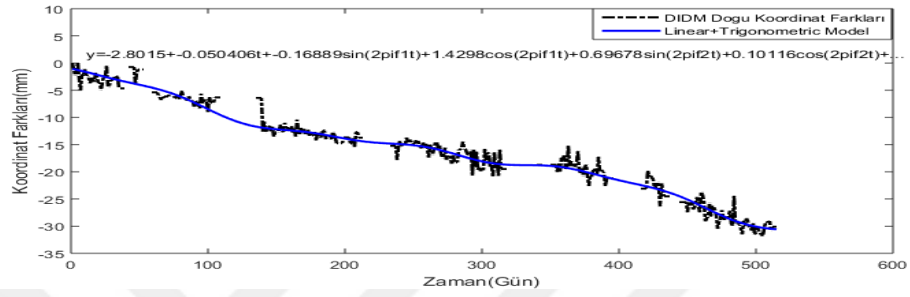
Şekil B.57. (a) DIDM kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDM kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(1,1)

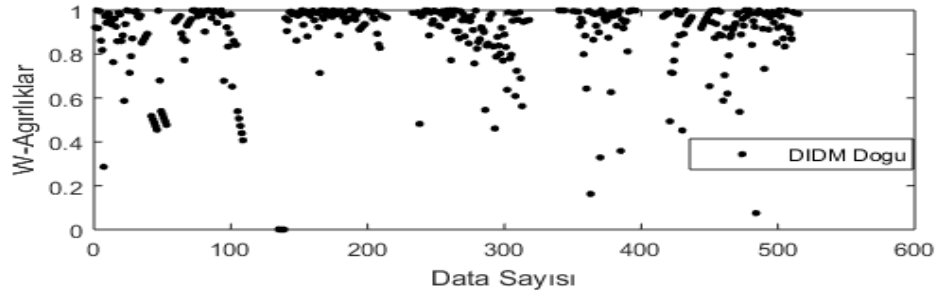
$$y(t)=0.7941y(t-1)-0.5669e(t-1)+e(t)$$



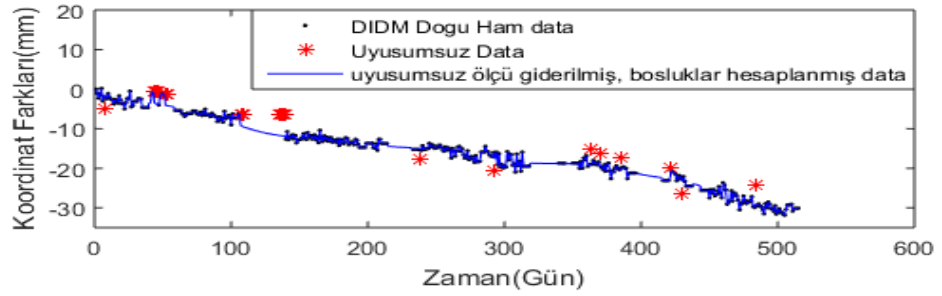
(a)



(b)

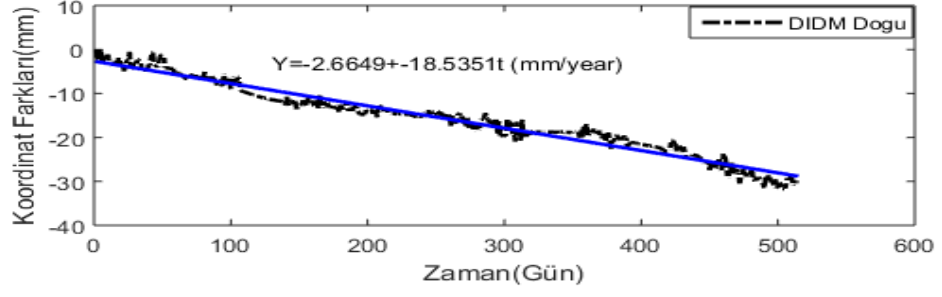


(c)

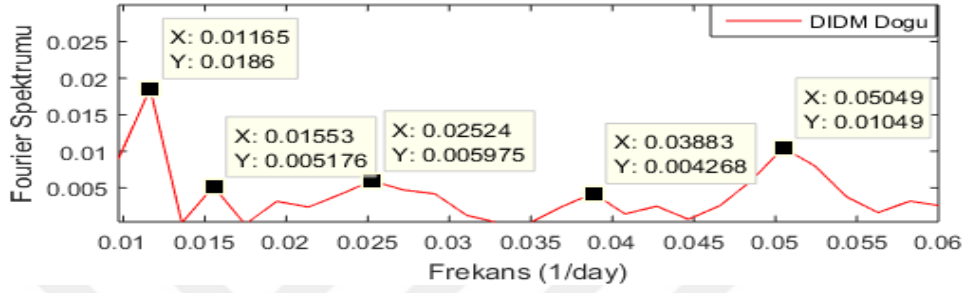


(d)

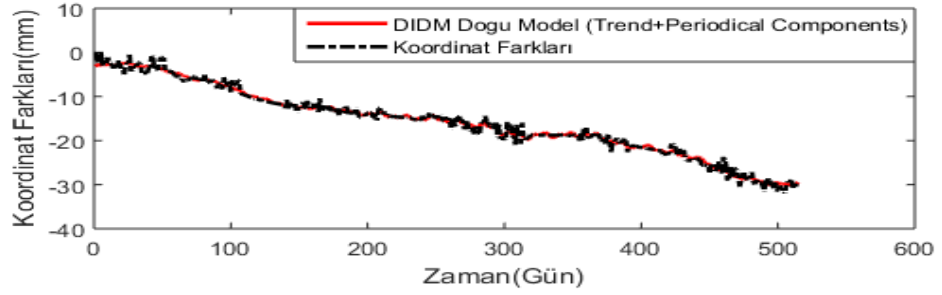
Şekil B.58. (a) DIDM doğu zaman serisi, (b) DIDM doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDM doğu ağırlıklar, (d) DIDM doğu uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



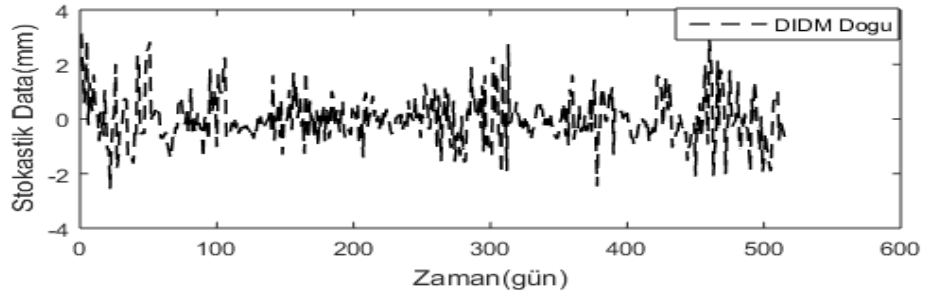
(a)



(b)

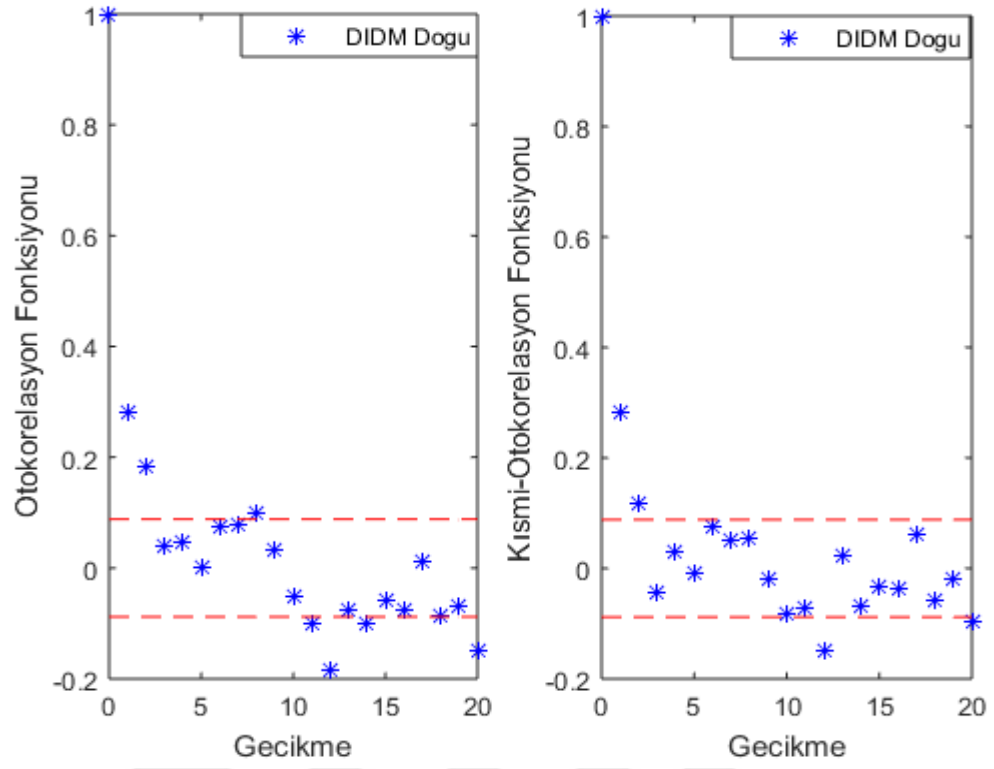


(c)

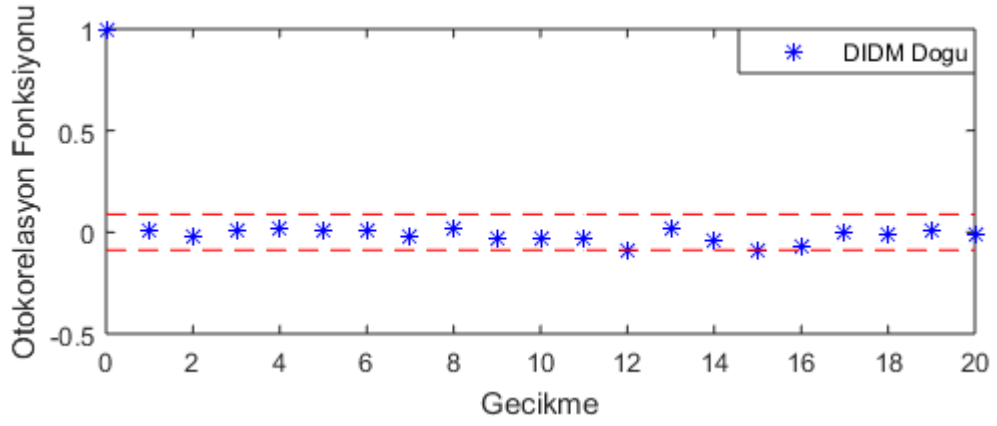


(d)

Şekil B.59. (a) DIDM doğu linear modeli, (b) DIDM doğu güç-frekans değişimleri, (c) DIDM doğu model ve koordinat farkları, (d) DIDM doğu stokastik bileşeni.



(a)

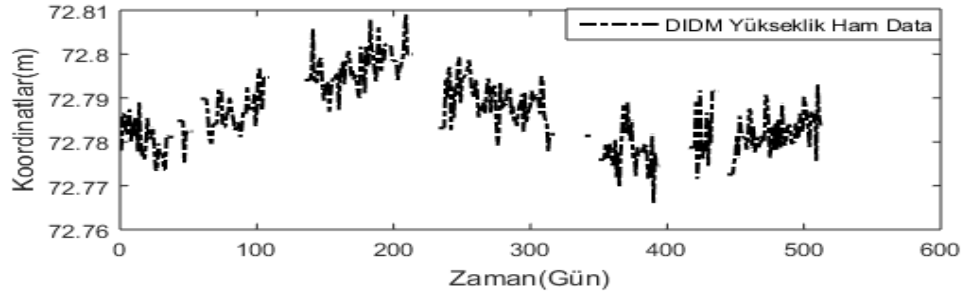


(b)

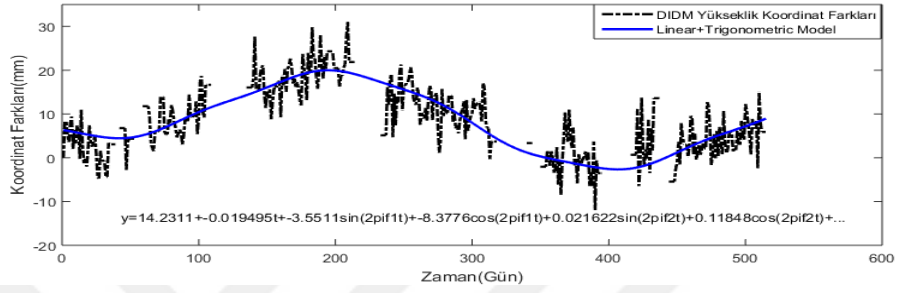
Şekil B.60. (a) DIDM doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDM doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(5,5)

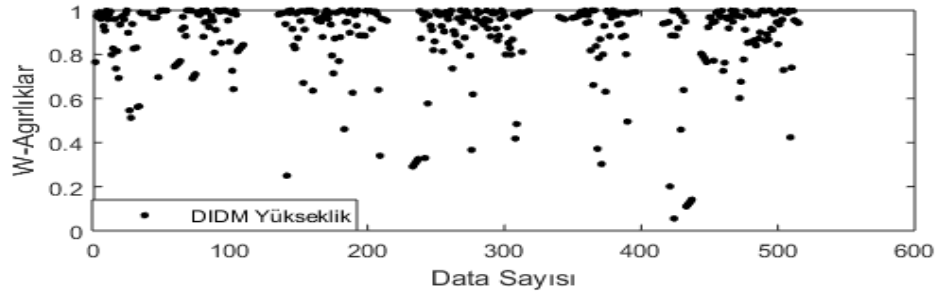
$$y(t)=0.1505y(t-1)+1.197y(t-2)-1.044y(t-3)-0.5298y(t-4)+0.6316y(t-5)+0.09289e(t-1)-1.07e(t-2)+0.7639e(t-3)+0.585e(t-4)-0.378e(t-5)+e(t)$$



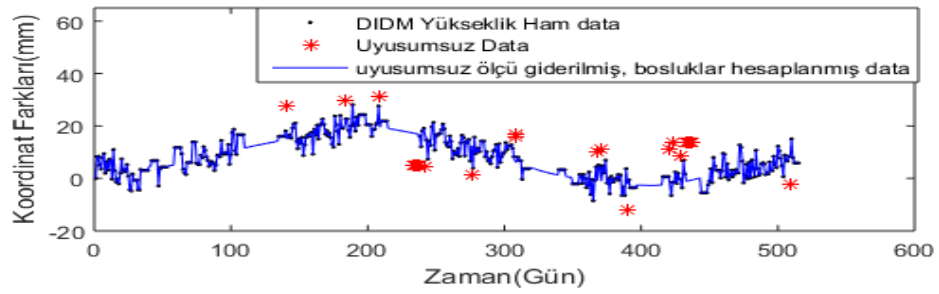
(a)



(b)

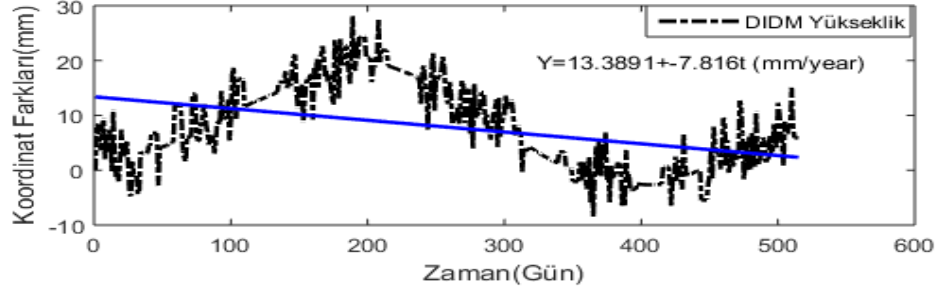


(c)

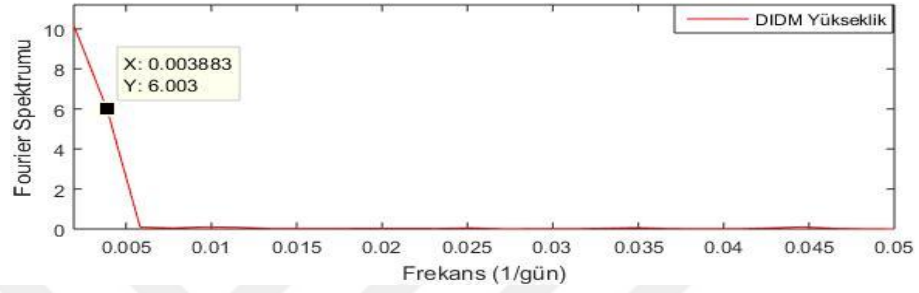


(d)

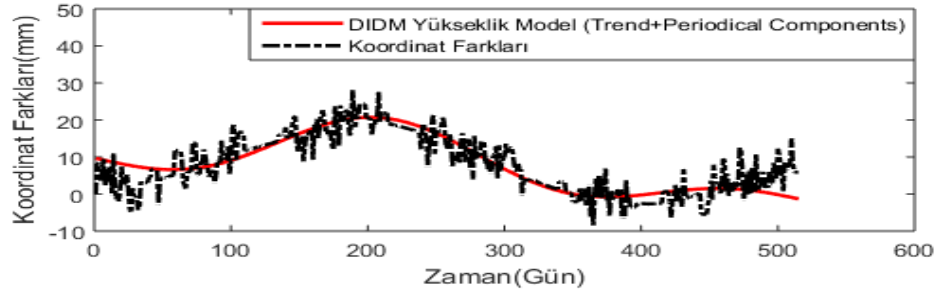
Şekil B.61. (a) DIDM yükseklik zaman serisi, (b) DIDM yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) DIDM yükseklik ağırlıklar, (d) DIDM yükseklik uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



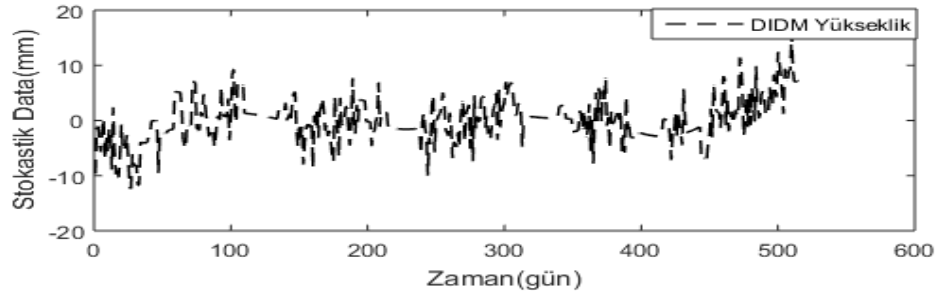
(a)



(b)

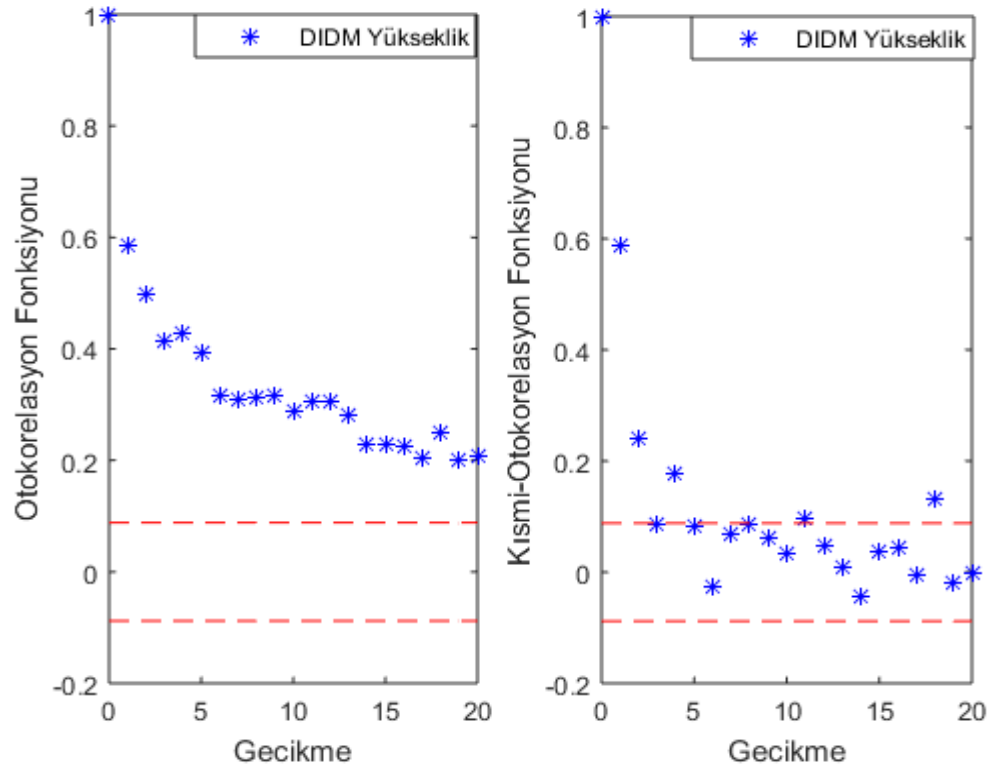


(c)

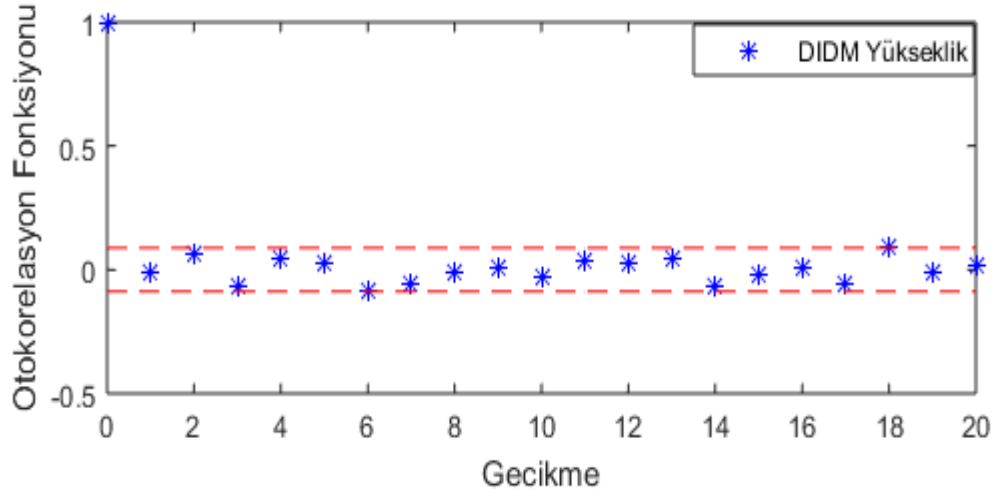


(d)

Şekil B.62. (a) DIDM yükseklik lineer modeli, (b) DIDM yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) DIDM yükseklik model ve koordinat farkları, (d) DIDM yükseklik stokastik bileşeni.



(a)

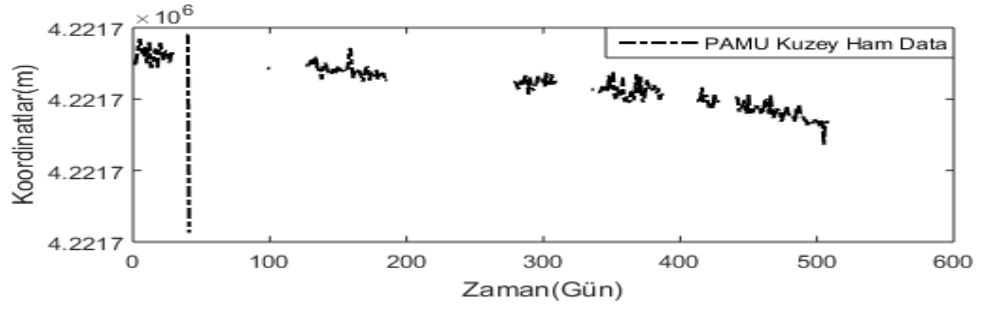


(b)

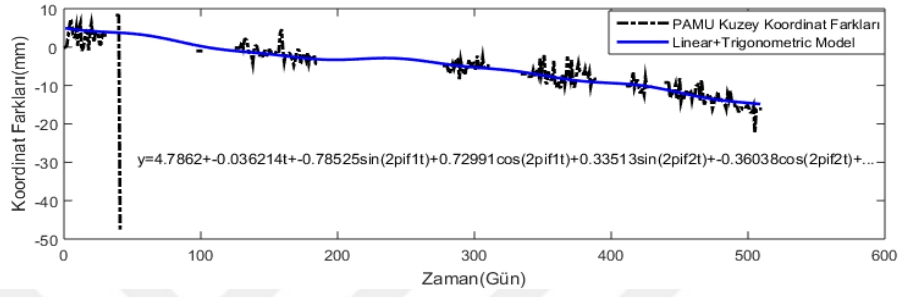
Şekil B.63. (a) DIDM yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) DIDM yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(2,1)

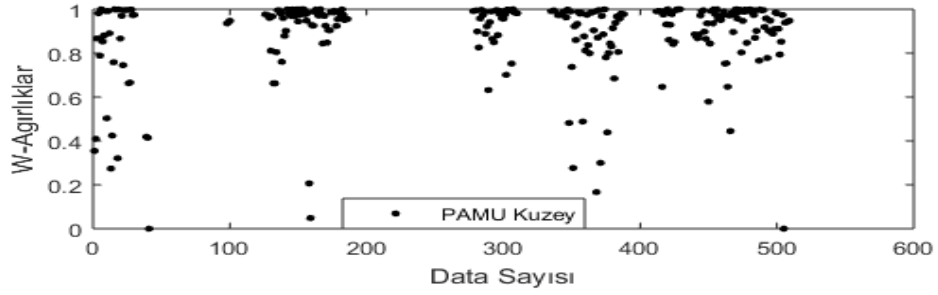
$$y(t)=1.211y(t-1)-0.2327y(t-2)-0.818e(t-1)+e(t)$$



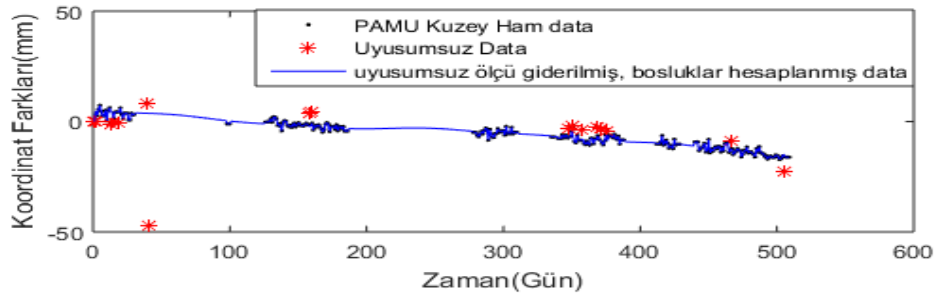
(a)



(b)

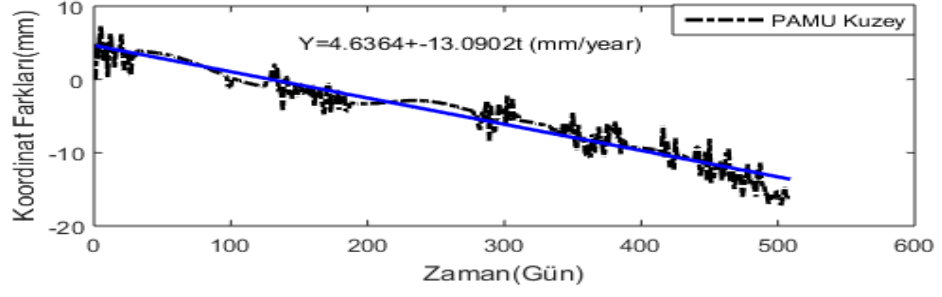


(c)

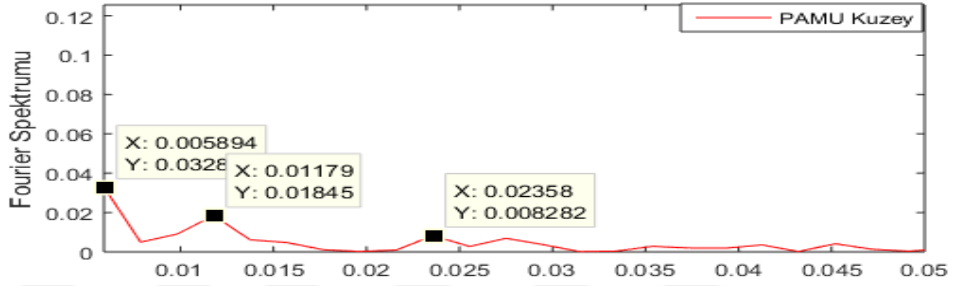


(d)

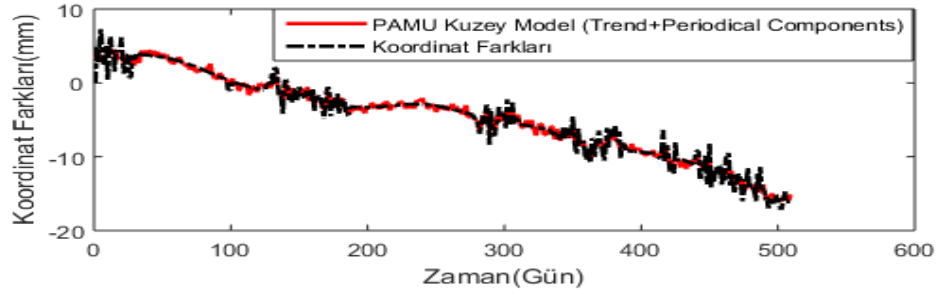
Şekil B.64. (a) PAMU kuzey zaman serisi, (b) PAMU kuzey lineer + trigonometrik modeli, (c) PAMU kuzey ağırlıklar, (d) PAMU kuzey uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



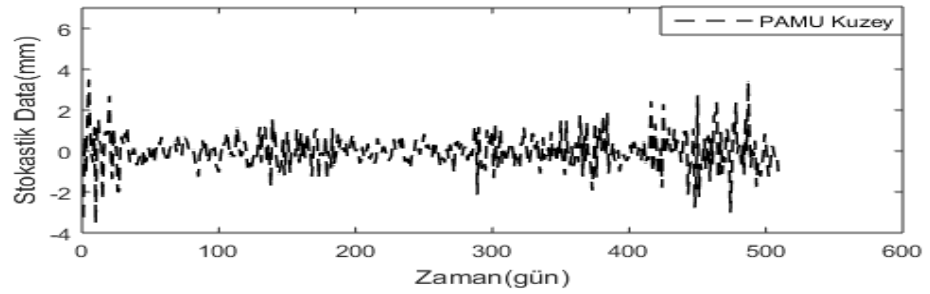
(a)



(b)

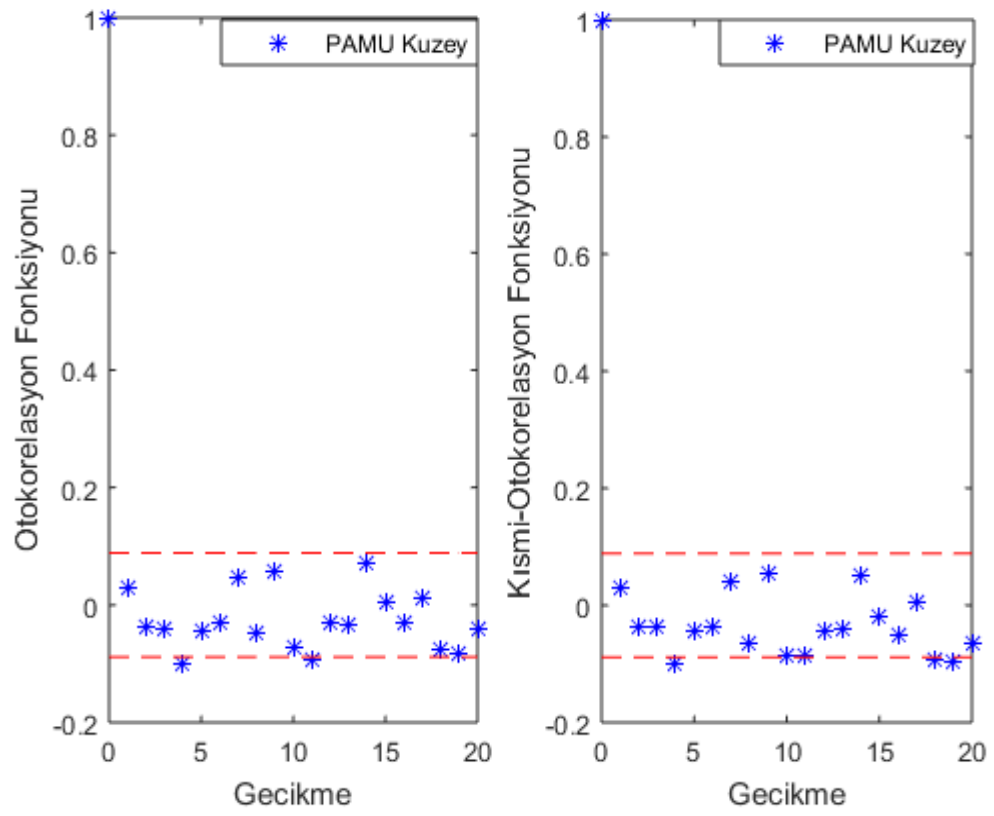


(c)

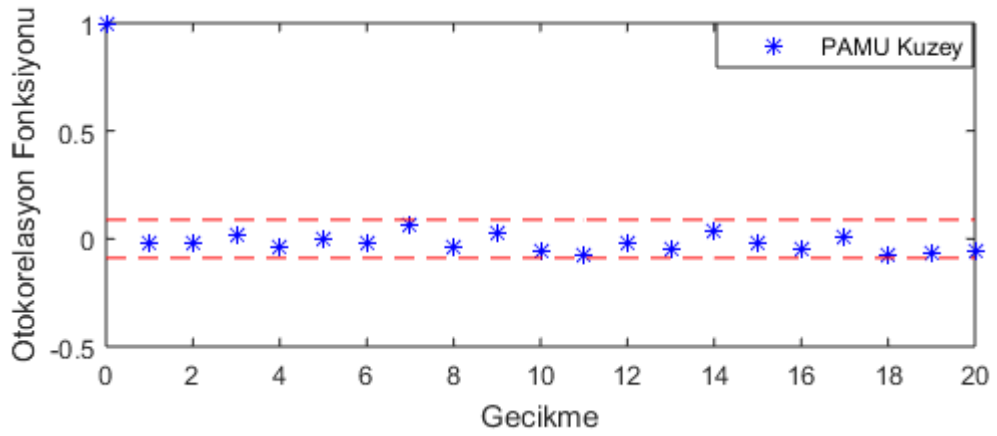


(d)

Şekil B.65. (a) PAMU kuzey lineer modeli, (b) PAMU kuzey güç-frekans değişimleri, (c) PAMU kuzey model ve koordinat farkları, (d) PAMU kuzey stokastik bileşeni.



(a)

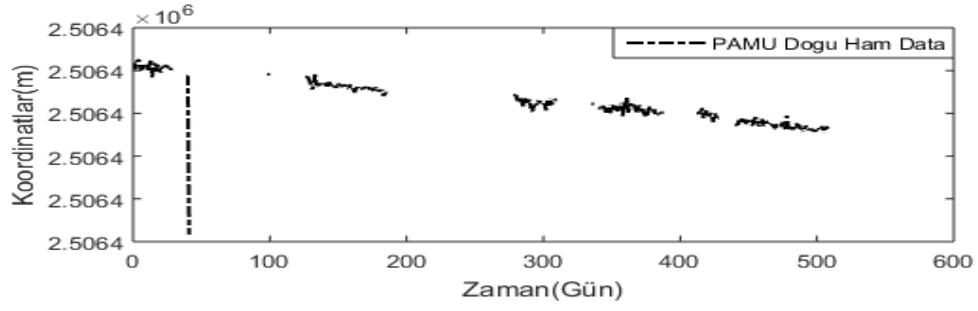


(b)

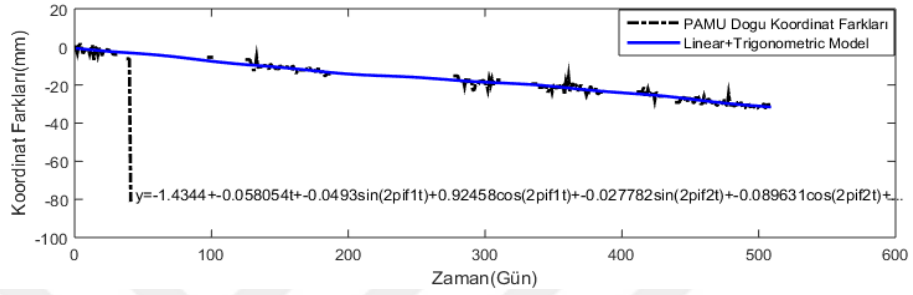
Şekil B.66. (a) PAMU kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) PAMU kuzey otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(2,1)

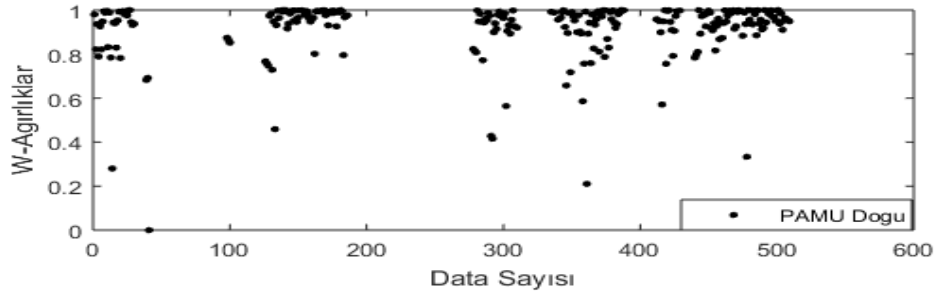
$$y(t)=0.9745y(t-1)-0.09515y(t-2)+0.9855e(t-1)+e(t)$$



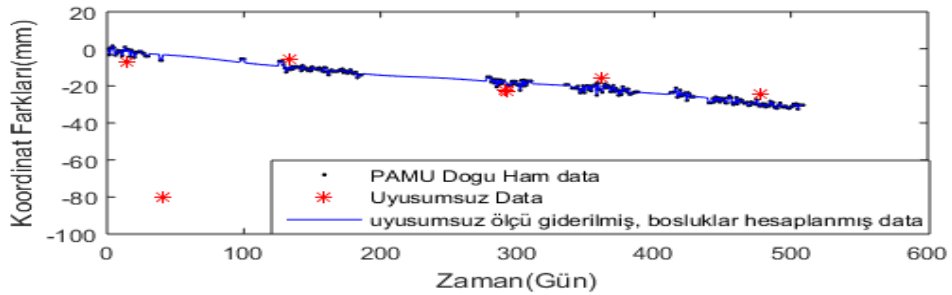
(a)



(b)

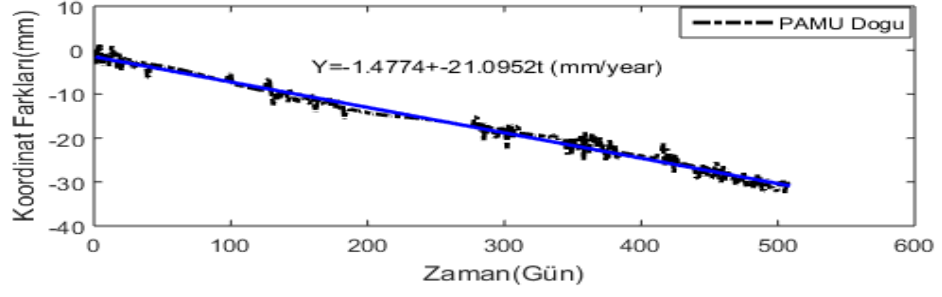


(c)

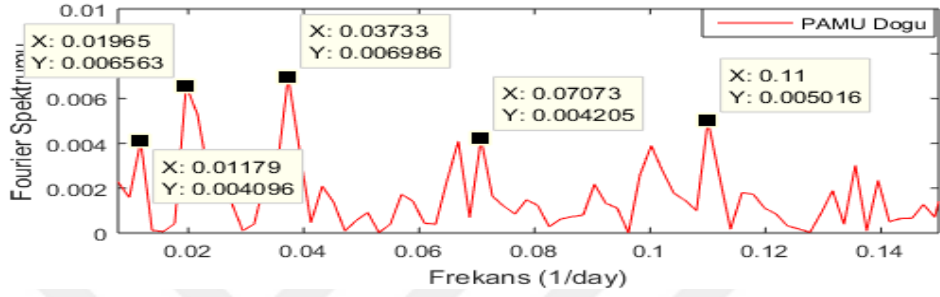


(d)

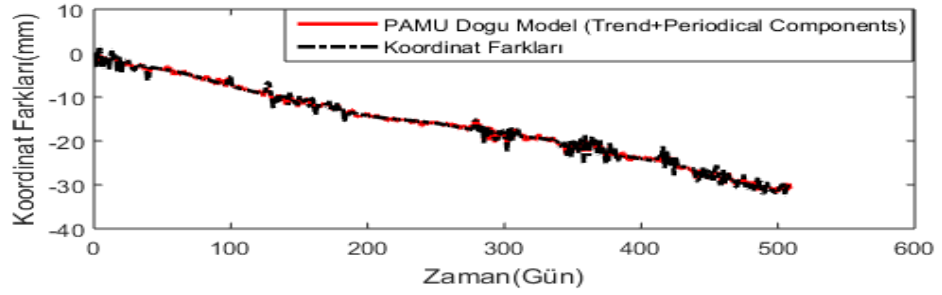
Şekil B.67. (a) PAMU doğu zaman serisi, (b) PAMU doğu lineer + trigonometrik modeli, (c) PAMU doğu ağırlıklar, (d) PAMU doğu uyumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



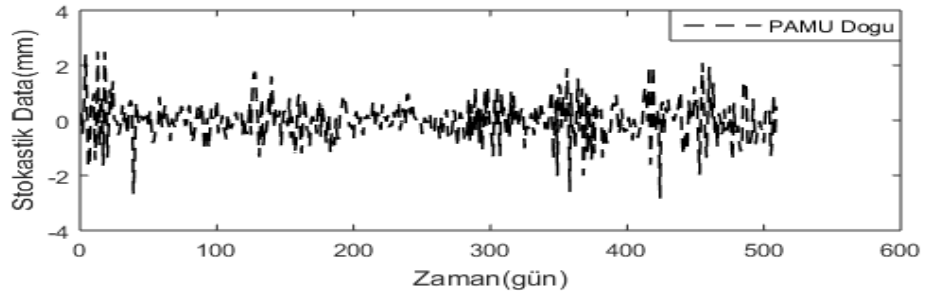
(a)



(b)

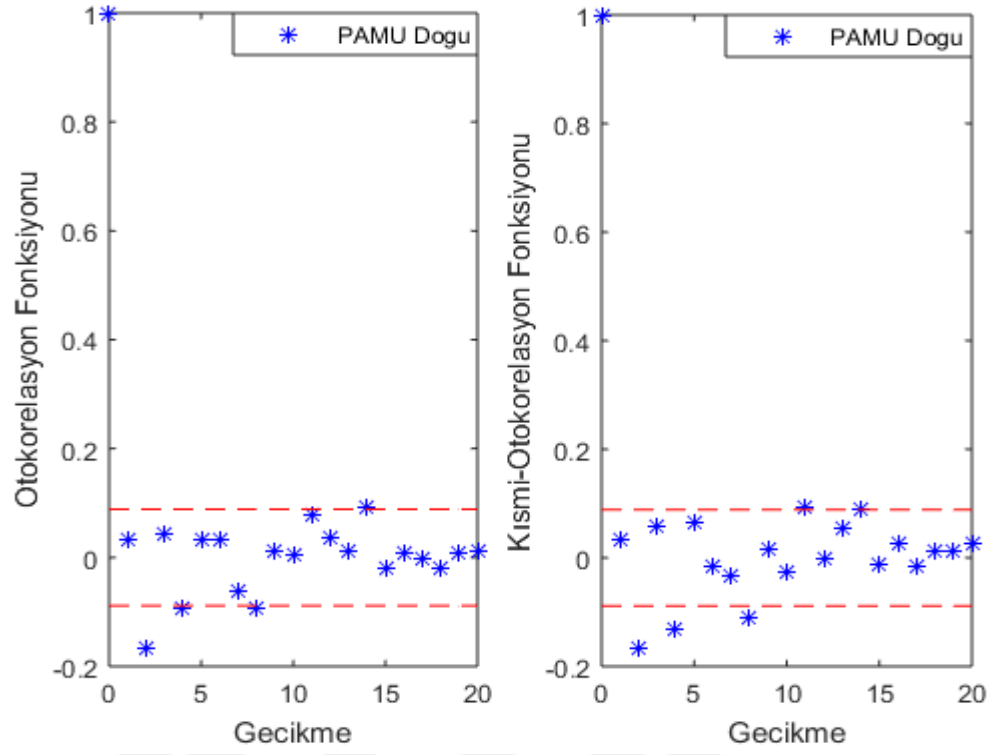


(c)

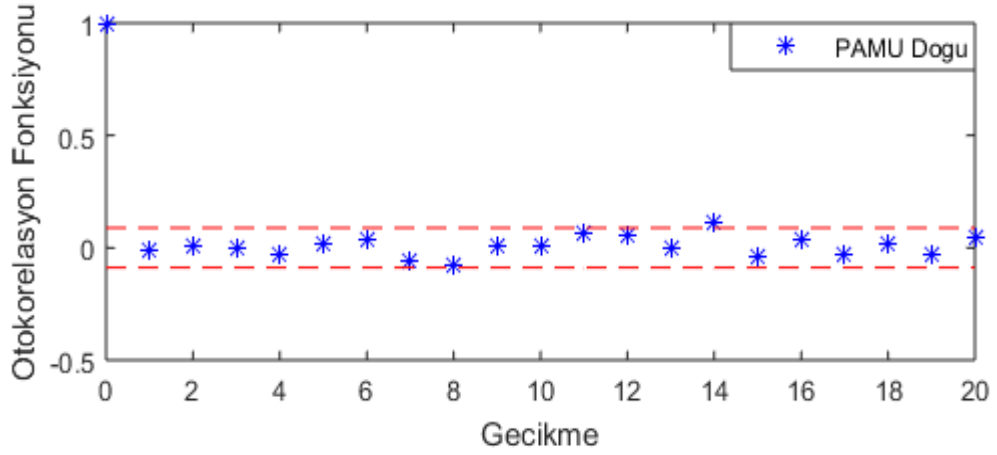


(d)

Şekil B.68. (a) PAMU doğu lineer modeli, (b) PAMU doğu güç-frekans değişimleri, (c) PAMU doğu model ve koordinat farkları, (d) PAMU doğu stokastik bileşeni.



(a)

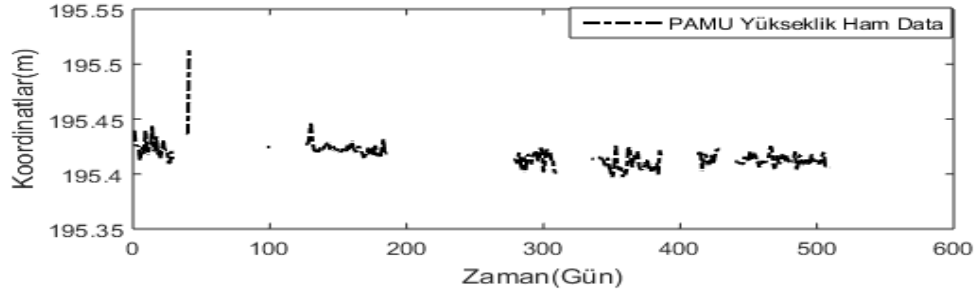


(b)

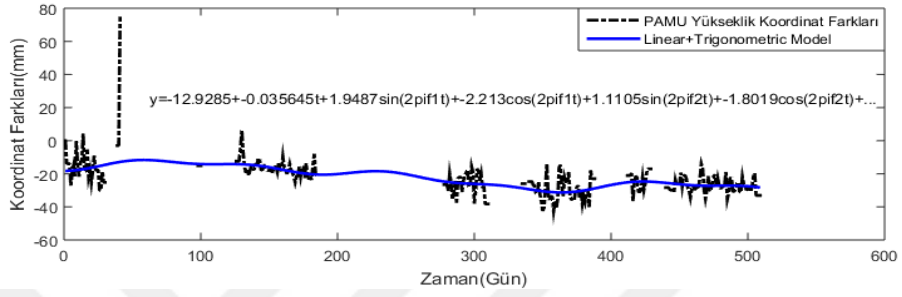
Şekil B.69. (a) PAMU doğu otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, (b) PAMU doğu otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(2,3)

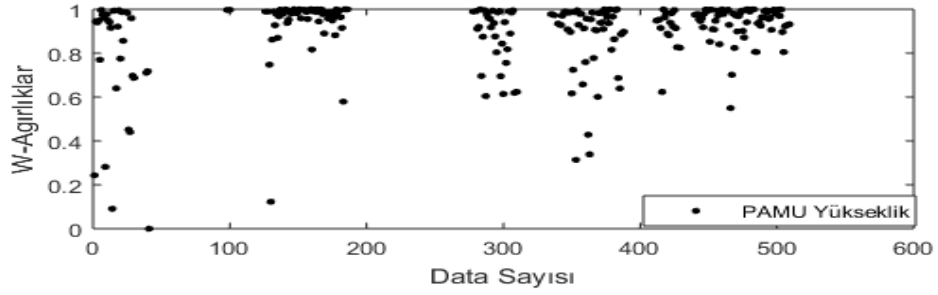
$$y(t)=0.09777y(t-1)+0.3552y(t-2)-0.02633e(t-1)-0.5741e(t-2)+0.04987e(t-3)+e(t)$$



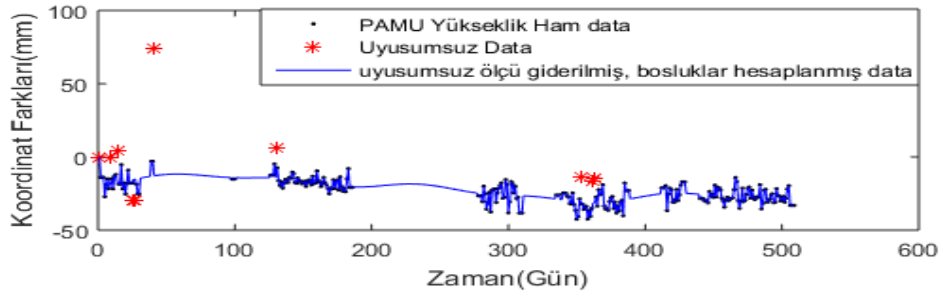
(a)



(b)

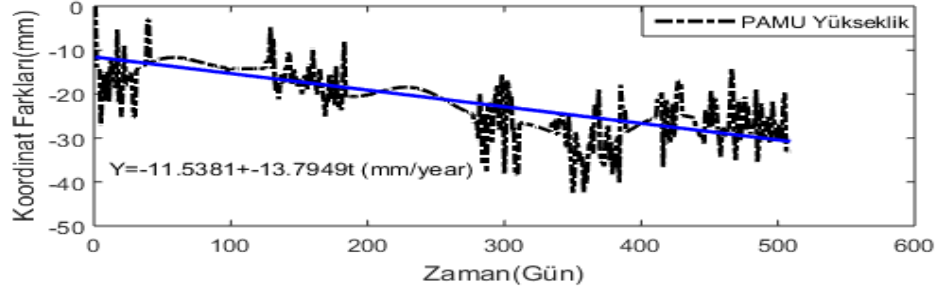


(c)

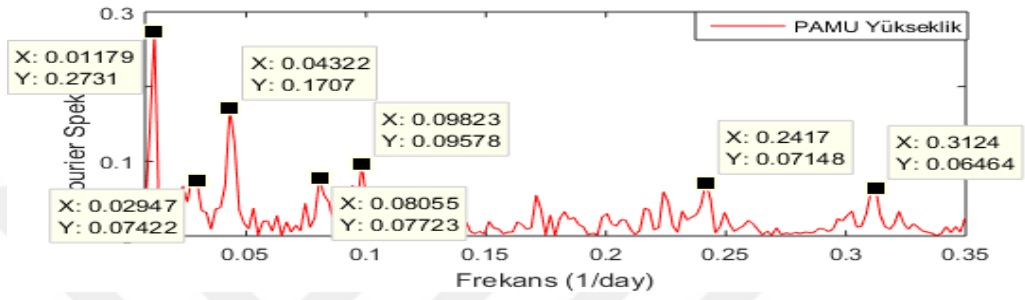


(d)

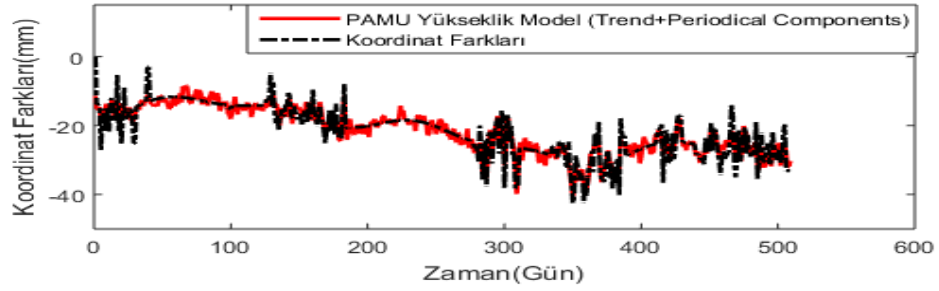
şekil B.70. (a) PAMU yükseklik zaman serisi, (b) PAMU yükseklik lineer + trigonometrik modeli, (c) PAMU yükseklik ağırlıklar, (d) PAMU yükseklik uyusumsuz ölçüler giderilmiş ve boşluklar hesaplanmış data.



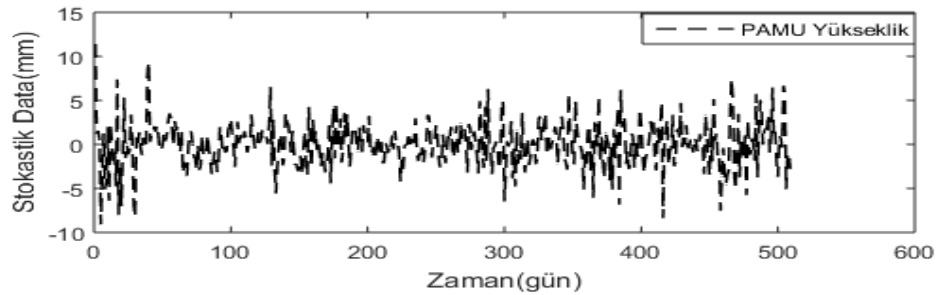
(a)



(b)

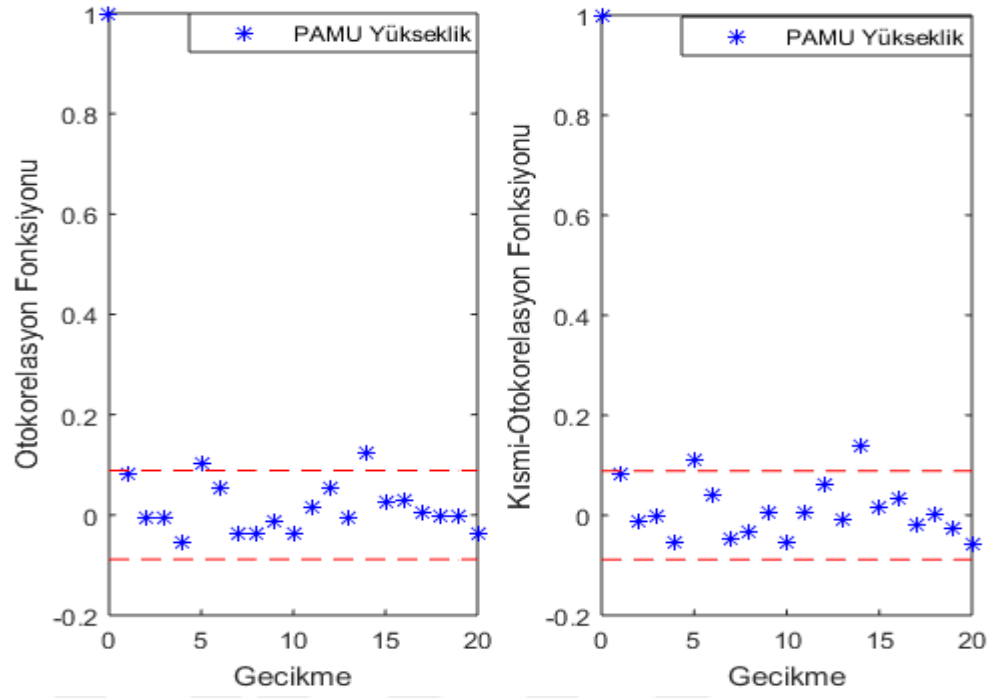


(c)

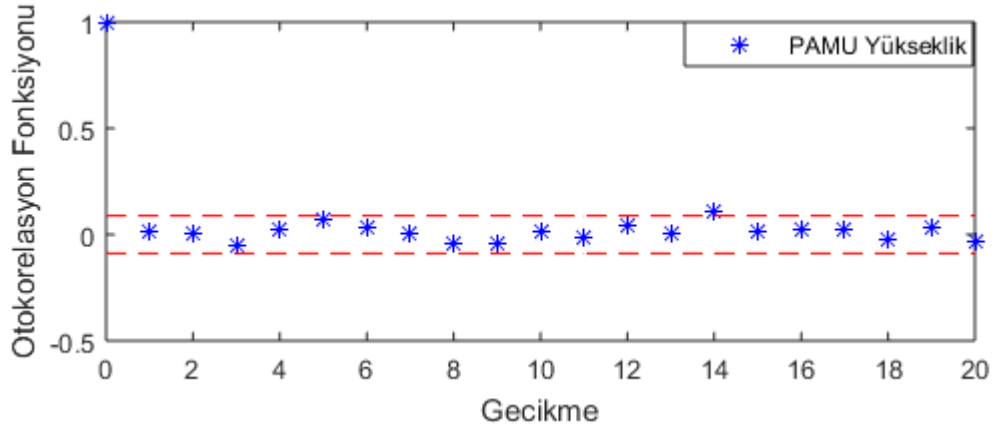


(d)

Şekil B.71. (a) PAMU yükseklik lineer modeli, (b) PAMU yükseklik güç-frekans değişimleri, (c) PAMU yükseklik model ve koordinat farkları, (d) PAMU yükseklik stokastik bileşeni.



(a)



(b)

Şekil B.72. (a) PAMU yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi-otokorelasyon fonksiyonu, **(b)** PAMU yükseklik otokorelasyon fonksiyonu ve model uygunluğu.

ARMA(3,3)

$$y(t) = -1.267y(t-1) - 1.234y(t-2) - 0.3715y(t-3) + 1.361e(t-1) + 1.364e(t-2) + 0.5137e(t-3) + e(t)$$

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : OSMAN OKTAR
Adres : Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita
Mühendisliği Bölümü

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği
Bölümü, 2006-2012

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği ABD,
2013-2015

Doktora : Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği ABD,
2015-2020

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Aksaray Üniversitesi / Araştırma Görevlisi 2013-