



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

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KIRIKKALE VE ÇEVRESİ GNSS İSTASYONLARI
DAVRANIŞLARININ TANIMLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşegül Türkü GÜÇLÜ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

AKSARAY, 2021

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

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

İmza

Ayşegül Türkü GÜÇLÜ

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum bu tez çalışmasında bana bilgi ve birikimleri ile yol gösteren ve zor zamanlarımda bana destek olan ve anlayış gösteren kıymetli hocam Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN' a sonsuz teşekkürlerimi ve saygımı sunarım.

Sürekli desteğini hissettiren ve sorularımı cevapsız bırakmayıp, yanımda olduğunu bildiğim sayın hocam Arş. Gör. Dr. Osman OKTAR' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca gerek lisans eğitiminde gerek yüksek lisans eğitimde tanıştığım arkadaşlarımdan destekleri için teşekkür ederim.

Beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem Güler GÜÇLÜ ve babam Çetin GÜÇLÜ' ye, üniversiteye başladığımdan beridir akademik çalışmaya yönlendiren canım ablam Betül GÜÇLÜ' ye, her zaman neşe kaynağım olan kardeşim Uğur GÜÇLÜ' ye en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam boyunca sürekli destek olan sevgili eşim Ercan KILIÇ' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. GNSS ZAMAN SERİLERİ KAPSAMINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI	4
3. GENEL BİLGİLER.....	7
3.1 GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemleri).....	7
3.2 Levha Hareketleri	8
3.3 Kuzey Anadolu Fay Hattı	11
4. YÖNTEM VE MATERYAL	14
4.1 Zaman Serilerinin Tarihçesi.....	14
4.2 Temel Kavramlar	14
4.2.1 Süreç.....	14
4.2.2 Durağan zaman serisi	15
4.2.3 Durağan olmayan zaman serisi	16
4.3 Zaman Serileri Analizi.....	17
4.3.1 Zaman serilerinin sonuçlarını etkileyen faktörler	19
4.3.2 Zaman serisi bileşenleri.....	19
4.3.3 Trend analiz	20
4.4 Korelasyon Analizi	23
4.4.1 Korelasyon katsayısı	23
4.4.2 Otokorelasyon fonksiyonu.....	24
5. SABİT GNSS İSTASYONLARI.....	26
5.1 Sabit GPS İstasyonlarında Zaman Serilerini Etkileyen Faktörler	27
5.2 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif (TUSAGA-AKTİF/CORS-TR)	29
5.3 CORS-TR' nin Sağladıkları	32
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	34
6.1 Çalışma Alanı ve Veri.....	34
6.2 İstasyon Noktalarına Ait Verilerin Elde Edilmesi.....	36
6.3 GNSS İstasyonları Zaman Serileri Analizi	39
6.4 Trend Bileşen Analizi (Hız Kestirimi)	40
6.5 Korelasyon Katsayısı Hesabı	46
6.6 Otokorelasyon Analizi	51
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	60
KAYNAKLAR.....	62
EKLER.....	67
EK A. İstasyonların Lineer Hareketi	67
EK B. İstasyon Koordinatlarının Otokorelasyon Fonksiyonu	87
ÖZGEÇMİŞ	97

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRIKKALE VE ÇEVRESİ GNSS İSTASYONLARI DAVRANIŞLARININ TANIMLANMASI

Ayşegül Türkü GÜÇLÜ

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

ÖZET

Bu çalışmada; Kırıkkale ve çevresinde yer alan 10 adet Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarındaki lineer değişimleri incelenmiş ve bölgenin plaka hız değerleri elde edilmiştir. Bu sebeple; TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarından; ANRK (Ankara), BOG1 (Boğazlıyan), CANK (Çankırı), CMLD (Çamlıdere), CORU (Çorum), HYMN (Haymana), KIRS (Kırşehir), KKAL (Kırıkkale), SUNL (Sungurlu) ve YOZ1 (Yozgat) istasyonlarının 2015-2018 yılları arasındaki günlük koordinatları akademik yazılımlardan GAMIT-GLOBK ile elde edilmiştir. Elde edilen zaman serilerine lineer bir fonksiyon uygulanarak, istasyonların lineer davranışları hesaplanmıştır. Analiz sonucu, hesaplanan yatay lineer hareketlerin CANK, CMLD ve HYMN istasyonları için güneybatı yönünde ortalama 20.16 mm/yıl, diğer istasyonlar için ise kuzeybatı yönünde ortalama 19.19 mm/yıl olarak hesaplandı. BOG1 ve HYMN İstasyonların yukarı (up) zaman serilerinde ise lineer hareketin (-) yönlü, ANRK, CANK, CMLD, CORU, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonlarında (+) yönlü olduğu tespit edildi. Bu çalışma sonucu hesaplanan istasyonların lineer değişimlerinin (hızlarının) Kırıkkale ve çevresi plaka hareketleri ile ilgili çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, GNSS istasyonları kuzey, doğu ve yukarı koordinatları zaman serilerinde korelasyon ve otokorelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilmiş olan korelasyon katsayıları ile istasyon hız değerleri ilişkilendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sabit Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri, Kırıkkale, Zaman Serileri Analizi, Deprem, Plaka Hızı, Korelasyon

Mayıs, 2021; 97 sayfa

MASTER THESIS

DEFINITION OF BEHAVIOR OF GNSS STATIONS IN KIRIKKALE AND SURROUNDING

Ayşegül Türkü GÜÇLÜ

Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Map Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

ABSTRACT

In this study, linear changes in the Turkey Real Time National Permanent GNSS Network (TUSAGA-Active/CORS-TR) stations located around Kırıkkale have been examined in cause-effect relationship and plaque speed values of the region have been obtained. For this purpose; daily coordinates of [TNGPN-Active (CORS-TR) stations of] NRK (Ankara), BOG1 (Boğazlıyan), CANK (Çankırı), CMLD (Çamlıdere), CORU (Çorum), HYMN (Haymana), KIRS (Kırşehir), KKAL (Kırıkkale), SUNL (Sungurlu) and YOZ1 (Yozgat) stations between the years of 2015-2018 have been obtained from/using the academic software GAMIT-GLOBK. Linear attitudes of the stations have been calculated by applying a linear function to the time series obtained before. Result of this analysis, horizontal linear movements for CANK, CMLD and HTMN stations are at an average of 20.16 mm/year in southwest direction and for other stations in northwest direction at an average of 19.19 mm/year. In time series, it is seen that “up coordinates” of the linear movements of BOG1 and HYMN stations are in (-) direction, while movements of ANRK, CANK, CMLD, CORU, KIRS, KKAL, SUNL and YOZ1 stations are in (+) direction. It is seen that linear movements obtained from this study are in accordance with Kırıkkale region’s plaque speed values where these stations are located. Correlation coefficients were calculated in the time series of GNSS stations north, east and up coordinates. The obtained correlation coefficients were correlated with the station velocity values.

Keywords: GNSS, Kırıkkale, Stationary GNSS Stations, Time Series Analysis, Trend Component, Correlation

May, 2021; 97 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Global Navigasyon Uydu Sistemleri modeli (URL-1).....	7
Şekil 3.2. Pangea (URL-2).....	10
Şekil 3.3. Yeryüzündeki levhalar (URL-3).....	11
Şekil 3.4. Kuzey Anadolu Fay Hattı (URL-4)	12
Şekil 4.1. Durağan zaman serisi örneği (Oktar, 2015)	16
Şekil 4.2. Durağan olmayan zaman serisi örneği (Oktar, 2015).	17
Şekil 4.3. Zaman serileri analizi bileşenleri (Kara, 2009).	20
Şekil 4.4. Eğrisel ve doğrusal trend şekilleri için örnekler (Kara, 2009).	20
Şekil 4.5. Zaman serisi için lineer trend bileşeni.	22
Şekil 4.6. Negatif korelasyon.	23
Şekil 4.7. Pozitif korelasyon.	23
Şekil 4.8. Korelasyon.....	23
Şekil 4.9. $k=50$ için otokorelasyon katsayısı.....	25
Şekil 5.1. Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS ağı öncüler.....	30
Şekil 5.2. Türkiye'de tesis edilmiş CORS-TR istasyonları.	31
Şekil 5.3. CORS-TR konumlandırma uygulamaları.....	33
Şekil 6.1. CORS-TR istasyonlarının konumları.	34
Şekil 6.2. GNSS istasyonları konumları.	35
Şekil 6.3. GAMIT klasör yapısı.	34
Şekil 6.4. Günlük çözümlerin elde edilmesi.	35
Şekil 6.5. Tekrarlılık analizi.....	34
Şekil 6.6. Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları konumları.....	39
Şekil 6.7. ANRK kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.	42
Şekil 6.8. ANRK doğu koordinat bileşeni lineer modeli.	42
Şekil 6.9. ANRK yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.....	43
Şekil 6.10. Türkiye'yi etkileyen belli başlı levhalar.	46
Şekil 6.11. Nokta hızları (Avrasya sabit) (Cingöz vd., 2013).....	46
Şekil 6.12. Nokta hızları (Düşey) (Cingöz vd.,2013).....	47
Şekil A.1. ANRK kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.....	67
Şekil A.2. ANRK doğu koordinat bileşeni lineer modeli	67
Şekil A.3. ANRK yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli	68
Şekil A.4. BOG1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli	69
Şekil A.5. BOG1 doğu koordinat bileşeni lineer modeli	69
Şekil A.6. BOG1 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.....	70
Şekil A.7. CANK kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.....	71
Şekil A.8. CANK doğu koordinat bileşeni lineer modeli	71
Şekil A.9. CANK yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.....	72
Şekil A.10. CMLD kuzey koordinat bileşeni lineer modeli	73
Şekil A.11. CMLD doğu koordinat bileşeni lineer modeli	73
Şekil A.12. CMLD yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.....	74
Şekil A.13. CORU kuzey koordinat bileşeni lineer modeli	75
Şekil A.14. CORU doğu koordinat bileşeni lineer modeli	75
Şekil A.15. CORU yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli	76
Şekil A.16. HYMN kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.....	77
Şekil A.17. HYMN doğu koordinat bileşeni lineer modeli	77
Şekil A.18. HYMN yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli	78
Şekil A.19. KIRS kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.....	79
Şekil A.20. KIRS doğu koordinat bileşeni lineer modeli	79

Şekil A.21. KIRS yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli	80
Şekil A.22. KKAL kuzey koordinat bileşeni lineer modeli	81
Şekil A.23. KKAL doğu koordinat bileşeni lineer modeli	81
Şekil A.24. KKAL yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli	82
Şekil A.25. SUNL kuzey koordinat bileşeni lineer modeli	83
Şekil A.26. SUNLdoğu koordinat bileşeni lineer modeli	83
Şekil A.27. SUNLyükseklik koordinat bileşeni lineer modeli	84
Şekil A.28. YOZ1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli	85
Şekil A.29. YOZ1doğu koordinat bileşeni lineer modeli	85
Şekil A.30. YOZ1yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli	86
Şekil B.1. ANRK north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	87
Şekil B.2. ANRK east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	87
Şekil B.3. ANRK up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	87
Şekil B.4. BOG1 north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	88
Şekil B.5. BOG1 east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	88
Şekil B.6. BOG1 up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	88
Şekil B.7. CANK north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	89
Şekil B.8. CANK east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	89
Şekil B.9. CANK up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	89
Şekil B.10. CMLD north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	90
Şekil B.11. CMLD east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	90
Şekil B.12. CMLD up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	90
Şekil B.13. CORU north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	91
Şekil B.14. CORU east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	91
Şekil B.15. CORU up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	91
Şekil B.16. HYMN north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	92
Şekil B.17. HYMN east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	92
Şekil B.18. HYMN up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	92
Şekil B.19. KIRS north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	93
Şekil B.20. KIRS east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	93
Şekil B.21. KIRS up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	93
Şekil B.22. KKAL north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	94
Şekil B.23. KKAL east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	94
Şekil B.24. KKAL up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	94
Şekil B.25. SUNL north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	95
Şekil B.26. SUNL east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	95
Şekil B.27. SUNL up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	95
Şekil B.28. YOZ1 north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	96
Şekil B.29. YOZ1 east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	96
Şekil B.30. YOZ up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 6.1. GNSS istasyonları ile ilgili genel bilgiler.....	35
Çizelge 6.2. GNSS istasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri, veri sayısı ve eksik veri yüzdelikleri.....	36
Çizelge 6.3. Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları.....	39
Çizelge 6.4. GNSS istasyonlarının lineer modelleri (trend) ve yıllık hızları.....	45
Çizelge 6.5. GNSS istasyonları kuzey koordinatları korelasyon değerleri ve hareket (hız) yönleri.....	48
Çizelge 6.6. GNSS istasyonları doğu koordinatları korelasyon değerleri ve hareket (hız) yönleri.....	51
Çizelge 6.7. GNSS istasyonları yukarı koordinatları korelasyon değerleri ve hareket (hız) yönleri.....	51
Çizelge 6.8. Kuzey zaman serileri ve otokorelasyon sonuçları	54
Çizelge 6.9. Doğu zaman serileri ve otokorelasyon sonuçları	56
Çizelge 6.10. Yukarı zaman serileri ve otokorelasyon sonuçları	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
cm	Santimetre
CMONOC	Çin'in Kabuk Hareketi Gözlem Ağı
CORS-TR	Sürekli Gözlem Yapan Referans Ağları-Türkiye
DAFH	Doğu Anadolu Fay Hattı
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
EKK	En Küçük Kareler
EUREF	Avrupa Referans Çatısı
GAMIT	GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology
GLOBK	Global Kalman
GLONASS	GPS ve Küresel Uydu Konumlandırma Sistemi
GNSS	Global Navigasyon Uydu Sistemleri
GPS	Global Konumlama Sistemi
HGK	Harita Genel Komutanlığı
IERS	International Earth Rotation Service
IGS	The International GNSS Service
İKÜ	İstanbul Kültür Üniversitesi
IRNSS	Hint Bölgesel Uydu Konumlandırma Sistemi
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
LTT	Levha Tektoniği Teorisi
mm	Milimetre
Ms	Yüzey Dalgası Büyüklüğü
QZSS	Quasi-ZenithSatelliteSystem
REGME	Ekvador'daki Sürekli İzleme GNSS Ağı
RINEX	ReceiverIndependent Exchange Format
RTK	Gerçek Zamanlı Kinematik
SBAS	Satellite Based Augmentation Systems
sn	Saniye
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA-AKTİF	Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı- Aktif

1. GİRİŞ

İnsanlığın başlangıcından beri insanoğlu yaşadığı yeryüzünde bulunduğu konumu merak etmiş ve bu konuda çalışmalarda bulunmuştur. Bu konuda yapılan ve insanlığı ileriye götüren çalışmalardan birisi de Global Konumlama Sistemi (GPS)' dir. Çağımızın modern pusulası olan GPS; gökyüzünde herhangi bir engel olmaması durumunda her türlü kar, yağmur vs. hava koşullarında konum ve zaman bilgisinin en az dört veya daha fazla uydu ile elde edebilmektedir. Düzenli bir biçimde kodlanmış bilgileri ileten bir uydu ağı olup, uydular arası mesafenin elde edilmesi ile yeryüzündeki nokta konumlarını belirler. Bu sistem ilk olarak askeri amaçlı kullanılmış olup ilerleyen zamanda özellikle de haritacılık çalışmalarında olmak üzere sivil kullanımına da açılmıştır. Ancak GPS ve Küresel Uydu Konumlandırma Sistemi'nin (GLONASS) uydu ve alıcı saati hataları, alıcıya bağlı hatalar ve atmosferik etkiler gibi ortaya çıkan problemler nedeniyle, bu tür sistemlerin başka sistemlerle birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Bundan dolayı da sistem faaliyetlerinde özellikle bütünlüğün, doğruluğun ve sürekliliğin sağlanabilmesi amacıyla kapsama alanını genişletme çözümlerine gidilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, GPS, Beidou/ Compass, GLONASS, SBAS ve QZSS uydularla konum belirleyen bu sistemler Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS; Global Navigasyon Uydu Sistemleri) olarak kullanılmaktadır. Günümüzde konum belirleme amaçlı kullanılan GNSS, noktalar arası görüşe gerek kalmadan, doğru, ekonomik, hızlı ve genellikle hava şartlarına bağlı olmaksızın konum bilgisi verebilen, araç takipleri ve ulaşım gibi her türlü navigasyon için güvenilir koordinat (konum) belirleme, deprem araştırma çalışmalarının önemli olduğu ülkemizde tektonik (plaka) hareketlerin izlenmesinde, deformasyon hız ve miktarlarını belirleme çalışmalarında aktif bir şekilde kullanılan, sivil ve askeri korunma ve savunma uygulamalarında kullanılan ve diğer yersel ölçmelere hızlı, ekonomik ve güvenilir sonuçlar sağlayabilen bir sistemdir. Yerküre üzerindeki çalışma alanlarının artmasının yanı sıra GNSS ölçülerinin ve ölçme yöntemlerinin de ilerlemesi ile her türlü mühendislik, yerkabuğu vs. deformasyon ölçümleri ve tektonik değişimlerin kampanya ve sürekli ölçümlerle tespiti gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Uluslararası GPS Servisi (IGS; The International GNSS Service), Uluslararası Yer Dönme Servisi (IERS; International Earth Rotation Service) ve EUREF (European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services) vb.

kuruluşlar, GNSS (GPS/GLONASS) uydularından elde edilen verilerin değerlendirilmesini ve analizini yaparak, akademik ve sivil kullanıcılara sunmaktadır. Ayrıca, bu tür verilerin arşivlenmesi işlemlerini de yaparak, geriye dönük verilere ulaşmayı da sağlamaktadırlar. Bu tür veriler gerek akademik gerekse sivil kullanıcılar için doğruluğu oldukça yüksek elde edilmekte ve kullanıcılarla paylaşılmaktadır. Bu amaçla, yeryüzünde farklı bölgelerde de sabit ve sürekli çalışan (7/24) GNSS alıcıları tesis edilmiştir (Ferland vd., 2000; Altamimi ve Collilieux, 2009).

Türkiye Avrasya, Anadolu ve Arap tektonik levhalarının temas ettiği bölgede yer almaktadır. Bu levhaların birbirlerine göre olan bağıl hareketleri nedeniyle, nokta konumlarında cm mertebesinde yıllık yer değişimleri olabilmektedir. Bu nedenle deprem araştırma çalışmalarının oldukça önemli olduğu ülkemizde, İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Müdürlüğü (HGK) olmak üzere 8 Mayıs 2006 yılında başlayan ve Mayıs 2009 yılında tamamlanarak faaliyete geçirilen Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif / CORS-TR) projesi kapsamında bir ağ oluşturulmuştur. Bu ağı oluşturan istasyonlardan elde edilen anlık ölçülerle veya sonradan yapılan değerlendirme ve analiz ile istasyonların konum bilgileri elde edilmektedir. Elde edilen bu tür bilgiler pek çok alanda yaygın olarak günümüzde kullanılmaktadır.

CORS-TR istasyonları, tektonik sürecin sürekli ve duyarlı olarak izlenmesi ayrıca deformasyon büyüklüğünün ve yönünün belirlenmesi açısından önemlidir (Ulukavak vd., 2011). TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarının bulundukları konumlar tektonik hareketlerin izlenmesine olanak sağlayacak yerlerde tesis edilmiştir. Çalışılacak bölgedeki fay ve tektonik hareketlere bağlı değişimler nokta koordinatlarındaki değişim sonucu belirlenir.

GNSS istasyonlarının üç boyutlu konum bilgilerindeki değişimlerin belirlenmesi için, konum bilgilerinin (günlük, aylık vs.) zamana bağlı olarak düzenli ve sürekli izlenmesi ile elde edilen zaman serilerinin, değerlendirilmesi ve analizinin yapılması gerekmektedir (Gülal vd., 2013; Şanlı, 2002; Poutanen vd., 2001).

Verilen bilgiler ışığında bu çalışmada, Kırıkkale ve çevresindeki TUSAGA-Aktif/ CORS-TR istasyonlarının lineer değişimleri zaman serilerinin analizinde lineer olarak

öngörülen trend bileşenin analizi yardımı ile elde edilmiştir. Ayrıca, elde edilen lineer değişimlerle de bölgenin tektonik hareketleri (hızı) yorumlanmıştır. İstasyon koordinatları zaman serilerinde korelasyon katsayıları hesaplanarak, elde edilen korelasyon katsayıları ile istasyon hız değerleri ilişkilendirilmiştir. Ayrıca yapılan otokorelasyon analizi sonucunda $k=0$ dışında, bütün istasyonlarda hesaplanan otokorelasyon katsayıların öngörülen sınır değerine göre anlamlı olduğu görülmektedir.



2. GNSS ZAMAN SERİLERİ KAPSAMINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI

Zaman serileri bilimsel açıdan eski zamanlardan günümüze kadar pek çok çalışma yapılarak sürekli gelişmekte olan önemli bir süreçtir. Babilli gökbilimcilerin yıldız ve gezegen konumlarını öğrenmelerinden 1664 yılında Newton'un yapmış olduğu ışık sinyalinin frekans bileşenlerine ayırma işlemine kadar, Herschel'in güneş ışığını farklı bantlara ayıran ölçüm geliştirmesinden Wiener, Cramer'e kadar birçok kişinin ilgi alanına girmeyi başarmıştır.

GNSS gözlemleri sonucu elde edilen verilerin jeodezik sonuçları özellikle tektonik çalışmalarda; meydana gelen yer değişimlerini ve hareket hızlarının belirlenmesi için kullanılan bilimsel uygulama amacı mevcuttur. Yeryüzünde meydana gelen hareketlerin belirlenip modellenerek, değerlendirilebilmesi amacı ile zaman serileri analizi büyük önem taşımaktadır. Bu konu kapsamında, uluslararası pek çok çalışma yapılmış ve yayınlanmıştır.

Ulusal literatürde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar;

- Ulukavak vd., (2011) Orta ve Doğu Karadeniz kapsamında yapmış oldukları çalışmalarında 9 adet istasyonun 2010 yılı içerisinde 4 periyotta (Ocak, Mart, Haziran, Eylül) elde etmiş oldukları anlamlı sonuçlara göre; FASA istasyonunda 1.53 cm/yıl güneybatı yönünde lineer hareketi ve FASA ve GIRS istasyonlarının yükseklik koordinatlarının (-) yönde hareket ettiği ve en büyük lineer hareketin -1.65 cm/yıl değeri ile GIRS istasyonunda, en küçük lineer hareketin ise -1.21 cm/yıl değeri ile FASA istasyonunda olduğunu tespit etmişlerdir.
- Oktar (2015)'in çeşitli merkezlerden oluşan 9 adet GNSS istasyonundan ortalama 780 günlük zaman serileri verilerinden elde etmiş olduğu sonuca göre; Anadolu Levhası içerisinde yer alan Konya kapalı havzasının 17.78 mm/yıl güneybatı yönünde ve KAMN istasyonunun ise 13.46 mm/yıl kuzeybatı yönünde hareket ettiğini tespit etmiştir. AKHR, CIHA, YUNA ve KNYA2 istasyonlarının yükseklik koordinatlarının (+) yönde lineer hareketleri tespit edilmiş olup, en büyük lineer hareketin 2.63 mm/yıl değeri ile YUNA istasyonunda, en küçük lineer hareketin ise 0.99 mm/yıl değeri ile CIHA

istasyonunda elde edilmiştir. BEYS, KAMN, AKSI1, AKSI2 ve KNYA1 istasyonlarının yükseklik zaman serilerindeki lineer hareketler (-) yönde olup, en küçük lineer hareketin -0.29 mm/yıl değeri ile BEYS, en büyük lineer hareketin ise -21.39 mm/yıl değeri ile KAMN istasyonunda görüldüğü ifade edilmiştir.

- Erdoğan ve Oktar (2016)'ın yapmış oldukları çalışmada Konya Kapalı Havzası'nda yer alan 16 adet CORS-TR istasyonunun 6 yıllık zaman serileri analizi verilerini kullanmışlardır. Zaman serisinin trend bileşeni analizi sonucunda ise; kullanılan bütün istasyonların 18.88 mm/yıl hızla kuzeydoğu yönünde hareket ettiğini tespit etmişlerdir. AKHR, AKSI, AKSR, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KIRS, NEVS, YUNK ve KNYA istasyonlarının -3.55 mm/yıl ortalama bileşke hız değeri ile negatif yönde hareket ettiği ve diğer istasyonların ise 0.56 mm/yıl ortalama bileşke hız değeri ile pozitif yönde hareket ettiğini tespit etmişlerdir.
- Aladoğan (2017) KAFZ üzerinde Bolu-Çorum Segmentinde hız alanı belirleyebilmek amacı ile 52 noktaya sahip GNSS Ağı kurmuş ve elde etmiş olduğu 3 yıllık verileri GAMIT/GLOBK yazılımı yardımı ile değerlendirerek; lineer hareketin 15-20 mm/yıl batı yönünde olduğu sonucuna ulaşmıştır. İstasyonlardan SAMN istasyonunun ise 3.27 mm/yıl kuzeydoğu yönünde hareketini tespit etmiştir.
- Özbiz (2019)'ın yapmış olduğu çalışmada 13 adet GNSS istasyonu kullanılmış olup, 6 yıllık zaman serileri verileri sonucunda; istasyonların 18.66 mm/yıl kuzeydoğu yönünde ve yükseklik koordinatları için ise (+) yönlü lineer değişimler ANRK, KLUU ve NIGD istasyonlarında gözlenmiş. ANRK istasyonunda bu yönde (+) 0.84 mm/yıl maksimum, 0.22 mm/yıl değeri ile NIGD istasyonunda minimum yükseklik değişimleri tespit edilmiş. (-) yöndeki lineer yükseklik değişimleri AKHR, AKSI, AKSR, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KIRS ve NEVS istasyonlarında belirlenmiş ve bu istasyonlardan KAMN istasyonunda -14.57 mm/yıl maksimum, NEVS istasyonunda -0.22 mm/yıl minimum değişimler belirlenmiş.
- Şentürk (2019) çalışmasında Anadolu Levhasının 13-27 mm/yıl hızla batıya doğru lineer hareketi olduğuna, Arap Yarımadası'nın yaklaşık 18 mm/yıl

kuzeybatıya doğru ilerlediğine ve Batı Anadolu'nun 30 ± 1 mm/yıl güneybatıya hareket ettiğine değinmiştir.

Uluslararası literatürde yapılan çalışmalar;

- McClusky vd., (2000) 9 yıllık kabuk hareketlerinin GPS ölçümleri sonuçlarını, Anadolu Levhasındaki tektonik hareketler, KAF 24 mm/yıl, DAFH (Doğu Anadolu Fay Hattı) 9mm/yıl olarak tespit etmişler ve bunun tersine Ege-Mora plakası, Avrasya plakasına göre güneybatıya doğru 30 mm/yıl hız değeri ile ifade etmişlerdir.
- Métivier vd., (2014) 20 yıllık kosismik deformasyonların GPS istasyonları koordinatlarının zaman serilerini nasıl etkilediğini gözlemek amaçlı yapmış oldukları çalışma sonucunda; birçok istasyonun birkaç mm/yıl düzeyinde ve bazı aşırı durumlarda onlarca mm/yıla kadar hız değişimleri gösterdiğini tespit etmiş ve toplam istasyonların sayısının yaklaşık %8'i 1 mm/yıldan daha büyük, %13'ü 0.5 mm/yıldan daha büyük ve %28'i 0.1 mm/yıldan daha büyük hız değişimleri gösterdiğini ifade etmiştir.
- Staller vd., (2018) yapmış oldukları çalışmada Ekvador'daki Sürekli İzleme GNSS Ağı (REGME) içindeki GNSS (Sürekli GNSS) istasyonları kullanılmışlardır. 2008 ve 2014 yılları arasındaki dönemde 33 REGME istasyonu için zaman serisi analizine dayalı olarak GNSS hız alanı hesaplamışlardır. Kuzey Ekvador'da, Güney Amerika plakasına göre; 7.6 ± 0.5 mm/yıl tahmini sağ yanal hareket olduğunu ve Ekvador'un merkezinde sağ yanal hareket 5.3 ± 0.4 mm/yıla düştüğünü tespit etmişlerdir.
- Xie vd., (2020) güneybatı Çin'deki kabuk hareketinin hız sonuçlarını elde etmek amacıyla Çin'in Kabuk Hareketi Gözlem Ağı (CMONOC)'nın bölgedeki 54 GNSS referans istasyonunun 7 yıllık koordinat zaman serisi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Güneybatı Çin bölgesinin 36.56 mm/yıl hız değeri ile güneydoğu yönünde lineer hareketi olduğunu tespit etmişlerdir.

3. GENEL BİLGİLER

3.1 Global Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS)

1957 yılında Sputnik-1 ile başlayan uzay jeodezisi çalışmaları, 1960 yılında gelen TRANSIT sistemin ve TRANSIT sistemin eksiklerinin giderilerek GPS olarak ortaya çıkması ile “her yerde, her zaman, doğru ve güvenilir ulaşılması kolay konum üretmek” politikası devreye girmiştir. GPS’ in ortaya çıkması ile Rusya tarafından Global Navigasyon Satellite Sistem (GLONASS) ve Avrupa Birliği tarafından da GALİLEO uydu bazlı konumlama sistemleri geliştirilmiştir. Günümüzde bütün bu uydu sistemleri için Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) kısaltması kullanılmaktadır (Kahveci, 2009) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Global Navigasyon Uydu Sistemleri modeli (URL-1).

Uydu sinyallerini kullanarak GNSS alıcısı ile herhangi bir yerde ve zamanda her türlü iklim şartlarında küresel bir koordinat sisteminde, istenilen duyarlılıkta, ulaşım, araç takip vs. navigasyon amaçlı, anlık ve sürekli koordinat (Konum), zaman ve hız bilgisine imkan veren bir sistemdir. Askeri amaçlı kullanılmaya başlanan bu sistem, daha sonraları sivil kullanıcılara da açılmış ve günümüzde birçok alanda kullanılmaya devam etmektedir.

GNSS başta askeri amaçlı;

- a) Deniz, Karave hava araçlarının yönlendirilmesi,
- b) Arama ve kurtarma çalışmaları,
- c) Hedef bulma,
- d) Her türlü iklim şartlarında kalkış-iniş yapabilme

olmak üzere, jeodinamik ve jeodezik amaçlı ölçmeler, mühendislik ölçmeleri, kadastral ölçmeler, fotogrametrik ölçmeler, deformasyon ölçmeleri, CBS veri tabanlarının geliştirilmesi, güncellenmesi, araç takip sistemleri, her türlü RTK çalışmaları ve güvenlik gibi birçok alanda kendisine yer bulmuştur. GNSS nokta konumları, atmosfer, kabuk hareketi, gel-git, tektonik hareketler, vb. fiziksel olaylardan etkilenirler.

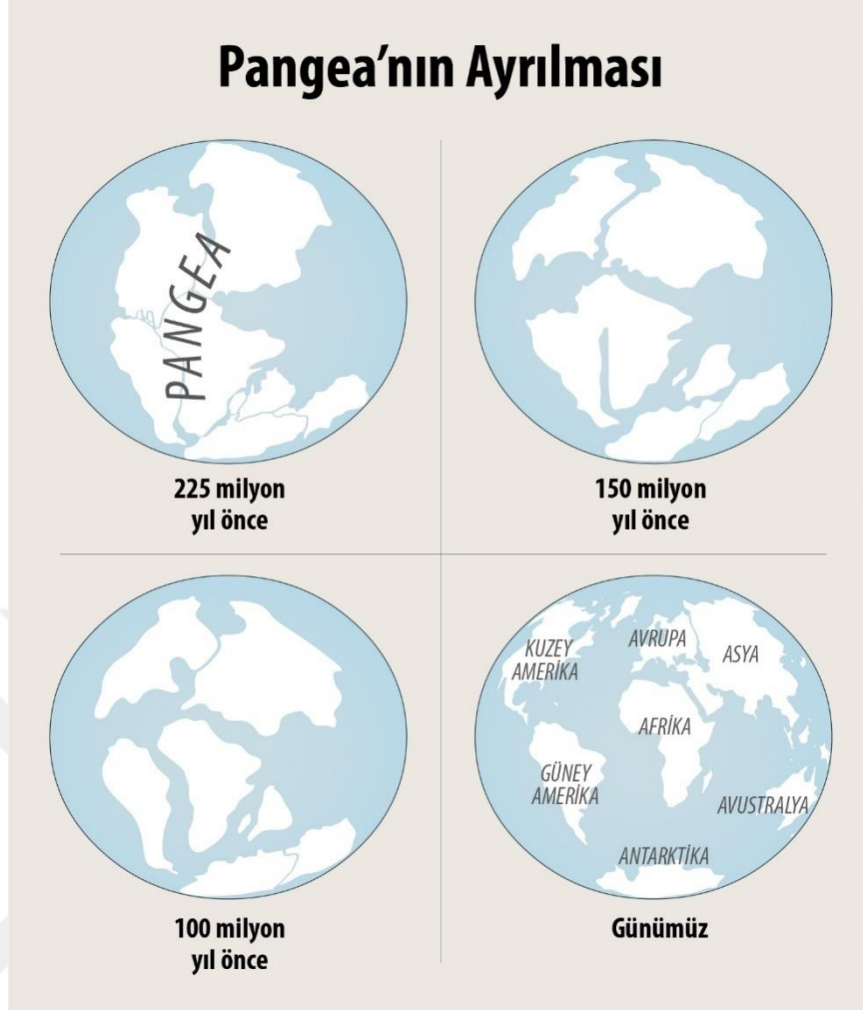
Günümüzde, depremler, bilimi kullanarak sebebini ve korunma yollarını araştırdığımız felaketlerin ve afetlerin başında gelmektedir (Dönmez ve Tiryakioğlu, 2018). Ülkemiz de aktif fay hatları üzerinde yer aldığı için deprem riski yüksek alanlara sahiptir. Tektonik ve deformasyon çalışmaları için tesis edilen GNSS istasyonlarında ölçümler genellikle kampanya tipi ve eş zamanlı ölçümlerle gerçekleştirilmektedir. Çünkü, bu şekilde yapılan ölçümlerle, elde edilen gözlemlerde ortaya çıkan hataların tespit edilmesi ve ölçüler arasındaki ilişkinin yani korelasyonun artırılması sağlanmaktadır (Tiryakioğlu vd., 2010). Noktalarda oluşacak olan sapmaların tespitini yanı sıra, bu noktaların hızlar da belirlenmelidir. Bu amaç doğrultusunda ya GNSS noktalarında uygun zaman aralıklarında kampanya tipi GNSS ölçülerin yapılması ya da yüksek zamansal çözünürlüklü sürekli ölçü yapan sabit GNSS istasyonlarından da faydalanılmaktadır.

3.2 Levha Hareketleri

Yerkürenin iç çekirdeğinden yüzeyine doğru gidildikçe sıcaklık azalır. Bundan ötürü çekirdek kabuğunda (manto) konveksiyon hareketine sebep olur. Yerkürede bulunan magma daha soğuk olan yüzeye doğru hareket eder ve tekrar mantoya dönerek yeni bir döngü başlatmış olur. Oluşan bu olaylar yeryüzünde sert tektonik plaka hareketlerine ayrıca yeryüzü şekillerinin oluşmasına yol açar.

İnsanoğlu, insanlığın başlangıcından beri yaşamış olduğu afet ve afetlerin neden ve niçin kaynaklandığını merak etmiş ve bu felaket ve afetlerden nasıl korunması

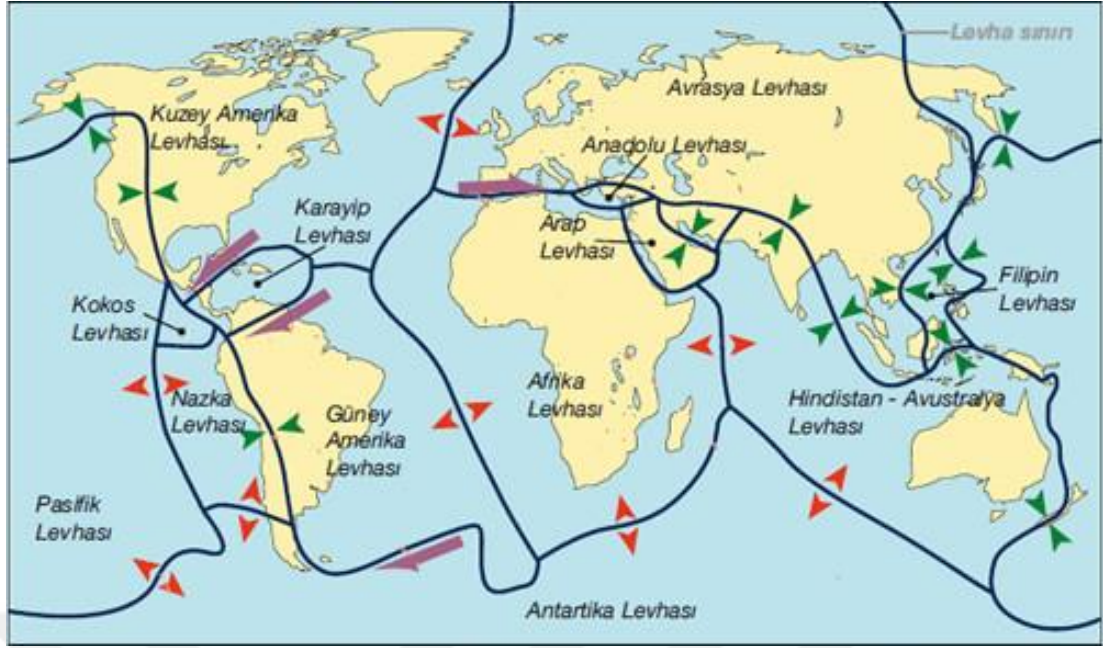
gerektiğini bulmaya çalışmıştır. Yaşadıkları felaketler sonucunda ortaya çıkan korunma ihtiyaçları ve meraklarının bir sonucu olarak bilim ortaya çıkmıştır. İnsanlar bilimden faydalanarak korunmaya çalıştığı afetlerin başında depremler yer almaktadır. Depremler, birdenbire yer kabuğunda ortaya çıkan enerjinin oluşturduğu sismik dalgalanmalar ve bu dalgaların yeryüzünü sarsması olarak tanımlanabilir (Dönmez ve Tiryakioğlu, 2010). Depremlerin neden kaynaklandığını; 1915 yılında bilim adamı Alfred Lothar Wegener ortaya koyduğu Levha Tektoniği Teorisi (LTT) ile açıklamıştır. Wegener' ın LTT'si, Pangea adındaki tek kıtanın çeşitli kuvvetler altında kalarak, parçalanıp, diğer kıtaların oluştuğunu savunmuştur (Şekil 3.2). Wegener bu sonuca dünya haritasında yer alan kıtaların bir yapboz parçasını oluşturuyormuş gibi birbirini tamamladığını fark ederek varmıştır. Pangea'nın zamanla birbirinden uzaklaşması sonucunda kuzeyde Laurasia, güneyde Gondwanaland adında iki kıta meydana gelerek iki kıtanın arasında ise Tethys adı verilen deniz oluştu. Wegener' ın kuramına göre yeryüzünün manto ve kabuk kısmını meydana getiren Litosfer kırıklı ve parçalı bir yapıya sahiptir. Parçaların her birine levha, levhaların sınırlarını oluşturan kırıklara da fay denilir (Dönmez ve Tiryakioğlu, 2010). Levhalar birbirlerine göre küçük hızlarda hareket halindedirler ve bu hareketlerin bir sonucu olarak depremler meydana gelmektedir.



Şekil 3.2.Pangea (URL-2).

Yerkabuğu, kaygan özellikte yedi büyük levhadan meydana gelmiş olup, 7 km ile 100 km kalınlıkları arasında değişim göstermektedir. Şekil 3.3'te yeryüzündeki levhalar gösterilmiştir. Bunlar;

- Avrasya Levhası,
- Afrika Levhası,
- Kuzey Amerika Levhası,
- Pasifik Levhası,
- Hindistan-Avustralya Levhası,
- Arap Levhası,
- Antarktika Levhasıdır.



Şekil 3.3. Yeryüzündeki levhalar (URL-3).

Levhalar, yeryüvarı üzerinde hareket halindedir. Bu levhaların hareketlerinden yararlanarak yeryüzünde meydana gelen tektonik olaylar açıklığa kavuşturulabilmektedir (Büyüksaraç vd., 2018).

Anadolu, Laurasia ve Gondwanaland kıtasal levhalarından ayrılan ve başka kıtasal ve/veya okyanusal kabuk parçaları ile çarpışıp kaynaşarak farklı jeolojik yapıya sahip çok sayıda tektonik birlikten oluşmaktadır.

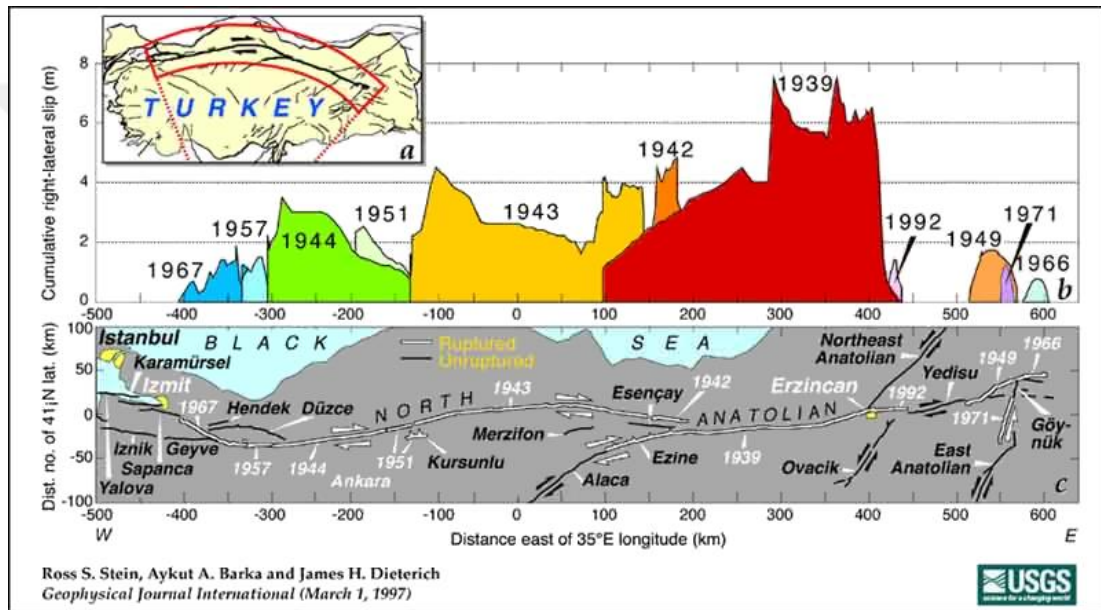
Türkiye, Avrasya plakası, Arap ve Afrika plakalarının kesiştiği bölgede yer almaktadır. Arap ve Afrika plakaları Avrasya plakasına itme gücü uygulayan plakalardır. Bu da birtakım tektonik hareketlere maruz kaldığını göstermektedir. Dünyanın en önemli ana fay hatlarından birinin üzerinde yer almaktadır

3.3 Kuzey Anadolu Fay Hattı

Türkiye’de neotektonik dönemi başlatan olay GD Anadolu’da Avrasya ile Arap Levhasının Bitlis Kenedi boyunca çarpışması (Dewey vd., 1986) olarak kabul edilmekte olup, bunu izleyen evrede Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) oluşarak Anadolu levhasının batıya hareket ettiği ve bu hareketin Yunan Makaslama Zonu tarafından engellenmesi ile Ege’de (Yunanistan

anakarası, Ege Denizi ve Batı Anadolu) K-G yönlü genişleme rejiminin Geç Miyosen’de başladığı öne sürülmüştür (Şengör, 1980; Şengör vd., 1985).

Saroz Körfezi’nden başlayan KAF, Marmara Denizi, Sapanca Gölü, Adapazarı, Tosya ve Erzincan üzerinden Van Gölü kuzeyine kadar uzanmaktadır (Şekil 3.4). Kuzey Anadolu Fayı, Türkiye’nin kuzeyinde bulunan ve dünyanın en tehlikeli sismik bölgeleri arasında yer alan aktif yanal atımlı bir fay zonudur (Barka, 1993). Tek faydan oluşmayan, yani birçok parçadan meydana gelen fay zonudur. Fay hattında; parçalanmış- ezilmiş kayaçlar, soğuk ve sıcak su kaynakları, gölcükler, traverten oluşumları, genç volkan konilerine rastlanır.



Şekil 3.4. Kuzey Anadolu Fay Hattı (URL-4).

Yeryuvarının içi hakkındaki bilgilerin en önemli kaynağı depremlerdir (Büyüksaraç vd., 2018). Özellikle deprem merkezlerinin yüksek doğrulukta belirlenmesi ve fay hareketlerinin ya da büyük plakaların yıllık değişimlerinin yani hızlarının belirlenebilmesi için sismolojinin gelişimi büyük önem taşımaktadır. Depremlerin izlenmesi, fayların hareketinin ve özelliklerinin tespiti, yerkürenin iç yapısının ayrıntılı bir biçimde görüntülenmesi, global levha sınırlarının davranış özelliklerinin izlenmesi, gezegenler (Ay, Mars, vd.) gibi doğal ya da yapay kaynaklı titreşimlerin kaydedilip analizlerinin yapılması, kara ve deniz tabanı volkanizma faaliyetlerinin izlenmesi, tsunami gözlemlerine yönelik çalışmalar, arama jeofiziğinde petrol, doğalgaz, kömür gibi ekonomik kaynaklı maden aranmasına yönelik yapılan çalışmalarda görüntüleme, büyük baraj gövdelerinde, termal kaynakların bulunduğu alanlarda kontrol amaçlı

havza denetiminin yapılması, kabuk yapısı çalışmaları, büyük mühendislik ve ekonomik yapıların izlenmesi mümkün olmuştur (Kalafat, 2018).

Kuzey Anadolu Fayının (KAF) ve bunun Marmara Denizindeki uzantısının potansiyel olarak büyük bir deprem oluşturabileceği ile ilgili çalışmalar bu bölge için deprem riski analizini ön plana çıkarmıştır (Aktuğ ve Kılıçoğlu, 2006; Akyol vd., 2006).

Kırıkkale ili doğudan Çorum, Yozgat ve Kırşehir, kuzeyden Çankırı, güney ve batıdan ise Ankara illeri ile çevrilidir. Aynı zamanda Kırıkkale ili, Kırşehir Masifi'nde yer almaktadır. Bu masifte granit, kuvarslı diyorit, pegmatit gibi kayalar bulunmaktadır. Maden çeşitliliği açısından zengin fakat rezerv olarak fakirdir. İldeki madenler: linyit, demir, kurşun, çinko, uranyum, volfram gibi pek çok çeşidi bulunmaktadır. Kırıkkale ve çevresi Kırşehir Masifi'nin Sakarya Bloğu ile bağlantılı olduğu bir bölgede yer aldığından ötürü karmaşık jeolojik özelliğe sahiptir. Dağlık arazi andazit, bazalt, paleozoik şistleri, mesozoik kireç taşları ve mermerlerden oluşur. Baykal (1943), Kırıkkale civarında yaptığı çalışmada kalkerlerin Paleozoyik zamanını, Serpantin ve radyolaritlerin Geç Jura- Erken Kretase zamanını, Kırmızı Kalkerlerin Geç Kretase zamanının simgesi olduğunu ve bölgede geniş yayılım sunan Tersiyer havzalarının varlığından söz etmiştir.

Kırıkkale ili 1., 2., 3., ve 4., derece deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. 19 Nisan 1938 tarihinde Ms: 6.8 büyüklüğünde Akpınar (Kırşehir) Depremi, Akpınar Fay Zonunda, 13 Ağustos 1951' de Ms: 6.9 büyüklüğünde Kurşunlu (Çankırı) depremi KAFZ'da, 6 Haziran 2000 yılında Ms: 6.1 büyüklüğünde Çankırı depremi, Bala Fayında 20 Aralık 2007'de meydana gelen Ms: 5.7 büyüklüğünde Bala depremi gibi çok sayıda deprem ve çevresindeki olası sismik aktivitenin varlığını ortaya koymaktadır.

4. YÖNTEM VE MATERYAL

4.1 Zaman Serilerinin Tarihçesi

Zaman serileri eski zamanlardan günümüze kadar birçok çalışma alanında kendine yer bulmuştur. Örneğin; Babil'deki gökbilimciler yıldızların hatta gezegenlerin bulundukları konumlara bağlı olup zaman serilerinden faydalanarak gökbilimsel olayların tahmininde bulunmuşlardır. 1664 yılında Newton tarafından, ışık sinyali Fiziksel spektrum analizi ile frekans bileşenlerine ayrılmıştır. Newton' un spektrum aracının yerini alan bir ölçüm ise 1800 yılında Herschel tarafından güneş ışığını birçok farklı bantlara ayırmak suretiyle gerçekleştirmiştir. Daha sonraları, pek çok araştırmacı periodgramlar hesaplamış ve bunların eşitlikleri belirlemişlerdir. 1930'lu yıllardan itibaren Barlett, Wiener, Cramer, Kolmogorov ve Tukey zaman serilerinin analizi ile ilgili önemli çalışmalar yapmışlardır. Özellikle Tukey zaman serileri ile ilgili birçok alanda çalışmalar gerçekleştirmiştir (Brillinger, 2002).

4.2 Temel Kavramlar

4.2.1 Süreç

Süreçler genellikle zaman içerisinde değişim gösteren fiziksel olaylar olarak tanımlanır ve belirli bir zaman boyunca ölçüler yapılarak belirlenirler. Süreçler zaman serilerinin matematiksel nicelikleri ile analiz edilerek fiziksel davranışları gözlemlenir. Süreçler, ayırık ve sürekli süreçler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Gerçekte tüm süreçler süreklilik göstermesine karşın, verilerin belirlenmesinde uygulanan yöntemler nedeniyle kesintisiz yani sürekli süreçler ayırık örneklemelere dönüşür. Örnek vermek gerekirse; deniz yüzeyindeki değişimlerin eş zamanlı kaydedilmesi için bir analog sistem sürekli olarak ifade edilir. Ancak bu sistem ile elde edilmiş olan sonuçlar sayısal bilgilere dönüştürüldüğünde ayırık bir sonuç ortaya çıkar. Zaman serilerinde de genellikle kesikli verilerle çalışılmaktadır (Özbiz, 2019). Süreçler aynı zamanda deterministik ve stokastik (rastgele) olmak üzere de ikiye ayrılmaktadır. Süreçlerin ne kadarı deterministik veya ne kadarı stokastik olduğu hakkında kesin bir fikre sahip olunamaz. Genellikle deterministik kısım tahmin edilerek, stokastik kısım ise tahmin edilemeyen kısım olarak ele alınır ve değerlendirilir.

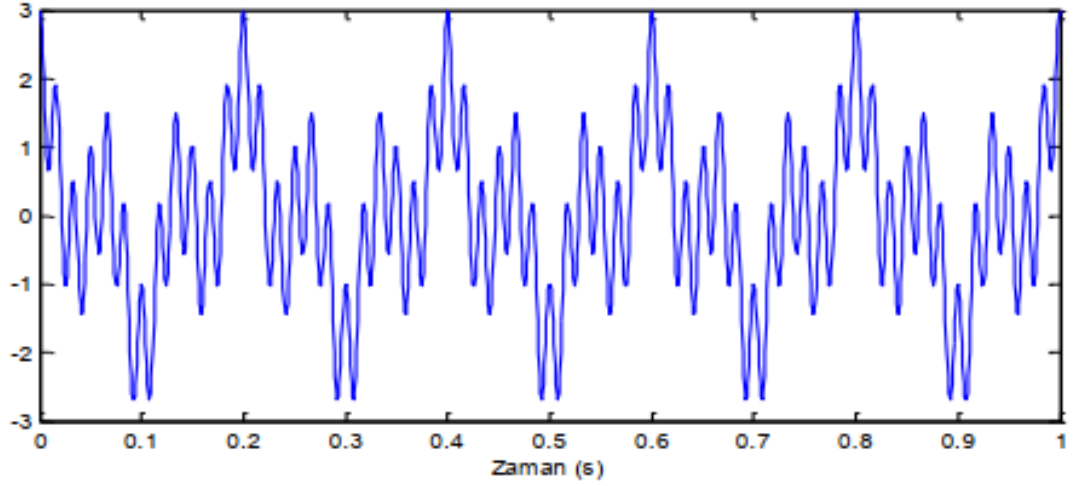
Sıcaklık, nem ve tektonik hareketler gibi herhangi bir rastgele büyüklük, bir değişkene bağlı olarak farklı değerler alabilirler. Bağımlı değişkene bağlı olarak rastgele büyüklükler fonksiyon olarak ifade edilebilir. Buna rastgele fonksiyon adı verilir (Kara, 2009). Stokastik fonksiyon denilince yapılan gözlemler sonucunda elde edilen verilerin de yardımıyla aynı zamanda gözlemin birçok kere tekrarlanarak farklı değerler elde edilmeye çalışılır. Yapılan gözlemlerdeki temel amaç, elde edilmiş olan verilerden yararlanarak stokastik süreç hakkında çıkarımlarda bulunabilmektir. Stokastik süreçlere atmosferin bir noktasındaki sıcaklığın zamana bağlı değişimi; mevsimsel değişimlerin sabit bir GPS noktasının koordinatlarına etkisi, iki nokta arasındaki rüzgâr hızının yüksekliğe bağlı değişimi örnek olarak gösterilebilir (Kara, 2009).

4.2.2 Durağan zaman serisi

Rastgele sürecin farklı iki gerçekleşeni tahmin edilemez. Bir sürecin tek bir gerçekleşmesi örnek olarak tanımlanır. Rastgele veya diğer bir ifade ile stokastik süreçler, bütün bu gerçekleştirmelerin bir araya gelmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bütün örnekler, rastgele süreçte birbirinden farklı değerler almaktadırlar (Kara, 2009).

Stokastik süreç, değişimleri zaman bağımlı durağan ve durağan olmayan süreçler olmak üzere ikiye ayrılır. Bir süreç istatistiksel açıdan özellikleri değişkenden bağımsız ise durağandır (Şekil 4.1).

En basit tanımı ile, bir zaman serisi geçmiş, şimdi ve gelecekte benzer şekilde olması durumu olarak tanımlanabilir. Yani stokastik bir değişkenin zaman içerisinde sabit bir ortalama, varyans ve kovaryansa sahipse ya da seri periyodik dalgalanmalardan temizlenmişse durağan süreç olarak adlandırılmaktadır. Stokastik süreçlerin tespiti için genelde çok sayıda küme ortalamasına ihtiyaç vardır. Ancak bu işlemin yapılabilmesi pahalı ve aynı zamanda karmaşık bir işlem olduğundan mümkün mertebe az sayıda gözlem ile gerçekleştirilmesine özen gösterilir. Durağan bir süreç özelliği taşıyan zaman serisi, seriye ait olan geçmişteki verilerden yola çıkılarak oluşturulacak sabit sayılı bir denklem ile modellenmiş olacaktır. Durağanlık zaman serileri için çok önemli bir kavramdır. Durağan süreç ile ilgili örneklerle gerçek hayatta çok az rastlanır.



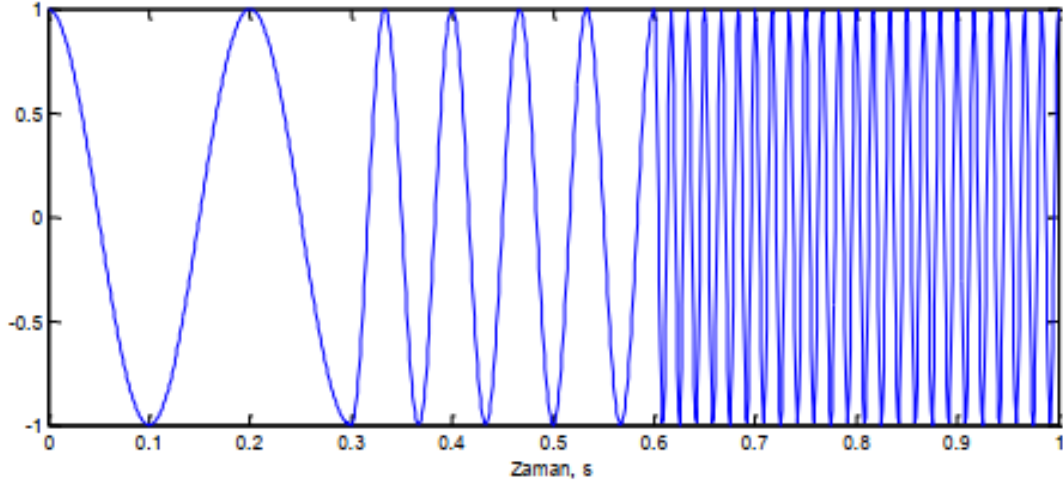
Şekil 4.1. Durağan zaman serisi örneği (Oktar, 2015).

4.2.3 Durağan olmayan zaman serisi

Bir zaman serisi, durağan zaman serisi özelliklerinden bir veya birden fazlasını sağlamıyor ise, bu seriye durağan olmayan zaman serisi denilir (Şekil 4.2). Yani zaman serisinde, serinin geçmiş, şimdi ve gelecekteki davranışları benzer değildir. Durağan olmayan zaman serisinde, çoğunlukla seride artan veya azalan bir trend ortaya çıkar. Stokastik süreç, durağan olmayan zaman serisi özelliği gösteriyor ise bu seriye ait basit matematiksel model oluşturulması oldukça zor bir işlemdir. Durağan olmayan zaman serisinde, serinin hareketi sadece serinin izlenen zaman aralığı için geçerli olacaktır. Bu tür serilerin analiz ve tahminlerinin yapılabilmesi için seri, mevsim ve trend etkilerinden arındırılarak durağan hale getirilmelidir.

Durağan olmayan zaman serilerinde:

- i. Zaman serisinin verileri bir değer etrafında dağılım göstermez ve bundan dolayı da sabit bir ortalama değeri yoktur.
- ii. Serinin varyansı zamana bağlı olmasından sonsuza gider.
- iii. Seride yer alan veriler arasındaki korelasyon verilerin birbirlerine olan uzaklığı arttıkça azalmaz.



Şekil 4.2. Durağan olmayan zaman serisi örneği (Oktar, 2015).

4.3 Zaman Serileri Analizi

Zaman serileri belirli zaman aralıklarında bir değişkenin veya ölçülerin ardışık değerlerinin kaydedilmesiyle ortaya çıkar. Zamanın belirli periyodik noktalarında periyodik, bir cevap değişkeni yani tepki değerinin izlenmesi ile verilerin elde edilmesi zaman serisi olarak adlandırılır (Sincich, 1996). Granger ve Newbold (1986)'a göre bir zaman serisi, zamana bağlı olarak ardışık bir biçimde sıralanmış ölçüler dizisidir. Başka bir ifade ile, bir zaman serisi zaman içerisinde ardışık olarak elde edilen gözlemler kümesidir (Güneş, 2010). Zaman serisi verileri, değişkenlerin bir dönemden diğerine ardışık şekilde gözlemlendiği sayısal değerler hakkında bilgiler verir. Gözlenen verilerin zaman içerisinde ardışık bir biçimde olması gerekli bir koşul olmamasına karşın, serideki değişimlerin doğru analiz edilmesi ve doğru sonuçlara ulaşılması açısından önemlidir (Seddighi vd, 2000). Zaman serisi ile ilgili analiz yapılmasının amacı, izlenen sisteme ait verilerle sistemin hareketini temsil eden davranış biçiminin doğru belirlenmesi ve zaman serisindeki değişkenlerin gelecekteki değerlerinin doğru bir biçimde tahmin edilmesidir (Allen, 1964). Zaman serileri analizi, bir serinin sahip olduğu özellikleri ortaya koyar ve seride göze çarpan yapıyı ortaya çıkarır. Yapılan bu analiz zaman boyutunda olabileceği gibi, frekans boyutunda da ele alınabilmektedir yani frekans boyutunda periyodik hareketlere dikkat edilirken, zaman boyutunda da zaman içerisinde yer alan farklı noktaların gözlem verileri arasında ortaya çıkan ilişkiler üzerinde durulmaktadır.

Zaman serileri analizinde dört temel amaç vardır:

1. Veriler toplanıp, grafiğe dökülerek, verilerin periyodik değişimleri ve eğilimleri hakkında genel sonuçlara çıkarılır. Değişkene uygun bir matematiksel model belirlenerek seriye uymayan aykırı değerler yani kaba hatalar belirlenebilir.
2. Gözlenen veriler kaç parametreye bağlı ise; her parametre için ayrı grafikler oluşturularak, parametreler arası matematiksel ilişki kurulmuş olur.
3. Zaman serilerinde kurulmuş olan matematiksel model sayesinde gelecekteki bir değer için tahminde bulunmak veya ileride problem oluşturabilecek düzeye gelen veriler için önceden önlem alınabilir. Bu kullanım şekli özellikle endüstri ve ekonomi de sıkça uygulanmaktadır.
4. Kurulmuş olan matematiksel model ile tahminde bulunan bir noktadaki değer ile o noktada gerçekleşen değer arasındaki yaklaşım sonuçları ile zaman serisinin kontrolü sağlanmış olur.

Zaman serilerinden ile araştırılması gereken bilimsel alan ve konuya göre bir bağımsız değişken belirlenir. Bir değişken, örneklem aralığı olarak ifade edilen sabit bir zaman aralığında zamana bağlı ardışık olarak gözlemlendiğinde, elde edilen veri bir zaman serisini oluşturmaktadır (Cowpertwait ve Metcalfe, 2009). Zamana bağımlı olarak ölçülerle elde edilen zaman serileri, pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu alanlara radyo frekansları, ekonomi ve borsa ile ilgili zaman içinde gelişen farklılıklar ve gelecek zaman için yapılan tahmin çalışmaları, elektromanyetik alanlar ve tayf analizleri, jeodinamik amaçlı uygulamalar, gökyüzü ve astronomiyle ilgili yaşanan olaylar, meteoroloji alanında yapılan hava durumu tahminleri, tıbbi cihazlar, sinirsel hareketler ve kalp ritminin izlenmesi, organların düzenli çalışmasının takip edilmesi çalışmaları gibi örnekler verilebilir (Güllüce, 2015).

Zaman serilerinin sınıflandırılmasında;

- Zaman serileri verilerin elde edilmesine göre: Sürekli ve kesikli zaman serileri,
- Serilerin gelmiş olduğu kaynaklara göre: Ekonomik ve fiziksel zaman serileri,
- Gözlem değerlerinde serinin ortalama değerinden sapmalarına göre: Durağan ve durağan olmayan zaman serileri,
- Serinin göstermiş olduğu periyodik hareketlere göre: Mevsimsel ve mevsimsel olmayan zaman serileri olarak sınıflandırılır.

Sürekli ve Kesikli Zaman Serileri: Gözlem değerleri zamanın tüm noktalarında elde edilebiliyorsa sürekli zaman serileri denir. Çoğunlukla eşit olmayan zaman aralıklardan elde edilen gözlem verilerinden oluşur. Gözlem verileri belirli zaman aralıklarında ifade ediliyorsa bu serilere de kesikli zaman serileri denilmektedir ve genellikle eşit zaman aralıklarından elde edilen gözlem verilerinden meydana gelir. Sürekli zaman serileri sayısallaştırma yapılarak ayrık zaman serileri haline getirilmesi gerekir. Çünkü, sayısal analize uygun değildir (Abbak, 2007).

Ekonomik ve Fiziksel Zaman Serileri: Gözlem verileri ekonomik değişkenlerden elde edilmiş ise ekonomik zaman serileri denir. İktisadi verilerde zaman serileri önemli yer tutmaktadır. Gözlem verileri fiziksel bilimlerdeki değişkenlerden elde edilmiş ise fiziksel zaman serileri olarak tanımlanmadır.

Durağan ve Durağan Olmayan Zaman Serileri: Bir değişken sabit bir ortalama, varyans ve kovaryansa sahipse durağan, bu özelliklerden birini veya birden fazlasını taşıyorsa durağan olmayan zaman serisidir.

Mevsimlik ve Mevsimlik Olmayan Zaman Serileri: Birbirini takip eden mevsimlerin, ayların ya da günlerin aynı zaman noktalarında zaman serisindeki gözlem verilerinde herhangi bir artış veya azalış şeklindeki düzenli değişimleri gösteren zaman serileri mevsimlik zaman serileridir. Mevsimsel değişimler genellikle iklimle, ayla veya saatle ilişkilidir. Mevsimlik zaman serilerinde düzenli değişimler olduğundan herhangi bir zaman için etkileri daha kolay tahmin edilebilmektedir.

4.3.1 Zaman serilerinin sonuçlarını etkileyen faktörler

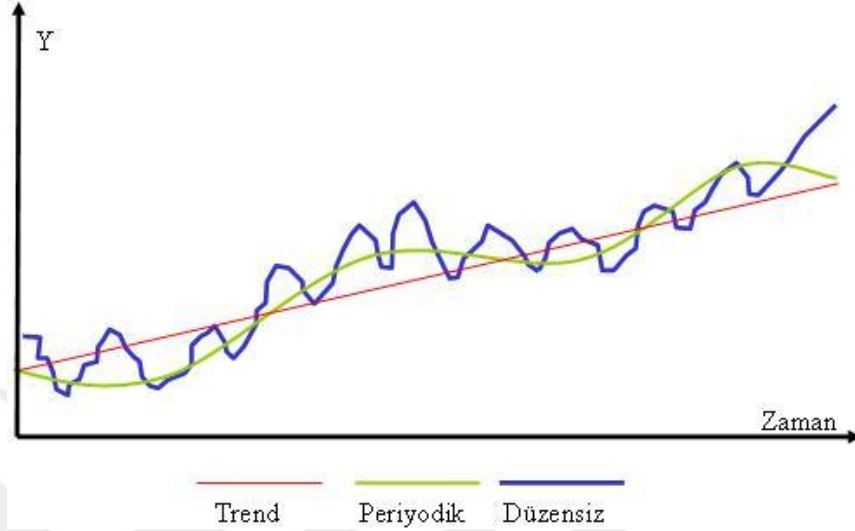
Zaman serisi verilerinde, zaman içerisinde artış veya azalış şeklinde birtakım değişimler gözlenir. Kullanılan alıcı ve antenlerinden, yansıtıcı yüzeylerden, troposferden, mevsimsel etkilerden, deniz suyu akıntılarında (golfstream, labrador gibi), deprem etkisi, küresel plaka hareketleri gibi çeşitli nedenler zaman serisi gözlemlerinde, yön ve şiddetinin farklı olmasından kaynaklı olarak bazı değişimler söz konusudur. Bu değişimlere genel olarak zaman serisi bileşenleri adı verilmektedir.

4.3.2 Zaman serisi bileşenleri

Genel olarak, GNSS istasyonlarında t_i ($i=1,2,3,\dots,N$) zamanlarında yapılan ölçümlerin $Y(t_i)$ zaman serisi, yapay ya da ko-sismik ve post-sismik atılımların sebep olduğu

kayıklıklar hariç, üç bileşene ayrılabilir (Oktar, 2015). Bu bileşenler 4.1 eşitliğinde gösterilmiştir (Şekil 4.3).

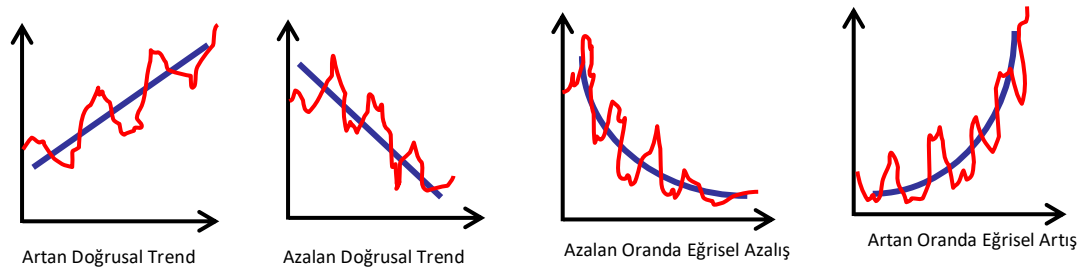
$$Y(t_i) = T(t_i)_{Trend} + P(t_i)_{Periyodik} + S(t_i)_{Stokastik} \quad (4.1)$$



Şekil 4.3. Zaman serileri analizi bileşenleri (Kara, 2009).

4.3.3 Trend analiz

Ardışık bir biçimde gerçekleştirilen ölçülerde doğal veya insan etkisiyle herhangi bir etkiye bağlı olarak artan veya azalan yönde gözlenen hareketler veya değişimler trend olarak adlandırılmaktadır (Tülücü, 1996). Trendin yönü ve büyüklüğü her zaman sabit değildir. Trend lineer ya da eğrisel olabilir. Şekil 4.4’ te gerçekleşmesi mümkün olan bazı eğrisel ve lineer trend şekilleri gösterilmiştir. Uzun bir dönem içerisinde trend analizi araştırması yapıldığından verilerin aylık veya mevsimlik olarak verilmiş olması analizin sonucunu etkilemez.



Şekil 4.4. Eğrisel ve doğrusal trend şekilleri için örnekler (Kara, 2009).

Zaman serilerinde trend bileşeni olduğu tespit edilirse, bu bileşenin tespit edilip seriden ayrıştırılması gerekir. Bunun için, ilk olarak serideki trendi en iyi tanımlayacak

zamana bağılı fonksiyon tipi seçilir. Zaman serisindeki trend bileşeni, serinin zamana bağılı uzun süreli hareketlerini ortaya koyar (Şekil 4.5). Örneğin; zaman serisi için yapılacak bir trend analizi araştırmasında, zaman bağılı polinom şeklinde öngörülen bir fonksiyon ile serideki lineer ya da farklı derecelerdeki trend tespit edilebilir. Zaman bağımlı polinom fonksiyon,

$$Y(t_i)_{Trend} = \sum_{k=1}^m a_k t^{k-1} \quad (4.2)$$

Burada a_k , ($k=1,2,...,m$) fonksiyonun derecesine bağılı parametrelerdir. Bu parametreler, parametrelerin kovaryans matrisi ve standart sapmaları En Küçük Kareler (LSM) Yöntemine göre kestirilir. Örneğin, bu fonksiyonda, $k=2$ için trend aşağıdaki şekilde lineer olarak ortaya çıkar. Serideki trendin varlığı, yönü ve büyüklüğü herhangi bir zaman noktası için fonksiyondaki a_2 parametresi ile tespit edilir.

$$Y(t_i)_{Trend} = a_1 + a_2 t_i + v(t_i) \quad (4.3)$$

$Y(t_i)_{trend}$ zaman serisindeki parametrelerin kestirimi için aşağıda verilen lineer fonksiyonu ele alalım.

$$Y(t_i)_{Trend} = a_1 + a_2 t_i + v(t_i), \quad A^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1, \dots, N \\ t_1 & t_2 & t_3, \dots, t_N \end{bmatrix}, \quad x^T = [a_1 \ a_2] \quad (4.3a)$$

$$= Ax + v(t_i)$$

En küçük kareler yöntemine göre a_1 ve a_2 parametreleri;

$$N = (A^T A)^{-1}, \quad n = (A^T Y) \quad (4.3b)$$

$$Q_{xx} = N^{-1} \quad (4.3c)$$

$$x^T = Q_{xx} n \quad (4.3d)$$

eşitlikleri ile elde edilir. m_{a_1} ve m_{a_2} standart sapmaları ise aşağıda verilen işlem adımları ile hesaplanır. Düzeltmeler,

$$v(t_i) = Y(t_i) - \bar{Y}(t_i) \quad (4.4)$$

ile elde edilir. $\bar{Y}(t_i)$, (4.5) fonksiyonundan hesaplanan değerler olup,

$$\bar{Y}(t_i) = Ax \quad (4.5)$$

ile elde edilir. m_o standart sapması,

$$m_o = \sqrt{\frac{v_{(ti)}^T v_{(ti)}}{f}} \quad (4.6)$$

ve

$$Q_{XX} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad (4.6a)$$

katsayıların standart sapmaları; m_{a_1} ve m_{a_2}

$$m_{a1} = m_0 Q_{(a11)} \quad (4.6b)$$

$$m_{a2} = m_0 Q_{(a22)} \quad (4.6c)$$

ile hesaplanır.

Elde edilen a_1 ve a_2 parametreleri ve bu parametrelerin m_{a_1} ve m_{a_2} standart sapmaları ile (4.3) eşitliği kullanılarak her bir parametre için test büyüklükleri değerleri hesaplanır.

$$t_{a1} = \frac{a_1}{m_{a1}} ; \quad t_{a2} = \frac{a_2}{m_{a2}} \quad (4.7)$$

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

$$|t_{a1}|; |t_{a2}| < t_{f,1-\alpha/2} \quad (4.7a)$$

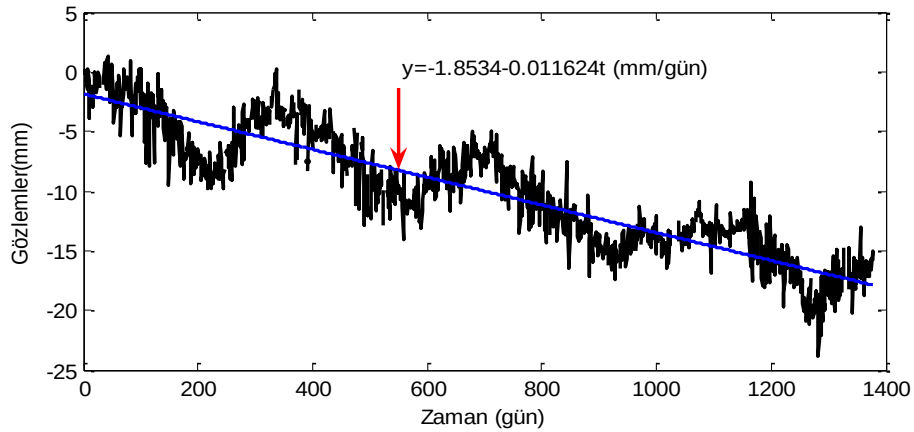
ise parametreler anlamsız,

$$|t_{a1}|; |t_{a2}| \geq t_{f,1-\alpha/2} \quad (4.7b)$$

ise parametreler öngörülen güven düzeyinde anlamlıdır.

Parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı çıkması durumunda, seride trend bileşeni olduğuna karar verilir.

Zaman serilerindeki trend bileşeninin tespit edilmesi, varlığına karar verilmesi, bazı periyodik hareketlerin bir tam periyodik hareketinin ortaya çıkma süresinin çok uzun zaman olması nedeniyle çok zor olmaktadır. Bu sebeple ölçülerin izlenen sistemdeki veya verideki değişimleri yansıtacak şekilde gerekli olan zaman kadar yapılması çok önemlidir. Ya da trendin varlığının doğru yorumlanması gerekir.

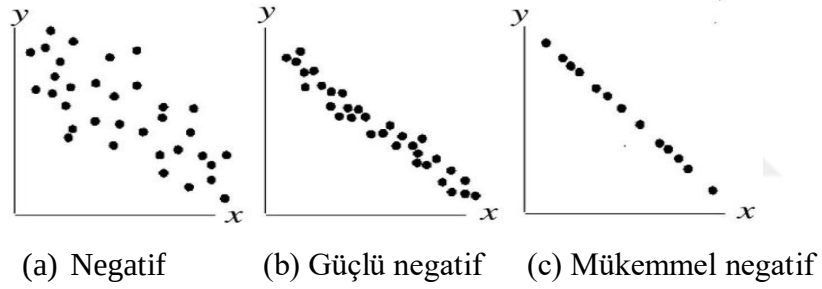


Şekil 4.5. Zaman serisi için lineer trend bileşeni.

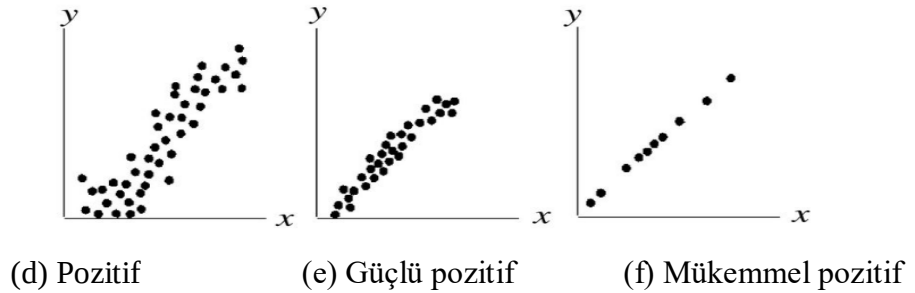
4.4 Korelasyon Analizi

4.4.1 Korelasyon katsayısı

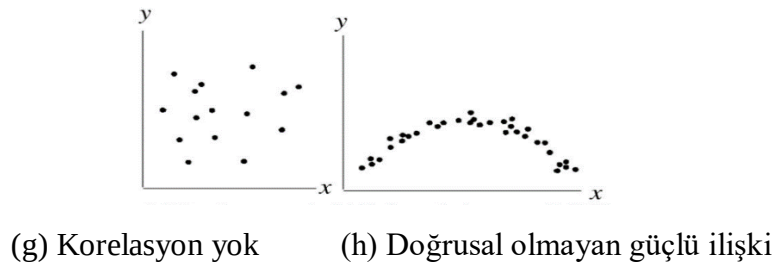
İki rastgele değişken arasındaki bağlantının yönünün ve gücünün ifade edilmesine korelasyon denir. Korelasyon katsayısı r ile gösterilir. Korelasyon katsayısı değişkenler arasındaki ilişkinin nasıl ve ne kadar kuvvetli olduğu hakkında bilgi verir. Korelasyon katsayısı -1 ile $+1$ arasında değişen değerler alabilir. Korelasyon katsayısı -1 'e yakın değerler alırsa değişkenler arası negatif yönde ilişki vardır. Korelasyon katsayısı yani $r=-1$ olur ise mükemmel negatif korelasyon olur. Negatif yönde bir ilişki olması değişkenlerden birinin değerinin artması halinde diğer değişkenin değerinin düşmesi demektir. Şekil 4.6.' da gösterilmiştir. Korelasyon katsayısı $+1$ 'e yakın değerler alırsa değişkenler arası pozitif yönde ilişki vardır (Şekil 4.7). Korelasyon katsayısı yani $r=+1$ olur ise mükemmel pozitif korelasyon olur. Korelasyon yok ise $r=0$ 'dır. Korelasyon katsayısı eşitlik 4.8' de verilmiştir.



Şekil 4.6. Negatif korelasyon (URL- 4).



Şekil 4.7. Pozitif korelasyon (URL-5).



Şekil 4.8. Korelasyon (URL- 6).

Korelasyon katsayısı r olmak üzere, x , y değişken ve n gözlem sayısı olmak üzere

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (4.8)$$

Eşitliği ile ifade edilir.

4.4.2 Otokorelasyon fonksiyonu

Otokorelasyon bir değişkenin bir ya da daha fazla gecikmeli dönemi arasında korelasyonlu olması durumudur. Trend, periyodik ve düzensiz bileşenleri içeren veriler otokorelasyon analizi yaklaşımı kullanılarak araştırılmaktadır. Otokorelasyon katsayıları sıfır civarında simetriklik özelliği gösterdiğinden k sayıda gecikmeler için ya pozitif ya da negatif katsayılar hesaplanmaktadır. Otokorelasyon katsayısı r_k ; k gecikme sayısı ve $\bar{\varepsilon}$ hatalarının ortalaması olmak üzere

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^N (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})(\varepsilon_{i+k} - \bar{\varepsilon})}{\sum_{i=1}^N (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2} \quad (4.9)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Otokorelasyon katsayıları yaklaşık olarak sıfır ortalamalı ve $s_{rk} \approx 1/\sqrt{N}$ standart sapmalı normal dağılıma sahiptir (Chatfield,1996). Katsayılar için istatistiksel anlamlılık testi için; $H_0:r_k=0$ veya $H_1:r_k \neq 0$, hipotezleri kurulmaktadır. Belirlenen test büyüklüğü

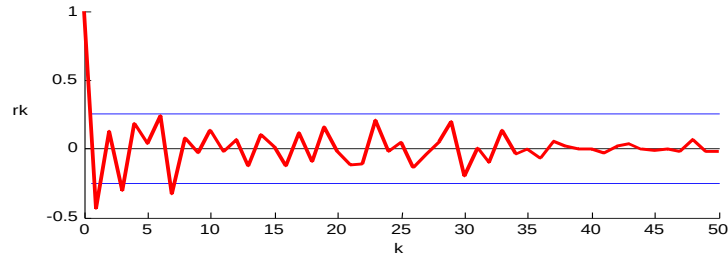
$$t_{r_k} = \frac{r_k}{s_{rk}} \quad (4.10)$$

öngörülen yanılma olasılığında ($\alpha=0,05$) Çizelge değerinden (standart normal dağılım) büyükse otokorelasyon katsayısının sıfır olduğu hipotezi reddedilir. Ya da hesaplanan otokorelasyon katsayısı;

$$-u_{1-\alpha/2} \cdot s_{rk} < r_k < +u_{1-\alpha/2} \cdot s_{rk} \quad (4.11)$$

güven sınırının dışına düşerse sıfır hipotezi reddedilmekte, aralığın içine düşerse sıfır hipotezi kabul edilmektedir.

Şekil 4.9'da $k=50$ gecikme değerleri için hesaplanan otokorelasyon katsayıları görülmektedir. $k=0$ hariç, $k=1, 3$ ve 7 için hesaplanan katsayıların öngörülen sınır değerine göre anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. $k=50$ için otokorelasyon katsayıları.

Otokorelasyon katsayılarının k geciktiricisine karşılık gelen katsayılarla grafiklerinin çizilmesi ile ölçülerin kendi içerisinde yorumlanmasında oldukça faydalı olmaktadır. Grafiklerin yorumlanmasında genel olarak dikkat edilmesi gereken önemli noktalar şunlardır (Chatfield, 1996).

- (a) Eğer bir zaman serisi tamamen rasgele ise, k 'nın sıfırdan farklı bütün değerleri için $r_k \approx 0$ dır.
- (b) Durağan seriler genellikle kısa-sürelili korelasyon özelliği göstermektedirler. Sıfırdan çok daha büyük birkaç katsayı birbirini takip ederek küçülmektedirler. Ancak, k 'nın en büyük değeri için korelasyon katsayısı yaklaşık olarak sıfır olmaktadır. Şekil 4.8'de bu özellik görülmektedir.
- (c) Eğer bir zaman serisi yön değiştirme eğiliminde ise yani ardışık gözlemler ortalamasının farklı yanlarında yer alıyorsa, korelasyon katsayıları grafiği de yön değiştirme eğilimindedir. Yani r_1 negatif ise r_2 pozitifdir.
- (d) Eğer bir zaman serisi bir trend içeriyorsa, otokorelasyon katsayısı, k 'nın çok büyük değeri hariç, sıfıra inmemektedir. Bu nedenle otokorelasyon fonksiyonu durağan seriler için daha anlamlı olup, r_k hesaplanmadan önce trend seriden çıkartılmaktadır.
- (e) Zaman serisi periyodik bir değişim içeriyorsa, korelasyon katsayılar grafiği de aynı frekans da bir titreşim sergilemektedir. Bu nedenle periyodik değişimlerin serilerden çıkartılması gerekmektedir.

Delurgio (1998), uygulamalarda otokorelasyon katsayılarının belirlenmesi için genelde gözlem sayısının minimum $N=50$ ve k (gecikme süresi) değerinin $N/4$ 'den büyük olmasına, ancak veri sorunu varsa gözlemlerin kaybının etkisini artırmamak için k 'nın uygun bir gecikme sayısı ile sınırlandırılması gerektiğini ifade etmektedir.

5. SABİT GNSS İSTASYONLARI

İlk olarak ABD’de NASA tarafından kabuk hareketlerinin araştırılması amacıyla Uydu Lazer Ölçmeleri (SLR: Satellite Laser Ranging) ölçüleri ile araştırma yapılabilmesi amacıyla bir proje geliştirilmiştir. Proje kapsamına Avrupalı bilim insanlarını da katılımını sağlamak amacıyla Avrupa Yerbilimcilerinin Deprem Araştırması ve Ağların Kurulması için Çalışma Grupları (WEGENER: Working Groups Of European Geoscientists For The Establishment Of Networks For Earthquake Research) çalışma grubu oluşturulmuştur. Orta ve Doğu Akdeniz bölgelerindeki SLR sistemlerinin kullanılması projesi MEDLAS (Mediterranean Laser Ranging) olarak isimlendirilmekte olup, WEGENER çalışma grubuna ait olan çalışmalar arasında yer almaktadır. WEGENER MEDLAS Projesiyle Orta ve Doğu Akdeniz bölgelerinde noksan olan Jeodezik verilerin temini amaçlanmıştır. Ayrıca Jeodezi, Jeodinamik, Sismoloji ve Jeolojinin farklı alanları ile bağlantı sağlanarak çalışma alanındaki plaka sınırlarını ve sınırlar boyunca var olan kayma değerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda Anadolu ve Ege’de bulunan iç deformasyonların doğal yapısını meydana çıkarmak da projenin diğer bir temel amacıdır (Aktuğ vd., 2011). Türkiye’de uygulaması 1988 senesinde başlayıp, uydu jeodezisi faaliyetleri dahilinde uluslararası izleme ağlarını kapsayacak bir istasyon kurulması düşünüldükçe, 1989 yılında BKG ile ortak olarak izleme istasyonu kurulmasına karar verilmiştir (Türkezer, 1995).

Türkiye Avrasya, Anadolu ve Arap levhalarının temas ettiği bölgede yer almaktadır. Bu levhaların birbirlerine göre olan hareketleri nedeni ile nokta konumlarında senelik olarak cm seviyesinde yer değişimleri meydana gelmektedir. Deprem üretme potansiyeli yüksek olan ülkemizde bundan dolayı çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. TUJJB ile Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG)’ne üye olan kuruluşlar, Türkiye’de depremlemlerin önceden tahmin edilebilmesi, depremin verebileceği zararı en aza indirmek ve Ülke Temel Jeodezik Ağlarının daha iyi hale getirilmesi amaçları doğrultusunda GPS ve SLR ile ölçme ve değerlendirme çalışmaları 1989 tarihinde başlamış olup, bu amaç doğrultusunda öncelikle Ankara Sabit GPS İstasyonu (ANKR) kurularak, 23 Ocak 1991 yılında faaliyete geçmiştir. Sonraki yıllarda Harita Genel Komutanlığı, TÜBİTAK ve Üniversiteler tarafından farklı müşterek projeler dahilinde ya da diğerlerinden serbest olarak sabit GPS

istasyonları kurulmuş ve bölgesel, yerel ve uluslararası ağ şeklinde (TUSAGA, TUSAGA- Aktif CORS TR, MAGNET) çalıştırılmaktadır (Aktuğ vd., 2011).

Günümüzde, özellikle uzay teknolojisi, sayısal verilerdeki ve bilgisayar donanımı açısından gerçekleşen gelişmeler daha hızlı, daha güvenilir ve daha ekonomik bilgiye ihtiyacı artırmış ve bu yönde çalışmalara teşvik etmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda coğrafi bilgi ve belge üretim metodları ve bunlardan istenen muhtemel doğruluklarda farklılaşmıştır. Bunun için ülke yüzeyini kaplayan, üç boyutlu koordinatlara sahip ve yüksek doğrulukta olan uydu tekniklerine dayalı temel jeodezik ağa ihtiyaç duyulmuştur. İhtiyaç duyulan bu temel jeodezik ağı gerçekleştirebilmek amacıyla Harita Genel Komutanlığı (HGK) ile Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) iş birliği ile “Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) Projesi” yürütülmesi hususunda 1996 yılında bir anlaşma imzalanmış olup, anlaşma gereğince HGK, TUTGA Projesi çalışmalarını 1997 yılında etkin hale getirmiştir. Buna göre yeni kurulacak olan bu proje yani TUTGA’nın; GPS teknolojisine dayalı, üç boyutlu jeosentrik koordinat sisteminde, ülke yüzeyini jeoidin değişimine göre 15-70 km aralıkla kaplayan, belirli bir zamanda (epok), Uluslararası Yersel Referans Sisteminde (ITRF, International Terrestrial ReferenceFrame) her noktasında birkaç cm doğruluğunda olan üç boyutlu koordinatları ((X,Y, Z) veya (enlem, boylam, elipsoid yüksekliği)), hız ((V_x , V_y , V_z) veya (V_ϕ , V_λ , V_h)), ortometrik yükseklik (H) ve jeoid yüksekliği (N) ulaşımı kolay ve birbirini görme zorunluluğu olmayan, jeodezik konum belirleme, navigasyon ve jeodinamik amaçlı kullanımlara uygun olan 8 elemanı bilinen 594 noktadan oluşan ağlardır.

5.1 Sabit GPS İstasyonlarında Zaman Serilerini Etkileyen Faktörler

GPS/GNSS yazılımının hazırlandığı ilk zamanlardan itibaren belirli düzeltmeler getirilmesi gerektiği yazılımcılar tarafından biliniyordu. GPS/GNSS yazılımını hazırlayanlar veya kullanacak olanların, kod ve faz gözlemlerine birtakım düzeltmeler getirmesi gerekmektedir. Ancak yapılan bu düzeltmelerin metre mertebesinde olması GPS ile konum belirlemede en önemli sorundu. Düzeltmelerdeki fark küçüldükçe daha iyi sonuç alınabilmesi amacı ile daha fazla etkinin hesaba katılması ve daha hassas konum belirleme yapılabilmesi istenmiştir. Kısaca, büyük etki yapan problemler ortadan kaldırıldıkça, analiz ve modelleme algoritmalarının da gelişmesi ile daha

küçük etki yapan hatalar ve problemler değerlendirme ve analizlerde ele alınmaya ve düzeltilmeye çalışılır (Kahveci, 2009). GPS/GNSS gözlemlerindeki aralıklar, değişimler ayrıca tereddütler GPS zaman serilerinin niteliğini azaltmaktadır (Kahveci, 2009).

Küresel ölçekteki ağlar, jeofizik ve jeodinamik ağlar ve hassas mutlak konum belirleme bakımından dikkate alınması gereken birtakım bozucu etkiler bulunmaktadır:

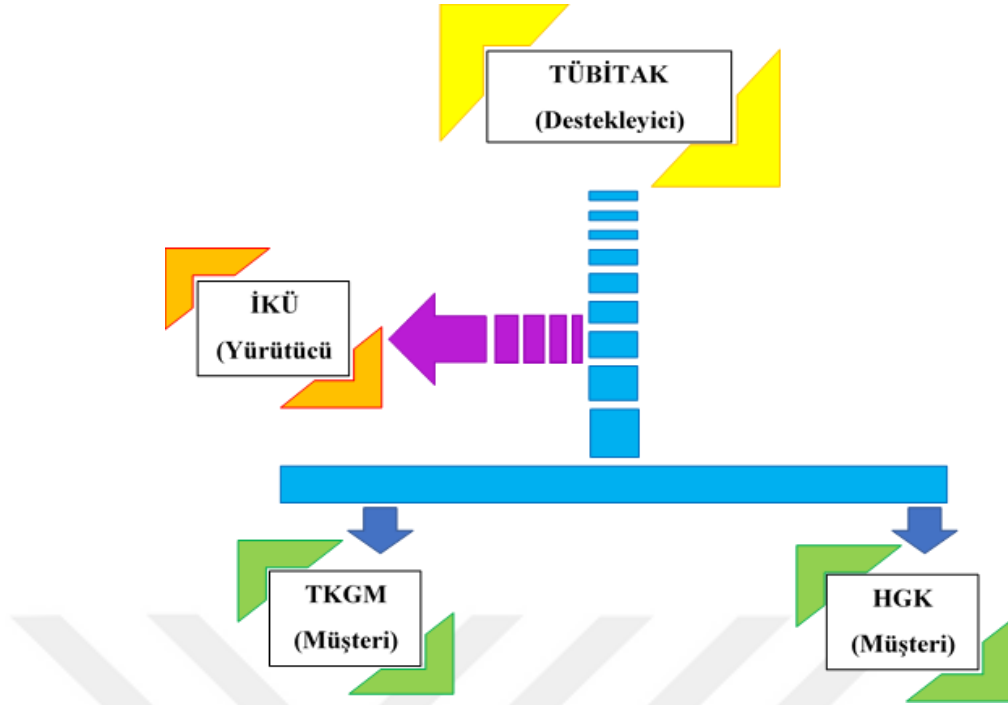
- **Yer dönme parametreleri:** Örnek olarak, Güneş, Ay ve gezegenlerin çekim etkileri ile yeryüzünde bulunan okyanus ve yeraltı su hareketleri sayılabilir.
- **Kutup gezinmesi/kutup gelgiti:** Yeryuvarı merkezkaç kuvveti olası bazı değişimler nedeni ile dönme ekseninin litosfere göre olan hareketi, kutup gezinmesi (gelgiti) olarak adlandırılmaktadır.
- **Okyanus yüklemesi:** Okyanusta gerçekleşen gelgitlerin alttaki yerkabuğuna baskı yapmasına okyanus yüklemesi denilmektedir.
- **Katı yeryuvarı gelgiti:** Litosfer, okyanus gelgitlerine neden olan çekim kuvvetlerine karşı esnek yapıda olmasına rağmen, gelgitler nedeni ile oluşan yatay ve düşey doğrultudaki istasyon yer değiştirmeleri meydana gelmektedir. Yapılan çalışmada kullanılacak olan istasyon konumlarında 1 mm seviyesinde doğrulukların elde edilmesi için dikkate alınması gereken bir etkidir.
- **Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları:** Uydu ağırlık merkezi ile uydu anteninin faz merkezi arasındaki farklılık uydulara bağlı düzeltmeler yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Sebebi ise; uydu navigasyon mesajı ve uydu gözlemleri anten faz merkezine göre yapılırken, uydu yörünge hesabında kullanılan uyduları etkileyen etkilerin ele alınması ile uydu ağırlık merkezine göre yapılmaktadır.
- **Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları:** GNSS sinyalleri her doğrultudan gelmektedir. Alıcı anteni faz merkezi her doğrultudan sinyal gelmesinden kaynaklı olarak, konumunda farklılık gösterir. GNSS sinyal doğrultusuna bağlı olmasına alıcı anteni faz merkezi değişimi denilmektedir.
- **Uydu faz dönmesi:** Alıcı veya uydu anteninin kendi düşey eksen etrafında 1 tur hareketi ile, taşıyıcı dalga fazının 1 dalga boyu kadar kaymasına sebep olmaktadır. Bu etkiye faz dönme etkisi denilmektedir (Wu vd., 1993).

- **İstasyon hızları:** GNSS istasyonları birtakım periyodik hareketlerin etkisinde kalmaktadır. Bu periyodik hareketler ve daha başka hareketlerde (atmosferik yükleme, yeraltı suyu, toprak nemi, kar kütlesi etkisi vb.) istasyon hızlarını etkilemektedir.
- **IGS/IERS standartları ile uyum:** Hassas GNSS değerlendirmelerinde sabit kabul edilen IGS ürün ve çözümleri kullanılırken IGS/IERS standartlarına uyulmalıdır.
- **Referans çerçeve (datum):** GNSS ağ çözümlerinde kullanılacak olan tüm çözümler aynı referans sisteminde olmalıdır. ITRF çözümleri, yüksek etkiler dışında, istasyonların zaman serileri incelendiğinde, istasyonların lineer harekete sahip varsayımı yapılmaktadır. Bu nedenle, istasyon koordinatları ve koordinatların hızları ITRF çözümleri ile elde edilmektedir.

5.2 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif (TUSAGA-AKTİF/CORS-TR)

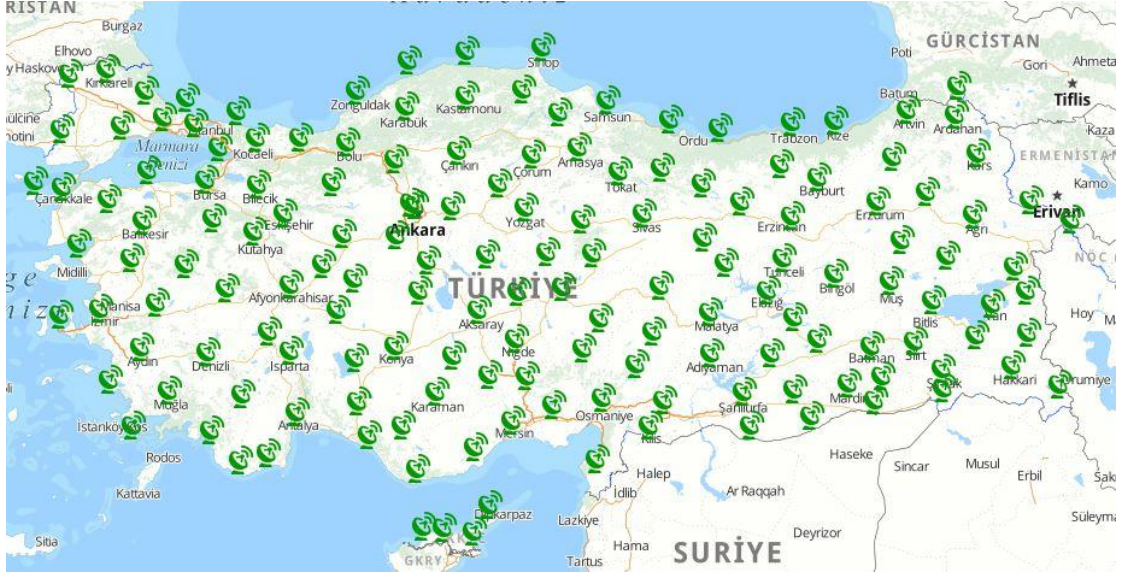
Yerküre üzerindeki çalışma alanlarının artışı ile birlikte GNSS ölçülerinin ve ölçme yöntemlerinin de ilerlemesi ve bölgesel olarak tektonik hareketlilik ve deformasyon ölçülerinin belirlenmesi işlemlerine kadar artmıştır. IERS ve IGS gibi kuruluşlar GNSS ölçülerinden elde edilen gözlem değerlerinin elde edilmesini, değerlendirilmesini, analizinin yapılmasını, arşivlenmesini ve bunları kullanıcılara sunarak, akademik ve sivil kullanıcıya birçok yazılım ve donanım amaçlı uygulamalar için yeterli doğrulukta kullanabilecekleri verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Bunun için dünyanın birçok yerine sabit ve sürekli ölçüm yapan GNSS istasyonlar kurulmuştur (Ferland vd., 2000; Altamimi ve Collilieux, 2009).

Ülkemizde de yürütücülüğünü İstanbul Kültür Üniversitesi'nin yapmış olduğu, müşterek müşteri olarak TKGM ve TÜBİTAK'a sunmuştur. Projeye ilişkin sözleşme, İKÜ, TKGM, TÜBİTAK ve projeye sonradan katılan HGK arasında 2006 senesinde başlatılan ve Mayıs 2009 itibari ile bitirilerek faaliyete geçirilen Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) projesi dahilinde bir ağ tesis edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS ağı öncüler.

Ülke genelinde 24 saat hizmet veren, standart bir birlik oluşturan ülke ve KKTC (Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti) genelinde 158 adet Sabit GNSS İstasyonu ile TKGM ve HGK olmak üzere iki adet kontrol ve analiz merkezlerinden oluşmaktadır. Bu sistem ülke genelinde homojen dağılımlı noktalar yardımı ile gerçek zamanlı kinematik konum belirleme ve toplanmış olan verilerin yayınlanması olanağını sağlamıştır. CORS-TR Projesi araştırma ve geliştirme çalışmaları, ülke mühendislik altyapısı anlamında uygulamaları ile TÜBİTAK, üniversite ve sektörde hizmet veren iki seçkin harita kurumunun iş birliği anlamında da ülkemizdeki ilklerden birisini oluşturmuştur (Eren ve Uzel, 2008). TUSAGA-Aktif sistemi ile ülkemiz ve KKTC genelinde herhangi bir yer ve zamanda, yeterli sayıda GNSS uydusu görülebildiği ve iletişim olanaklarının muhtemel olduğu yerlerde, birkaç saniye (sn) içerisinde, santimetre (cm) doğruluğunda, gerçek zamanlı harita ve konum bilgisi temin edilebilmektedir ([url.tusaga-aktif.gov.tr/web/SSS Teknik.html](http://url.tusaga-aktif.gov.tr/web/SSS_Teknik.html)). Şekil 5.2’ de tesis edilen CORS-TR istasyonları gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Türkiye'de tesis edilmiş CORS-TR istasyonları.

TÜBİTAK destekli Kamu ARGE projesi olan TUSAGA-Aktif Sisteminden gerçek zamanlı coğrafi konum bilgisine (kadastro ölçmeleri, mühendislik ölçmeleri, jeodezik nokta ölçüleri, altyapı da planlama ve projelendirme, uygulama projeleri, hidrografik ölçüler, e-belediye, e-ticaret, e-devlet uygulamaları dahilinde yersel ölçüler, planlamalar ve uygulamalar, vd.) ihtiyaç duyan tüm meslek disiplinleri, kamu, özel kurum ve kuruluşlar faydalanabilmektedir.

Sistemi başta;

- TKGM,
- HGK,
- Belediyeler

olmak üzere,

- Harita firmaları,
- İller Bankası,
- Tarım ve Orman Bakanlığı,
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,
- Milli Savunma Bakanlığı,
- DSİ,
- TEDAŞ,
- Ulaştırma Bakanlığı,

- Kültür ve Turizm Bakanlığı,
- İç İşleri Bakanlığı,
- TCDDY,
- Enerji Bakanlığı,
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü,
- İl  zel İdareler, vd.

CORS-TR ile elde edilecek olan çok duyarlı koordinat verileri sayesinde;

- Sismoloji alışmaları,
- Deformasyon ve tektonik hareketlerin istenmesi,
- Deprem erken uyarı çalışmaları,

gibi birçok bilimsel çalışma ve araştırma için önemli yer tutmaktadır.

5.3 CORS-TR'nin Sağladıkları

CORS-TR sağladığı yüksek duyarlıklı veriler ile birçok hizmet sektöründe altlık oluşturmaktadır (şekil 5.3).

Bazıları şunlardır:

- Deprem erken uyarı sistemleri ve önceden saptanması, ARGE alışmaları,
- Meteorolojik alışmalar (Troposfer ve İyonosferin modellenmesi),
- İşkandil alışmaları,
- Kara, hava, deniz ulaşımları, yönlendirmeleri ve takip sistemleri,
- Kullanıcıs z araç sistemleri,
- Barajlarda sürekli gözlem ve merkezi erken uyarı sistemleri tasarımı,
- Uzaktan algılama çalışmaları için hassas konum belirleme,
- Fotogrametrik  l mler için hassas konum belirleme,
- Mühendislik proje ve uygulamalarında,
- Büyük mühendislik yapılarında deformasyonların izlenmesinde,
- Duyarlı navigasyon ve araç izleme,



Şekil 5.3. CORS-TR konumlandırma uygulamaları.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada; Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarının lineer davranışları zaman serileri bileşenlerinden trend bileşeni analizi ile belirlenmiştir. Kırıkkale ve çevresinde yer alan TUSAGA-Aktif/CORS-TR istasyonlarından; Şekil 6.1’de gösterilen ANRK, BOG1, CANK, CMLD, CORU, HYMN, KIRS, KKAL, SUNL, YOZ1 (10 adet) sabit istasyonlarının N (Kuzey), E (Doğu) ve U (Yükseklik) günlük olarak elde edilen koordinatların zaman serileri kullanılmıştır. Oluşturulan ağı küresel ağ ile bağlamak ve milimetre doğruluğunda koordinatlardan yararlanıp, yörünge ve dünya dönme parametrelerinin doğru bir şekilde değerlendirebilmek için IGS istasyonları kullanılmıştır.

İstasyonların verileri Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)’nden 2015-2018 tarihleri için tusaga-aktif.gov.tr adresinden temin edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucu elde edilmiş olan GNSS verilerinin analizi GAMİT/GLOBK yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Modelleme için birçok meslek grubunun da kullanmış olduğu ve bilhassa mühendislik alanında daha çok seçilen MATLAB yazılımı kullanılmıştır.

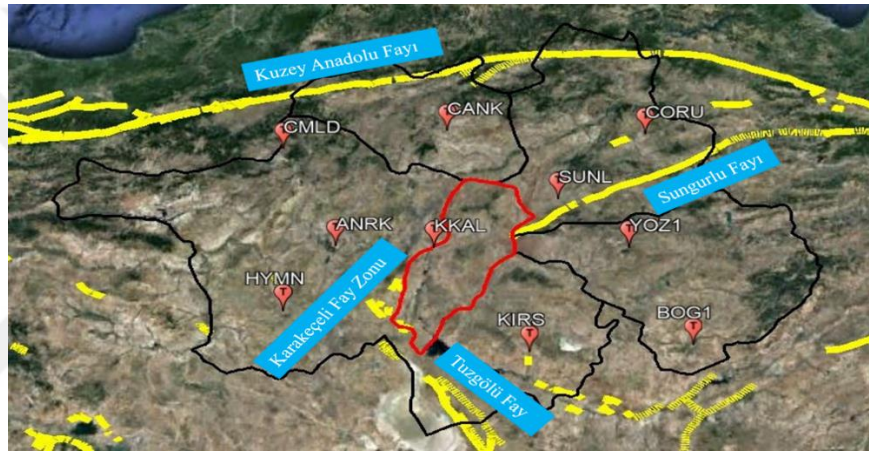


Şekil 6.1. CORS-TR istasyonlarının konumları.

6.1 Çalışma Alanı ve Veri

Çalışma alanı olarak Kırıkkale ve çevresinde yer alan ANRK, BOG1, CANK, CMLD, CORU, HYMN, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 (Şekil 6.1 ve Şekil 6.2) sabit GNSS

istasyonları ele alınmıştır (10 adet). Şekil 6.2’de de görüldüğü gibi bölgede yer alan GNSS istasyonları farklı fay hatları arasında yer almaktadır. Kırıkkale, deprem üretme potansiyeli yüksek kuzeyden 1700 km uzunlukta, 1-110 km genişlikte, sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu, güneydoğudan Seyfe, doğudan Kırıkkale-Sungurlu, güneyden ise Tuz Gölü Fay Zonları ve Keskin Fayı, güneybatıdan da Bala ve Karakeçili Fayları ile çevrilidir. Kırıkkale ili ve çevresi sadece aktif bir fay zone içerisinde olmakla kalmayıp aynı zamanda Anadolu plakası içerisinde de yer almaktadır. Yani yıkıcı bir deprem üretme kapasitesine ve aktif fayların varlığını gösteren hareketliliğe sahiptir. Bu da demek oluyor ki plaka sınırlarındaki faylardan ve aynı zamanda plaka içi faylarından kaynaklanacak olan depremlerinde tehdidi altındadır (Sönmezer vd., 2015).



Şekil 6.2. GNSS istasyonları konumları ve fay hatları.

Bu çalışmada kullanılan GNSS istasyonları ile ilgili genel bilgiler Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. GNSS İstasyonları ile ilgili genel bilgiler.

İstasyon Numarası	İl/İlçe	Kısa Adı	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Yükseklik (m)
1	Ankara/Merkez	ANRK	39.8560	32.8462	1231.2784
2	Yozgat/Boğazlıyan	BOG1	39.1933	35.2471	1118.2266
3	Çankırı/Merkez	CANK	40.6086	33.6104	794.9424
4	Ankara/Çamlıdere	CMLD	40.4910	32.4745	1274.1594
5	Çorum/Merkez	CORU	40.5704	34.9822	922.0965
6	Ankara/Haymana	HYMN	39.4347	32.4957	1261.5391
7	Kırşehir/Merkez	KIRS	39.1434	34.1631	1030.3007
8	Kırıkkale/Merkez	KKAL	39.8433	33.5179	794.5681
9	Çorum/Sungurlu	SUNL	40.1636	34.3767	804.7366
10	Yozgat/Merkez	YOZ1	39.8314	34.8447	1455.6797

İstasyonlardan elde edilen verilerde, oluşabilen antendeki bozukluklar, bilgisayar arızaları gibi nedenlere bağlı olarak bazı verilerde eksiklikler ve boşluklar meydana gelebilmektedir. GNSS istasyonlarının verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri, veri sayısı ve eksik veri yüzdeleri Çizelge 6.2’de verilmiştir. Çizelge 6.2’de günlük olarak elde edilen yaklaşık 3 yıllık veride eksik veri en fazla % 67.31 ile BOG1 ve %18 ile YOZ1 istasyonlarında olduğu görülmektedir. KIRS istasyonunda herhangi bir eksik veri görülmemektedir.

Çizelge 6.2. GNSS İstasyonları verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri, veri sayısı ve eksik veri yüzdeleri.

İstasyon Adı	Başlangıç	Bitiş	Veri Sayısı	Eksik Veri (%)
ANRK	15.01.2015	31.12.2018	1428	1.3
BOG1	15.09.2017	31.12.2018	473	67.31
CANK	15.01.2015	31.12.2018	1434	0.9
CMLD	15.01.2015	31.12.2018	1427	1.4
CORU	15.01.2015	31.12.2018	1446	0.1
HYMN	15.01.2015	31.12.2018	1441	0.4
KIRS	15.01.2015	31.12.2018	1447	Tam
KKAL	15.01.2015	31.12.2018	1438	0.6
SUNL	15.01.2015	31.12.2018	1426	1.5
YOZ1	04.08.2015	31.12.2018	1187	18

6.2 İstasyon Noktalarına Ait Verilerin Elde Edilmesi

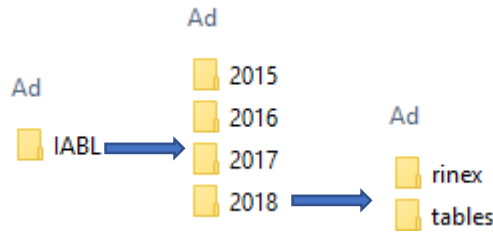
Bu çalışmada, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından geliştirilen açık kodlu yazılım paketi olan GAMIT/GLOBK kullanılmıştır. GAMIT/GLOBK, okyanusların yer kabuğu üzerinde yaratacağı yükün yer kabuğunu eğmesiyle ilgili olan değişimler, yer kabuğuna Güneş’in, Ay’ın, gezegenlerin çekim etkileri, karasal gelgit, uyduların yörüngelerine etki eden radyasyon basıncı gibi birçok detaylı parametreleri dikkate alan ve bu sayede, yüksek doğrulukta proses yapan bir yazılımdır (Maraş, 2010).

GAMIT modülü geniş kapsamlı GNSS verilerinin analizinde kullanılan bir yazılımdır. GLOBK ise GNSS ölçülerinden elde edilen çözümlemeleri kullanarak filtreleme yapan yazılımdır. Yazılımın herhangi bir arayüzü bulunmamakla birlikte seri komut

takımı ile yönetilmektedir. Bu nedenle yazılım Linux ve benzeri Unix işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir.

Farklı marka GNSS alıcılarından elde edilen ham ölçüm verilerini kullanan GAMIT modülünün çalışabilir olması için, ham verilerin alıcıdan bağımsız bir veri formatı olarak RINEX (Receiver Independent Exchange Format) kullanılır. RINEX verilerinin dosya isim yapısında gözlemin gerçekleştiği zamana dair birtakım bilgiler yer almaktadır.

GAMIT/GLOBK yazılımı kurulumu için ilk olarak Linux tabanlı işletim sistemine sahip bir bilgisayara ihtiyaç vardır. Daha sonra TUSAGA-Aktif adresinden elde edilen RINEX formatındaki veriler GAMIT yazılım modülü ile işlenerek her bir ölçme gününe ait ayrı çözümler yapılır. Ve bu veri çözümleme süresince kullanılan tüm parametreler (atmosferik gecikme parametreleri, uydu yörünge parametreleri, dünya dönme parametresi, gibi) kestirilir. GAMIT yazılım modülünün çalışması için 4 karakterden meydana gelen klasör oluşturulur. Oluşturulan klasör içerisine ölçüm yıllarını belirten klasörler, her yıl klasörünün içerisine ise bir tane rinex ve bir tane tables klasörleri oluşturulmalıdır (Şekil 6.3).



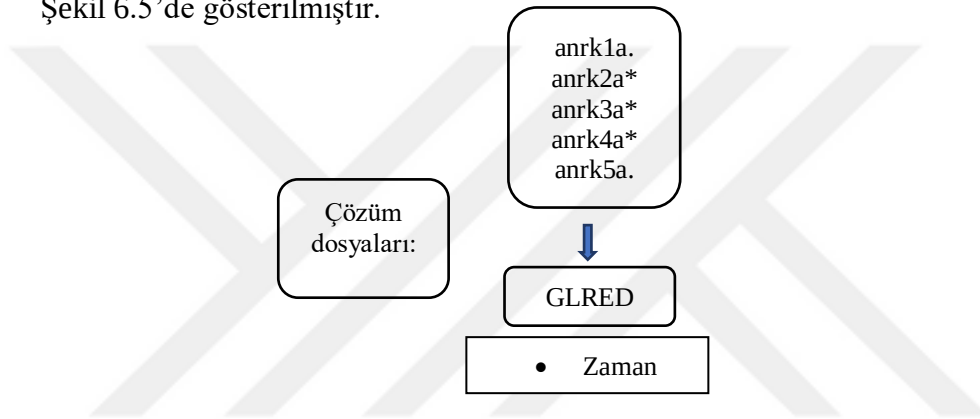
Şekil 6.3. GAMIT klasör yapısı.

Günlük yerel GPS verileri, IGS istasyonlarına ait GNSS verileri, yer dönme parametreleri ve hassas yörünge bilgileri kullanılıp, serbest ağ dengelemesi çözümü olan gevşek-kısıtlı çözümler elde edilir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Günlük çözümlerin elde edilmesi.

Günlük çözümlerin elde edilmesi sonrasında uyuşumsuz ölçülerin tespiti amacı ile tekrarlılık analizi yapılır. Tekrarlılık analizinde amaç, günlük çözümlerdeki değişimler arasındaki farkların incelenmesidir. Bu incelemeden sonra kaba hatalı olan ölçülerin ağırlığı düşürülür veya tamamen çıkarılır. Bu işlem için GLRED modülü kullanılır. Şekil 6.5’de gösterilmiştir.



Şekil 6.5 Tekrarlılık analizi.

Tekrarlılık analizi zaman serilerinin oluşturulabilmesi amacı ile de kullanılır. Böylece belirlenen bir noktanın koordinatları üzerindeki aylık, yıllık vb. sinyaller araştırılabilir.

Bu çalışmada Kırıkkale ve çevresinde 2015-2018 seneleri arasında 10 farklı sabit istasyon noktası tercih edilmiştir (Çizelge 6.1). İlk olarak sabit istasyonlara ait 24 saatlik 30 sn RINEX verileri <http://tusaga-aktif.gov.tr/Sayfalar/Rinex/30snRinex.aspx> internet adresinden temin edilmiştir.

İkinci aşamada ise GAMIT modülünden temin edilen işlenmiş datalar ile GLOBK modülünde kalman filtrelemesi işlevi gerçekleştirilerek çözümler gerçekleştirilmiştir. Kalman filtrelemesi, parametrelerin ardışık olarak kestirimini sağlayan bir yöntemdir (Yavaşoğlu, 2003). Kalman filtrelemesi sonucu elde edilen çözüm kullanılarak kaba hatalar ve faz kesiklikleri belirlenip giderilir. GLOBK adımı sabit istasyonlara ait işlenmiş veriler ile IGS istasyonlarından alınan işlenmiş veriler birleştirilir. Veriler Avrasya sabit alınarak elde edilmiştir. Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları

(14 adet) ile ilgili genel bilgiler Çizelge 6.3 verilmiş ve Şekil 6.6’da ise konumları gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. 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/Romanya	RAMO	MitzpeRamon/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 6.6. Değerlendirmede Kullanılan IGS İstasyonları Konumları.

Üçüncü ve son adımda ise tüm parametreleri belirlenmiş olan veriler kendi içerisinde bağlayarak zaman serileri ile hız vektörleri elde edilir.

6.3 GNSS İstasyonları Zaman Serileri Analizi

GNSS istasyonları zaman serileri yardımıyla konum verilerindeki değişiklikler, zamana bağlı fonksiyonlarla araştırılabilmektedir. Genellikle, bu verilerle yer kabuğunda ortaya çıkan lineer kayma hareketleri araştırılmakta ve böylece yer yüzeyi kayma hızları belirlenmektedir (Langbein ve Johnson, 1997; Williams vd., 2004). GNSS gözlemlerinin bir modele uygun olduğu düşünülmektedir. Bu model içerisinde;

doğrusal yani lineer hareket, yarıyıllık ve yıllık periyodik salınımlar ve depremler sonrası ortaya çıkan salınımlar gibi bileşenler yer almaktadır.

Bu çalışmada, ele alınan istasyonlara ait kuzey, doğu ve yükseklik zaman serileri şekilleri, ANRK istasyonu için Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da diğer istasyonlar da Ek A'da verilmiştir.

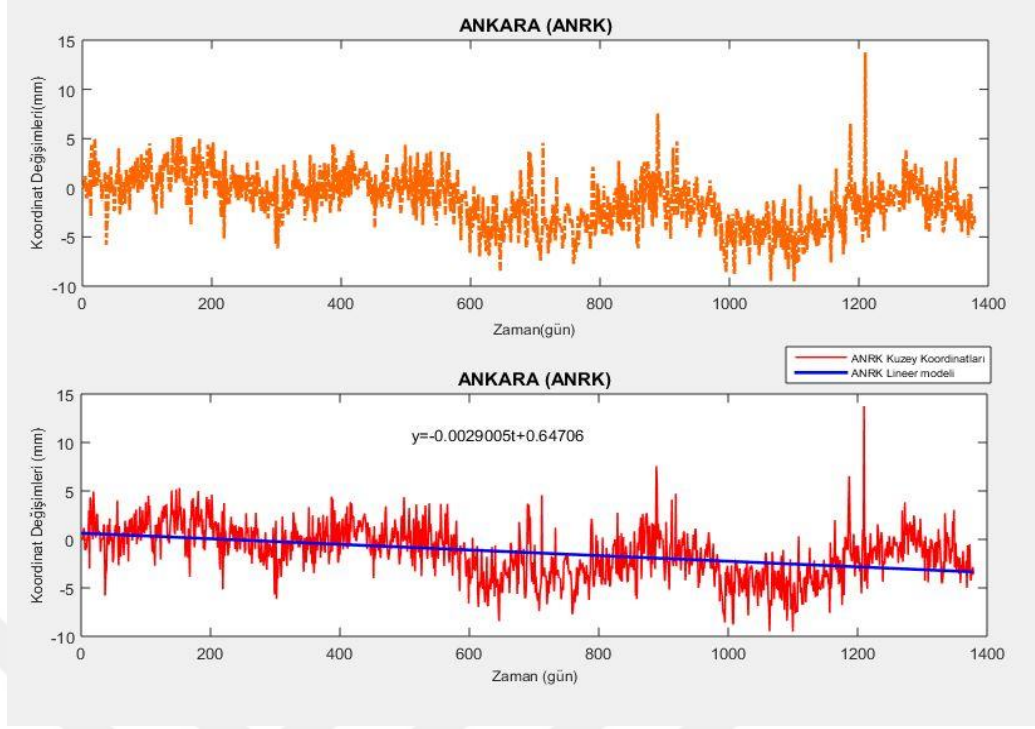
Şekil 6.7, Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve Ek A'da verilmiş olan görseller incelendiğinde, ANRK istasyonunun yatay konumdaki lineer hareketinin; güneybatı yönünde olduğu ayrıca yükseklik koordinatındaki lineer hareketin ise pozitif yönde olduğu, BOG1 istasyonunun ise kuzeybatı yönünde lineer hareketinin olduğu ve yükseklik koordinatının ise negatif yönde lineer hareketi olduğu görülmüştür. CANK istasyonunun yatay konum lineer hareketi güneybatı yönünde, yükseklik koordinatındaki lineer hareketin pozitif yönde olduğu, CMLD istasyonunun yatay konum hareketinin güneybatı, yükseklik koordinat lineer hareketinin ise pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. CORU istasyonunun kuzeybatı yönünde ve yükseklik koordinatı lineer hareketinin ise pozitif yönde olduğu görülmüştür. HYMN istasyonunun güneybatı yönünde, yükseklik koordinatı lineer hareketinin negatif yönde olduğu tespit edilmiştir. KIRS istasyonunun kuzeybatı yönünde, yükseklik koordinatı lineer hareketinin pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. KKAL istasyonunun kuzeybatı yönünde, yükseklik koordinatı lineer hareketinin pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. SUNL istasyonunun kuzeybatı yönünde, yükseklik koordinatı lineer hareketinin pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. YOZ1 istasyonunun kuzeybatı yönünde, yükseklik koordinatı lineer hareketinin pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. Bütün GNSS istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği, bu da demek oluyor ki istasyonlarda lineer bir hareketin yani zaman bağlı bir değişimin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4'te ve şekiller Ek A'da mevcuttur. Çizelge 6.4'ten anlaşıldığı üzere çalışmada kullanılmış olan bütün istasyonların batı yönünde hareket ettiği sonucuna varılmıştır.

6.4 Trend Bileşen Analizi (Hız Kestirimi)

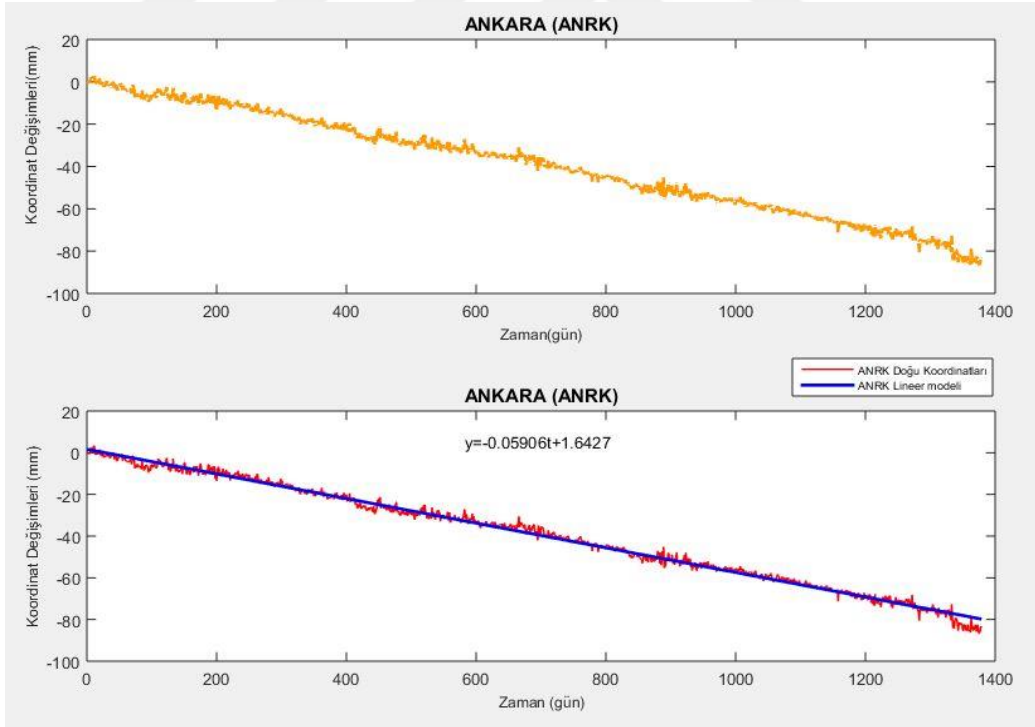
GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerinin zaman serilerindeki lineer değişimleri zaman serisi trend bileşen analiz ile belirlenmiştir. Eşitlik (4.3)'e

göre $Y(t_i)=a_1+a_2t$ lineer fonksiyonun, a_1 ve a_2 parametreleri ve bu parametrelerin standart sapmaları En Küçük Kareler Yöntemine (EKKY) göre eşitlik (4.1, 4.2, 4.3, 4.3a, 4.3b, 4.3c, 4.3d, 4.4, 4.5, 4.6, 4.6a, 4.6b, 4.6c, 4.7, 4.7a, ve 4.7b) ile hesaplanmıştır. Her bir parametrenin anlamlı olup olmadığı $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ve t-dağılımı testi ile belirlenmiştir. Anlamlılık testinde t'ye (t: zaman; gün olarak alındığı) bağlı olan a_2 parametresinin anlamlı olup olmaması önemlidir. Çünkü, nokta hızının ve hızın yönünün belirlenmesinde kullanılacak olan parametrenin a_2 olmasıdır. Herhangi bir noktadaki yıllık hızın belirlenmesi “Hız= a_2*365 ” şeklindedir.

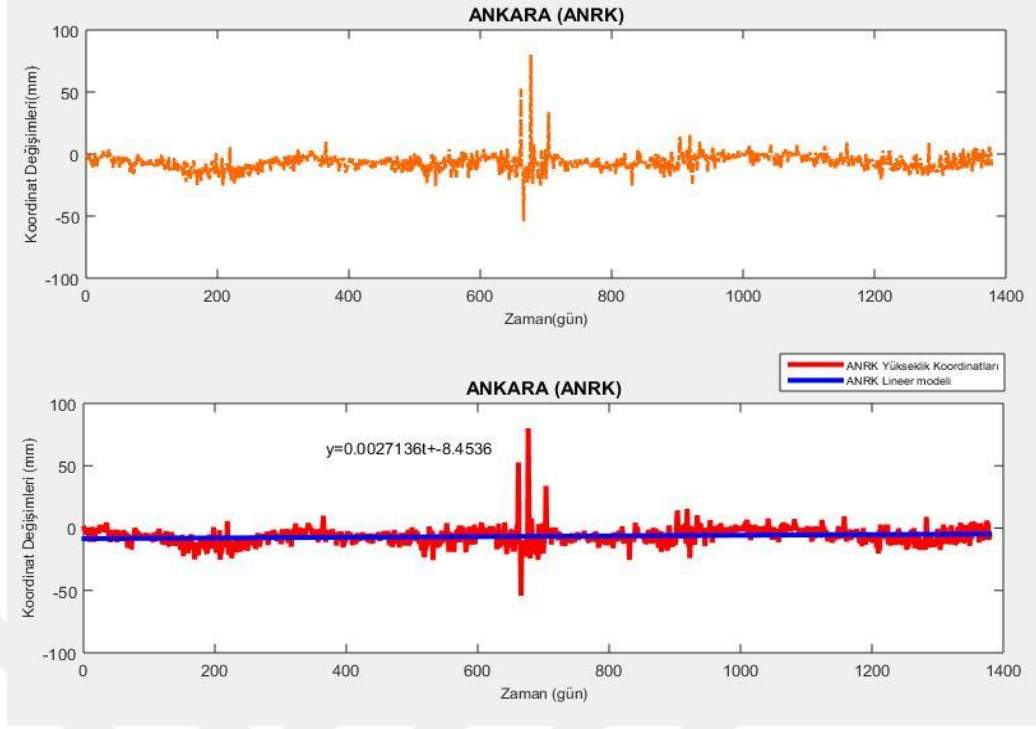
Bütün GNSS istasyonlar için %95 güven düzeyinde f serbestlik derecesine göre t dağılım tablo değerleri; ANRK, CANK, CMLD, CORU, HYMN, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonları için ($f > 1000$, $t_{1000,1-0.05/2} = 1.96$) 1.96, BOG1 istasyonu için ise ($f > 400$, $t_{400,1-0.05/2} = 1.97$) 1.97'dir. Tüm istasyonlar için, t-dağılım tablosundan alınmış olan bu değerler (4.7) eşitliği ile hesaplanan test büyüklüğü (test büyüklüğü = parametre/parametrenin standart sapması) değerleri ile karşılaştırılarak (eşitlik 4.7a ve 4.7b) test büyüklüğü değerlerinin %95 güven düzeyinde tablo değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Bu şekilde bütün istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği (istasyonlarda lineer bir hareketin gerçekleştiği) sonucuna ulaşılmış ve sonuçlar Çizelge 6.4'te ve şekiller EK A'da verilmiştir. Ayrıca, ANRK istasyonuna ait kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serileri ve lineer trend modelleri sırası ile Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.7. ANRK kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



Şekil 6.8. ANRK doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



Şekil 6.9. ANRK yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.

Çizelge 6.4, istasyonlara ait lineer trend bileşenlerinin istatistiksel olarak anlamlı lineer fonksiyonları yani lineer modeller ve bu modellerden hesaplanmış olan yıllık lineer değişimler diğer bir deyişle a_2 parametresi “t” gün olmak üzere istasyonların zaman serilerinin lineer değişimini (hızlarını) göstermektedir. Parametrenin (+) olması hareketin artış yönünü, (-) olması ise hareketin azalış yönünü ifade etmektedir. Aynı zamanda, yatayda (+) yönde olan değişim istasyonların kuzey ve doğu yönlerindeki hareketlerini, (-) yönde olan değişim ise güney ve batı yönlerindeki hareketlerini göstermektedir. Düşey (+) veya (-) olması sırası ile yüksekliğin arttığını ya da yüksekliğin azaldığını belirtir. Çizelge 6.4’te görüldüğü gibi BOG1, CORU, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonları kuzey yönünde lineer hareketler gösterirken, ANRK (-1.06 mm/yıl), CANK (-0.44 mm/yıl), CMLD (-2.88 mm/yıl) ve HYMN (-3.76 mm/yıl) güney yönünde lineer hareketleri ile farklılık göstermişlerdir. ANRK, BOG1, CANK, CMLD, CORU, HYMN, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonlarının batı yönünde lineer hareketi bulunduğu tespit edilmiştir. İstasyonların hiçbirinde doğu yönünde lineer hareket görülmemiştir.

İstasyonların yatay konumlarındaki lineer hareketleri; en büyük lineer hareket 5.40 mm/yıl ile kuzey yönündeki BOG1 istasyonunda, en küçük lineer hareket 1.06 mm/yıl ile kuzey yönündeki KIRS istasyonunda görülmüş olup, en büyük lineer hareketi batı

yönünde 21.75 mm/yıl ile SUNL istasyonunda, en küçük lineer hareket ise 15.84 mm/yıl ile BOG1 istasyonunda tespit edilmiştir. Lineer hareketlerden elde edilen ortalama bileşke hareket, BOG1, CORU, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonları için 19.04 mm/yıl ve kuzeybatı yönündedir. ANRK, CANK, CMLD ve HYMN istasyonlarının güney ve batı yönlü lineer hareketlerinden elde edilen ortalama bileşke hareket ise 20.52 mm/yıl ve güneybatıdır.

Doğuda Arabistan-Avrasya levhalarının çarpışması, batıda Afrika levhasının Ege Denizi altına dalması sonucu, Anadolu Plakası sıkışmaya ve hareket etmeye maruz kalmaktadır. Bu sıkışmalara maruz kalan Anadolu Plakası üzerinde yer alan Türkiye doğrudan etkilenmektedir. Bu durum ülkemizde bolca bulunan fayları etkilemekte ve depremlere kaynaklık etmektedir.

İstasyonlardaki yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketlere bakıldığında ise ANRK, CANK, CMLD, CORU, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonlarında (+) yönde lineer hareketler gözlenmiş, yükseklik değerlerinde artış meydana geldiği görülmüştür. SUNL istasyonu yükseklik verisinde, 2.74 mm/yıl değeri en büyük lineer hareket ve KKAL istasyonunda en küçük lineer hareket ise 0.69 mm/yıl değeri ile hesaplanmıştır. BOG1 ve HYMN istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketlerin (-) yönde olduğu yani yükseklik değerlerinde azalış olduğu görülmüştür. En büyük lineer hareketin -21.79 mm/yıl değeri ile BOG1 istasyonunda ve en küçük lineer hareketin ise -3.72 mm/yıl değeri ile HYMN istasyonunda olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.4. GNSS istasyonlarının lineer fonksiyonları (trend modelleri) ve yıllık hızları.

İstasyon Adı	Kuzey Lineer Model $Y(t) = a_1 + a_2t$	Hız= a_2 * 365 (mm/yıl) yön	Doğu Lineer Model $Y(t) = a_1 + a_2t$	Hız= a_2 * 365 (mm/yıl) yön	Bileşke hız (mm/yıl)	Yükseklik Lineer Model $Y(t) = a_1 + a_2t$	Hız= a_2 * 365 (mm/yıl)
ANRK	$Y(t) = -0.6471 - 0.0029t$	1.06 Güney	$Y(t) = 1.6427 - 0.0591t$	-21.57 Batı	21.60/ Güneybatı	$Y(t) = 8.4536 + 0.0027t$	0.99
HYMN	$Y(t) = -1.723 - 0.0103t$	-3.76 Güney	$Y(t) = -3.7037 - 0.0544t$	-19.86 Batı	20.21/ Güneybatı	$Y(t) = -1.5478 - 0.0102t$	-3.72
CANK	$Y(t) = -1.1972 - 0.0012t$	-0.44 Güney	$Y(t) = 2.0284 - 0.0534t$	-19.49 Batı	19.49/ Güneybatı	$Y(t) = -7.2368 + 0.0070t$	2.56
CMLD	$Y(t) = -1.1738 - 0.0079t$	-2.88 Güney	$Y(t) = 1.9178 - 0.0564t$	-20.59 Batı	20.79/ Güneybatı	$Y(t) = -0.0031 + 0.0058t$	2.12
BOG1	$Y(t) = 3.5894 + 0.0148t$	5.40 Kuzey	$Y(t) = 6.1785 - 0.0434t$	-15.84 Batı	16.74/ Kuzeybatı	$Y(t) = 21.0977 - 0.0597t$	-21.79
CORU	$Y(t) = -2.2749 + 0.0080t$	2.92 Kuzey	$Y(t) = 1.0502 - 0.0445t$	-16.24 Batı	16.50/ Kuzeybatı	$Y(t) = -2.7092 + 0.0044t$	1.61
KIRS	$Y(t) = -0.6773 + 0.0029t$	1.06 Kuzey	$Y(t) = 2.8165 - 0.0525t$	-19.16 Batı	20.31/ Kuzeybatı	$Y(t) = -3.0750 + 0.0025t$	0.90
KKAL	$Y(t) = 1.0270 + 0.0081t$	2.96 Kuzey	$Y(t) = 1.6130 - 0.0492t$	-17.96 Batı	18.20/ Kuzeybatı	$Y(t) = -2.4278 + 0.0019t$	0.69
SUNL	$Y(t) = 0.0206 + 0.0038t$	1.39 Kuzey	$Y(t) = 3.4649 - 0.0596t$	-21.75 Batı	21.79/ Kuzeybatı	$Y(t) = -4.4948 + 0.0075t$	2.74
YOZ1	$Y(t) = -3.1354 + 0.0109t$	3.98 Kuzey	$Y(t) = -2.4036 - 0.0557t$	-20.33 Batı	20.72/ Kuzeybatı	$Y(t) = 15.2820 + 0.0058t$	2.12

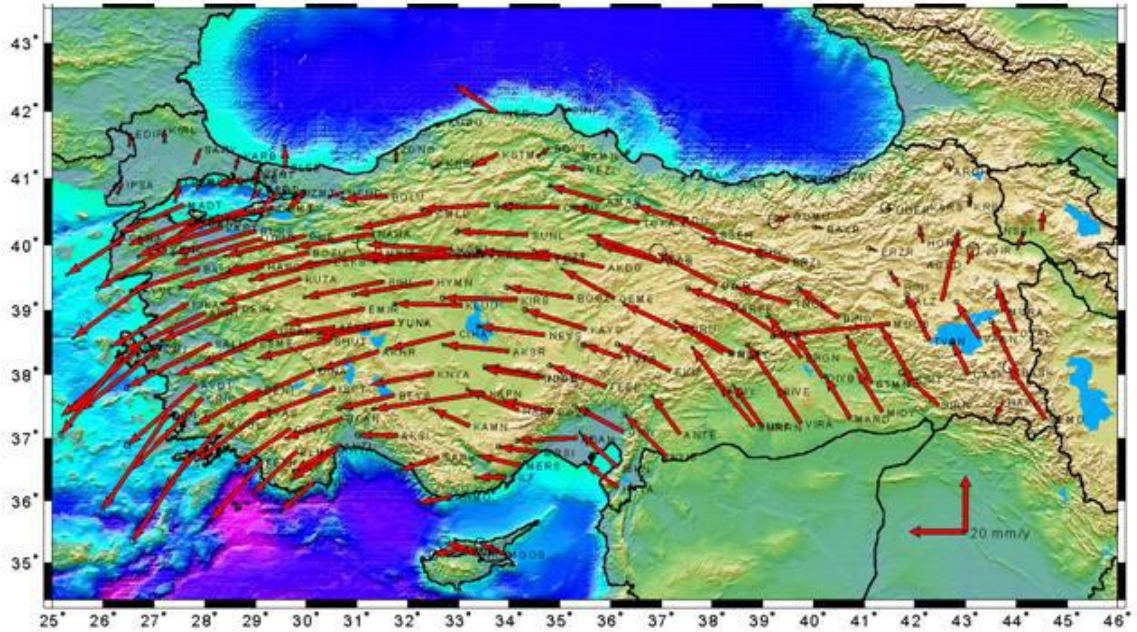
CORS-TR GNSS istasyonlarının zaman serileri analizinde, serideki trend bileşeni analizinden elde edilen lineer hareketler veya değişimler istasyonun bulunduğu bölgenin plaka hareketlerinin açıklanması açısından son derece önemlidir (Oktar, 2015). Bunun sebebi ise lineer trend bileşende yer alan a_2t 'nin t zaman birimi ve yöne bağlı olan hareketlerini yani hızlarını tespit etmek amacıyla kullanılmasıdır.

Ülkemizin de üzerinde yer aldığı Anadolu Levhası güneyde Afrika ve Arap Levhaları, batıda Ege Bloğu ve doğuda Doğu Anadolu Bloğu tarafından çevrilmiştir (Şekil 6.10).



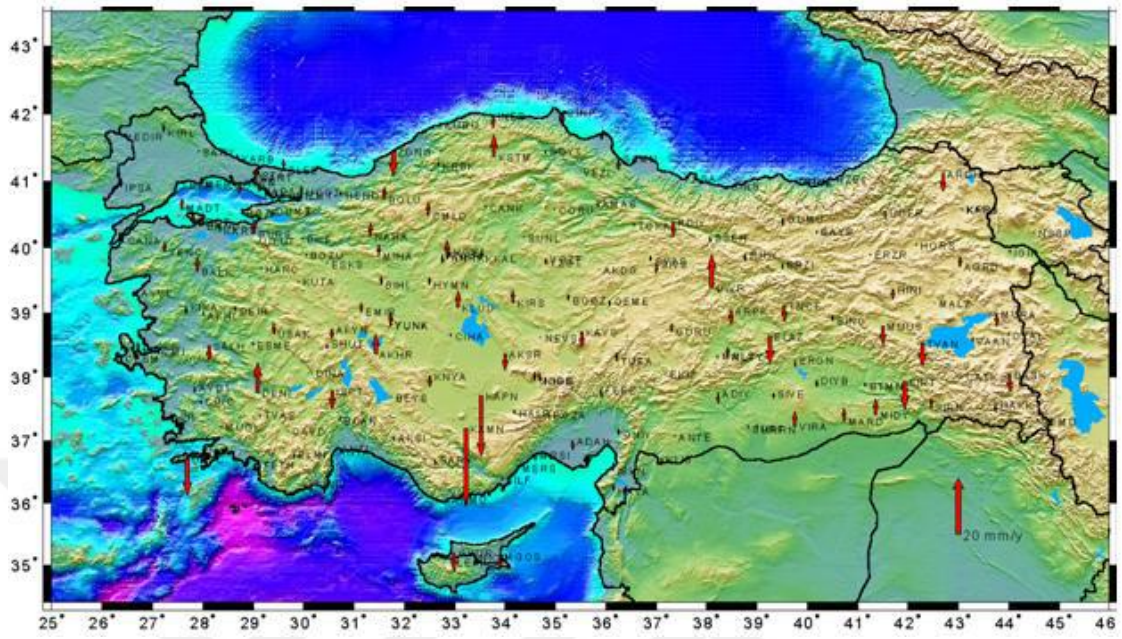
Şekil 6.10. Türkiye'yi etkileyen belli başlı levhalar.

Yatay konum için elde edilen sonuçlar Şekil 6.11’de verilen Cingöz ve ark. (2013) çalışmalarından elde etmiş olduğu 20 mm/yıl (Avrasya Sabit) hız değeri ve Gülal ve ark. (2013) çalışmalarından elde etmiş olduğu 21.72 mm/yıl hız değeri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Şentürk (2019) çalışmasında Anadolu Levhasının 13-27 mm/yıl hızla batıya doğru lineer hareketi olduğuna değinmiştir. Aktuğ (2006) çalışmasında Kuzey Anadolu Fay Zonu, Avrasya Plakasına göre yaklaşık 25 mm/yıl olduğunu tespit etmiştir.



Şekil 6.11. Nokta hızları (Avrasya sabit) (Cingöz vd., 2013).

Düşeyde elde edilen sonuçlar ile Şekil 6.12’de verilen düşey hız değerleri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.12. Nokta hızları (düşey) (Cingöz vd., 2013).

6.5 Korelasyon Katsayısı Hesabı

GNSS İstasyonları kuzey koordinatları zaman serileri arasında, benzer şekilde Doğu ve Yukarı koordinatları zaman serilerinde de korelasyon katsayıları hesaplanmış ve elde edilen korelasyon katsayıları ile istasyon hız değerleri ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 6.5. GNSS istasyonları Kuzey koordinatları korelasyon değerleri ve hareket (hız) yönleri.

NORTH											
İSTASYON ADI/PLAKA YÖNÜ	ANRK/-	BOG1/+	CANK/-	CMLD/-	CORU/+	HYMN/-	KIRS/+	KKAL/+	SUNL/+	YOZ1/+	
ANRK/-		-0.119610346	0.502699053	0.346425862	0.274370647	0.273703836	0.297096036	-0.159518196	0.295589784	-0.129638038	
BOG1/+			-0.24696438	-0.381536387	-0.044662807	-0.445477693	-0.050665193	0.460697433	-0.146421293	0.413402829	
CANK/-				0.356591002	0.403268247	0.510628756	0.534291474	-0.1843598	0.385098988	-0.311324226	
CMLD/-					0.539282808	0.60372143	0.46982306	-0.378115354	0.206422244	-0.319478867	
CORU/+						0.335913751	0.8163503	0.025949062	0.332979892	-0.058694914	
HYMN/-							0.343422219	-0.39299368	0.25720624	-0.495956888	
KIRS/+								0.00774987	0.422463559	-0.097405324	
KKAL/+									-0.074775817	0.495921811	
SUNL/+										-0.139729148	
YOZ1/+											

Çizelge 6.5' e göre, istasyonların kuzey koordinatları arasındaki korelasyonları; ANRK istasyonunun BOG1, KKAL ve YOZ1 istasyonları arasındaki kuzey koordinatları korelasyonunun zayıf düzeyde negatif ilişkisi olduğu, CORU ve HYMN istasyonları ile arasındaki korelasyonun zayıf pozitif ve CANK, CMLD, KIRS ve SUNL istasyonları ile arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir.

BOG1 istasyonunun CANK, CORU, KIRS ve SUNL istasyonları ile arasında zayıf düzeyde negatif yönde, CMLD ve HYMN istasyonları ile arasında orta düzeyde negatif ve BOG1 istasyonunun KKAL ve YOZ1 istasyonları ile arasında orta düzey pozitif korelasyon olduğu görülmüştür.

CANK istasyonunun KKAL istasyonu ile korelasyon ilişkisi zayıf negatif yönde olup, YOZ1 istasyonu ile arasındaki korelasyonda ise orta düzeyde negatif korelasyon ilişkisi olduğu görülmüştür. CMLD, CORU, HYMN, KIRS ve SUNL istasyonları arasında orta düzeyde pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

CMLD istasyonunun CORU, HYMN ve KIRS istasyonları ile arasında orta düzeyde pozitif, SUNL istasyonu ile arasındaki ilişkinin ise zayıf düzeyde pozitif korelasyon ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. KKAL ve YOZ1 istasyonları için ise orta düzeyde negatif korelasyon olduğu görülmüştür.

CORU istasyonunun HYMN ve SUNL istasyonları ile arasında orta düzeyde pozitif yönlü, KKAL istasyonu ile arasındaki korelasyonun ise zayıf düzeyde pozitif ve KIRS istasyonu ile arasında yüksek düzeyde pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. YOZ1 istasyonu ile arasında zayıf düzeyde negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

HYMN istasyonunun KIRS istasyonu ile arasındaki korelasyonun orta düzeyde pozitif korelasyon olduğu görülmekte olup, SUNL istasyonu ile arasındaki korelasyonun zayıf pozitif korelasyon olduğu ve KKAL ve YOZ1 istasyonları ile arasında ise orta düzeyde negatif korelasyon olduğu görülmüştür.

KIRS istasyonunun KKAL istasyonu ile arasında zayıf pozitif, SUNL istasyonu ile arasında orta düzeyde pozitif ve YOZ1 istasyonu ile arasında ise zayıf düzeyde negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

KKAL istasyonunun SUNL istasyonu ile arasında zayıf negatif korelasyon olduğu ayrıca YOZ1 istasyonu ile arasında orta düzeyde pozitif korelasyon olduğu görülmüştür.

SUNL istasyonunun YOZ1 istasyonu ile arasında zayıf düzeyde negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.5 incelendiğinde, CORU-KIRS istasyonu hariç (korelasyon=0.82) diğer istasyonların birbirleri ile olan korelasyonlarının zayıf olduğu, özellikle CORU, KIRS ve SUNL istasyonlarının diğer istasyonlarla olan korelasyonlarının, Çizelge 6.4 incelendiğinde, hız yönlerinin farklı (kuzey-güney) hatta aynı yönlü olması durumlarında beklenen korelasyon yönünün tersi yönde korelasyonlar elde edilmiştir. Bu durumun nokta hız değerlerinin oldukça küçük olması ve koordinat değerlerinin yaklaşık sıfır civarında değişim göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 6.6. GNSS istasyonları Doğu koordinatları korelasyon değerleri ve hareket (hız) yönleri.

EAST											
İSTASYON ADI/PLAKA YÖNÜ	ANRK/-	BOG1/-	CANK/-	CMLD/-	CORU/-	HYMN/-	KIRS/-	KKAL/-	SUNL/-	YOZ1/-	
ANRK/-		0.89067585	0.9646365	0.96755297	0.94271678	0.91223592	0.94907262	0.91750956	0.95229456	0.88955178	
BOG1/-			0.88957681	0.88155246	0.88199002	0.83901239	0.87813663	0.89166134	0.88436281	0.77787058	
CANK/-				0.95513226	0.94312991	0.87453278	0.95187806	0.90971514	0.94878353	0.82811219	
CMLD/-					0.9644652	0.91407631	0.96924282	0.90631314	0.94816578	0.88361641	
CORU/-						0.87745865	0.96551758	0.91866415	0.92853527	0.82578157	
HYMN/-							0.88095157	0.83339967	0.87173544	0.88621501	
KIRS/-								0.90082616	0.94014942	0.82929443	
KKAL/-									0.91114086	0.79444425	
SUNL/-										0.83886734	
YOZ1/-											

Çizelge 6.7. GNSS istasyonları Yukarı koordinatları korelasyon değerleri ve hareket (hız) yönleri.

UP											
İSTASYON ADI/PLAKA YÖNÜ	ANRK/+	BOG1/-	CANK/+	CMLD/+	CORU/+	HYMN/-	KIRS/+	KKAL/+	SUNL/+	YOZ1/+	
ANRK/+		-0.265414743	0.529595965	0.340845344	0.422332963	0.280937349	0.320368556	0.396107274	0.483569939	-0.028600772	
BOG1/-			-0.240529427	-0.216119827	-0.116537712	0.090838514	-0.06163701	-0.144141825	-0.263428332	-0.172795754	
CANK/+				0.279951352	0.365153814	0.224458475	0.379688306	0.247851423	0.409742705	0.065283926	
CMLD/+					0.631850388	0.361915511	0.440772235	0.260526501	0.400156222	0.065263218	
CORU/+						0.455229121	0.544087199	0.301106607	0.45858178	0.031313707	
HYMN/-							0.336930291	0.213788534	0.303203872	-0.01810328	
KIRS/+								0.177496073	0.322095725	-0.024490982	
KKAL/+									0.394775306	0.101512718	
SUNL/+										0.129262249	
YOZ1/+											

İstasyonların doğu koordinatları arasındaki korelasyon değerleri Çizelge 6.6 incelendiğinde, bütün istasyonların birbirleri ile olan korelasyonlarının oldukça yüksek ve pozitif yönde olduğu görülmektedir. Çizelge 6.4 incelendiğinde, istasyon hızlarının negatif yönde (Batı yönünde; bu durumda koordinatlar pozitif yönlüdür), ortalama 19.28 mm/yıl olduğu (kuzey + güney yönlü hız değerlerine göre yaklaşık 7.5 kat büyük) ve bu sonuçların korelasyonlara yansıdığı görülmektedir.

İstasyonların yukarı koordinatları arasındaki korelasyon değerleri Çizelge 6.7' e göre; ANRK istasyonunun BOG1 ve YOZ1 istasyonları ile arasında zayıf düzeyde negatif korelasyon olduğu görülmüş olup; CANK, CMLD, CORU, HYMN, KIRS, KKAL ve SUNL istasyonları ile arasında ise orta düzeyde pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

BOG1 istasyonunun CANK, CMLD, CORU, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonları ile arasında zayıf negatif, HYMN istasyonu ile arasında ise zayıf düzeyde pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. CANK istasyonunun CMLD, HYMN, KKAL ve YOZ1 istasyonları ile arasında zayıf pozitif, CORU, KIRS ve SUNL istasyonları ile arasında orta düzeyde pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

CMLD istasyonunun CORU, HYMN, KIRS ve SUNL istasyonları ile arasında orta düzeyde pozitif korelasyon olduğu görülmekte olup, KKAL ve YOZ1 istasyonları ile arasında ise zayıf pozitif, CORU istasyonunun HYMN, KIRS, KKAL ve SUNL istasyonları ile arasındaki korelasyonun orta pozitif, YOZ1 istasyonu ile arasındaki korelasyonun zayıf pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

HYMN istasyonunun KIRS ve SUNL istasyonları ile arasındaki korelasyonun orta düzeyde pozitif ve KKAL istasyonu ile arasında zayıf düzeyde pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. YOZ1 istasyonu ile arasında ise zayıf negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. KIRS istasyonunun KKAL istasyonu ile arasında zayıf pozitif korelasyon olduğu, SUNL istasyonu ile arasında orta düzeyde pozitif ve YOZ1 istasyonu ile arasında ise zayıf negatif yönlü korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

KKAL istasyonunun SUNL istasyonu ile arasındaki korelasyonunun orta düzeyde pozitif yönlü olduğu görülmüş ve YOZ1 istasyonu ile arasındaki korelasyonun ise zayıf düzeyde pozitif yönlü korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Son olarak, SUNL

istasyonunun YOZ1 istasyonu ile arasında zayıf pozitif korelasyon olduğu görülmektedir.

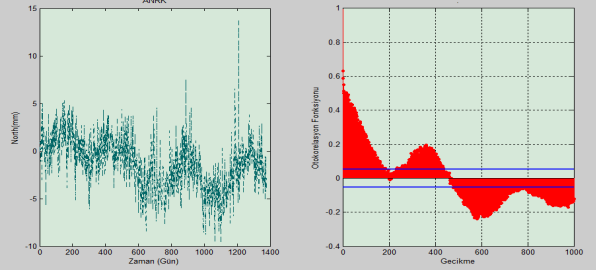
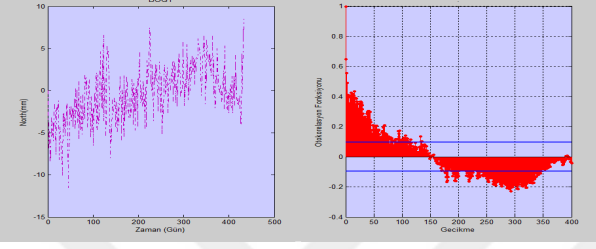
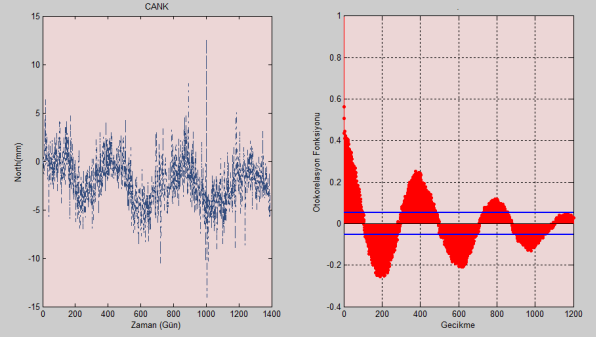
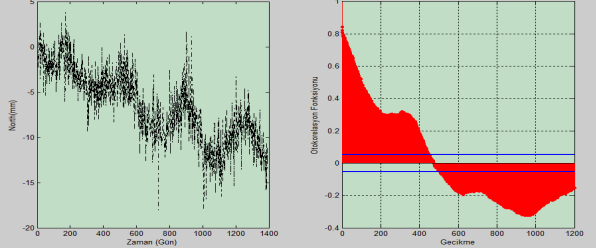
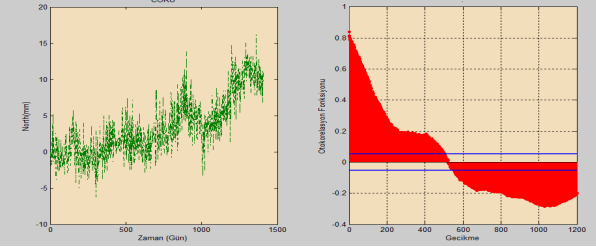
Sonuç olarak, istasyonların yukarı değerleri korelasyon değerlerinin 0-0.63 aralığında yer aldığı, Çizelge 6.4' incelendiğinde HYMN (3.72 mm/yıl) ve BOG1 (21.79 mm/yıl) istasyonlarında aşağı yönlü diğer istasyonlara göre hızlarının fazla olduğu, HYMN istasyonunun ters yönlü diğer istasyonlarla korelasyonlarının beklenen yönün tersi yönde görülmektedir. Bu durum, nokta koordinatlarındaki değişimin (hızlarının) oldukça küçük değerlerde olmasından kaynaklandığı ifade edilebilir.

Sonuç olarak, yapılan analizler sonucu, noktalar arası korelasyon değerlerinin oldukça küçük olması nedeniyle, noktaların davranışları hakkında kesin sonuçlara varmak doğru olmayacaktır. Ancak, Doğu (Batı yönlü) yönlü istasyon hareketleri korelasyon sonuçları, nokta davranışları hakkında oldukça tutarlı bilgi/bilgiler vermektedir.

6.6 Otokorelasyon Analizi

GNSS istasyonlarının bütün koordinat zaman serilerinin otokorelasyon analizleri hesaplanarak, koordinat zaman serilerindeki değişimler açıklanmıştır. Yapılan analizler sonucu, aşağıda verilen şekillerde, $k=0$ dışında, bütün istasyonlarda hesaplanan otokorelasyon katsayıların öngörülen sınır değerine göre anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrı ayrı şekiller incelendiğinde ise, zaman serisindeki lineer değişimin (trend) k gecikme değerlerinin çok büyük değerleri için otokorelasyon katsayılarını sıfıra yaklaştırmaktadır. Başka deyişle, katsayıların sıfıra yaklaşımını geciktirmektedir. Zaman serisindeki yön değişimleri ve periyodik hareketlerde otokorelasyon şekillerine yansımakta, düzensiz davranış sergileyen zaman serilerinin de otokorelasyon katsayıları sıfır civarında değişimler sergilemektedir. Lineer trend değerinin küçük olduğu zaman serilerinde periyodik hareketler otokorelasyon grafiklerinde daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Aşağıdaki çizelgede bütün istasyonlar verilmiş olup, belirgin özellikleri açıklanmıştır.

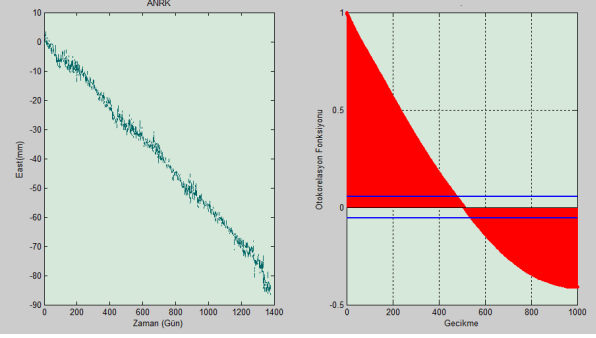
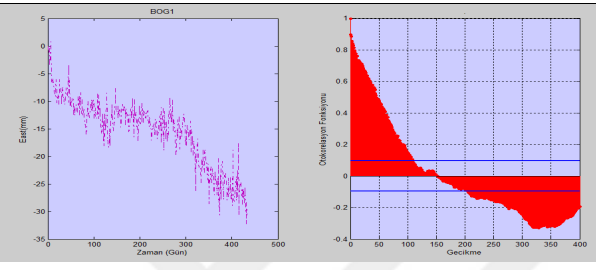
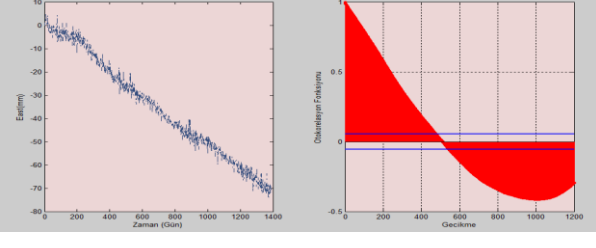
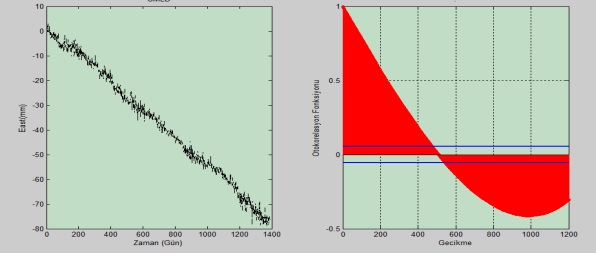
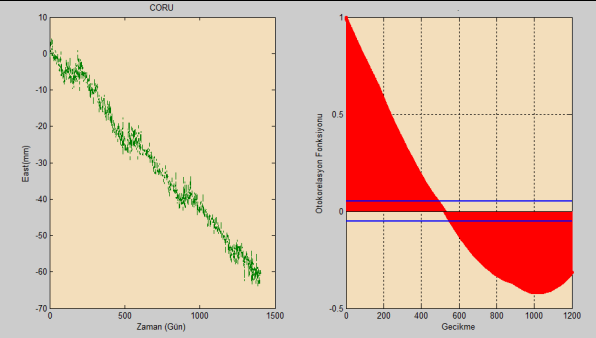
Çizelge 6.8. Kuzey zaman serileri ve otokorelasyon sonuçları.

Kuzey Zaman Serileri	
GNSS istasyonları zaman serileri ve otokorelasyon şekilleri	Elde edilen Sonuçlar
	Gecikme değeri $k=450$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği, bu durumun zaman serisinde de serinin aynı zaman noktasında yön değiştirdiği, periyodik hareketin görüldüğü
	Gecikme değeri $k=150$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği bu durumun zaman serisinde de serinin aynı zaman noktasında yön değiştirdiği, düzensiz değişimlerin fonksiyona yansısızlığı
	$k=100, k=300, k=500, k=700, k=900$ ve $k=1100$ gecikme değerlerinin her biri için, otokorelasyon katsayısının yön değişikliği bulunduğu ve serinin de aynı noktalarda yön değişikliği olduğu, serideki periyodik hareketin otokorelasyon grafiğinde de görüldüğü,
	Gecikme değerinin $k=500$ için olan otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği ve serinin de aynı zaman noktasında yön değişikliği bulunduğu,
	Gecikme değerinin $k=500$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği ve serinin de aynı zaman noktasında yön değiştirdiği,

	$k=500$ gecikme değeri için otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği görülmektedir. Ayrıca bu durum zaman serisinde de serinin aynı noktasında yön değiştirerek hareketine bu şekilde devam ettiği görülmektedir.
	Gecikme değerleri $k=100$, $k=300$, $k=500$, $k=700$ ve $k=900$ her biri için, otokorelasyon katsayısının yön değişikliği bulunduğu ve serinin de aynı noktalarda yön değişiklikleri olduğu ve periyodik hareketin görüldüğü,
	$k=450$ gecikme değeri için otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği ve zaman serisinde de serinin aynı noktasında yön değiştirerek hareketine devam ettiği ve periyodik hareketin görüldüğü,
	Gecikme değeri $k=96$, $k=275$, $k=490$ ve $k=825$ gecikme değeri için otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği ve zaman serisinde de serinin aynı noktasında yön değişikliği olduğu, periyodik hareketin görüldüğü,
	$k=450$ gecikme değeri için otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği ve serininde aynı noktada yön değiştirerek hareketine devam ettiği görülmektedir.

Çizelge 6.8'e göre, kuzey koordinatları zaman serilerindeki yön değişimleri, lineer hareket (hız değerleri) ve periyodik hareketler otokorelasyon fonksiyonuna yansımaktadır. Ayrıca, bu yöndeki zaman serileri hız değerlerinin küçük olması da serideki periyodik hareketin otokorelasyon fonksiyonunda baskın olarak görünmesini sağlamıştır. Düzensiz değişimlerde benzer şekilde fonksiyonda görülmektedir.

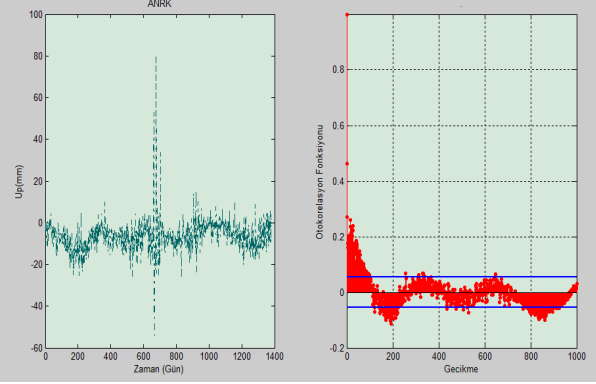
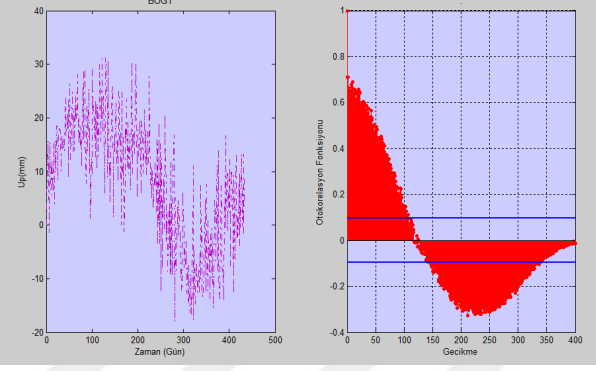
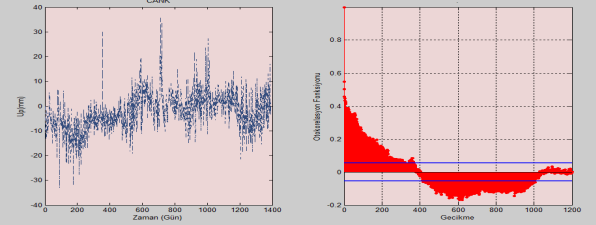
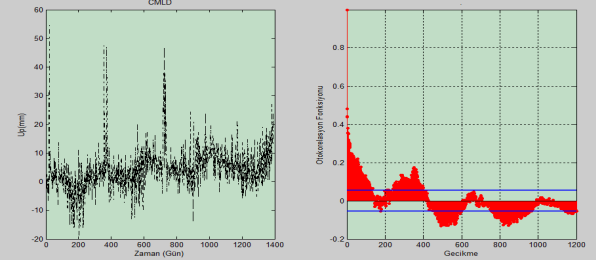
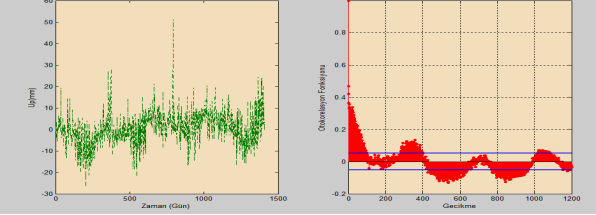
Çizelge 6.9. Doğu zaman serileri ve otokorelasyon sonuçları.

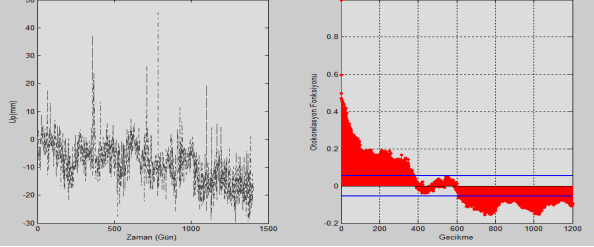
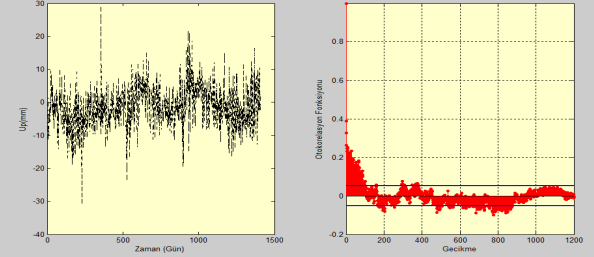
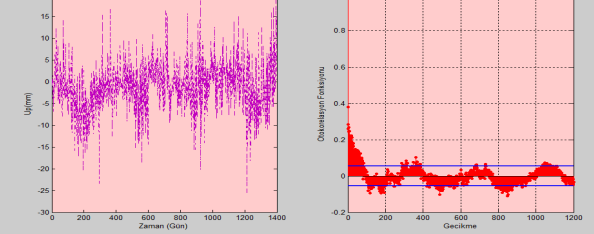
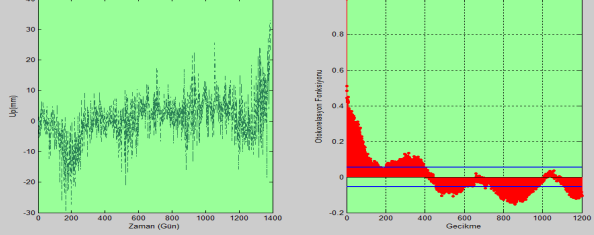
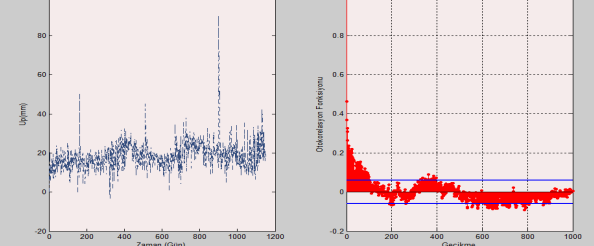
Doğu Zaman Serileri		
GNSS istasyonları zaman serileri ve otokorelasyon şekilleri	Elde edilen Sonuçlar	
	Noktanın ardışık maksimum ve minimum hareketleri arasındaki farkın küçük olması otokorelasyon grafiğine yansımaktadır. Ayrıca, lineer hareketin büyüklüğü, otokorelasyon grafiğinde, katsayıların sıfıra yaklaşmasını geciktirmektedir. $k=500$ için yön değişimi görülmekte,	
	$k=150$ gecikme değeri için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği ve serinin de aynı noktada yön değiştirdiği,	
	Lineer hareketin büyüklüğü, otokorelasyon katsayısının sıfıra yaklaşmasını geciktirmekte olup, noktalar arasındaki farkın küçük olması da otokorelasyon grafiğinde görülmekte,	
	Gecikme değeri $k=500$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği görülmekte olup, aynı zamanda lineer hareketin büyüklüğü otokorelasyon katsayısının sıfıra yaklaşmasını geciktirdiği grafiğe yansımaktadır.	
	Lineer hareketin büyüklüğü otokorelasyon katsayısının sıfıra yaklaşmasını geciktirmekte olup, $k=550$ gecikme değeri için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği görülmektedir. Ayrıca, noktaların maksimum ve minimum hareketleri arasındaki farkın küçüklüğü otokorelasyon grafiğine yansımakta	

	Gecikme değeri $k=500$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği grafikte görülmektedir.
	Noktaların ardışık maksimum ve minimum hareketleri arasındaki farkın küçük olması otokorelasyon grafiğinde görülmekte olup, lineer hareketin büyüklüğünün otokorelasyon katsayısının sıfıra yaklaşmasını geciktirmektedir.
	Gecikme değeri $k=550$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği grafikte görülmekte olup, lineer hareketteki büyüklüğün ise otokorelasyon katsayılarının, otokorelasyon grafiğinde sıfıra yaklaşmalarını geciktirmekte,
	Lineer hareketin büyüklüğü, otokorelasyon grafiğinde, katsayıların sıfıra yaklaşmasını geciktirmekte olup, noktaların maksimum ve minimum hareketleri arasındaki farkın küçük olması otokorelasyon grafiğine yansımakta,
	$k=450$ gecikme değeri için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği görülmektedir. Zaman serisinde de serinin lineer hareketindeki büyüklük, otokorelasyon katsayılarının sıfıra yaklaşmasını geciktirdiği otokorelasyon grafiğinde görülmektedir.

Çizelge 6.9’ da görüldüğü gibi, doğu koordinatları zaman serilerindeki yön değişiklikleri otokorelasyon grafiklerine yansımaktadır. Ayrıca, bu yöndeki zaman serileri hız değerlerinin büyük olması da fonksiyonun sıfıra yaklaşımını geciktirmekte ve periyodik hareketi baskılamaktadır.

Çizelge 6.10. Yukarı zaman serileri ve otokorelasyon sonuçları.

Yukarı Zaman Serileri	
GNSS istasyonları zaman serileri ve otokorelasyon şekilleri	Elde edilen Sonuçlar
	Zaman serisi değişimleri sıfır civarında iken, otokorelasyon değerleri de anlamlı değerler olsa da sıfır civarında yer almaktadır. Ayrıca, zaman serisindeki verilerin düzensiz değişimleri ve periyodik hareketleri de otokorelasyon grafiğinde görülmektedir. Düzensiz değişimler otokorelasyon grafiğinde sıfır civarında yer alır.
	Gecikme değeri $k=120$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği ve zaman serisinde de serinin aynı noktasında yön değiştirerek harekete devam ettiği görülmektedir. Zaman serisinin sonlarına doğru serideki değişimin sıfır civarında olması durumu otokorelasyon grafiğine de yansımaktadır.
	$k=400$ gecikme değeri için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği otokorelasyon grafiğine yansımaktadır.
	Gecikme değeri $k=420$ içi, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği görülmektedir. Zaman serisi periyodik değişimler fonksiyonda görülmekte,
	Zaman serisindeki verilerin düzensiz değişimleri ve periyodik hareketleri de otokorelasyon grafiğine yansımaktadır.

	Gecikme değerinin $k=400-600$ arasındaki değerleri için sıfır civarında yer aldığı grafikte görünmekte olup (düzensiz değişimler), $k=600$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği grafiğe yansımaktadır.
	Zaman serisi verilerinin değişimleri sıfır civarında iken, otokorelasyon grafiğine göre otokorelasyon katsayı değerlerinin anlamlı olduğu fakat yine de sıfır civarında yer aldığı, düzensiz değişimlerin fonksiyonda görüldüğü,
	Zaman serisi verilerindeki düzensiz değişimlerin ve periyodik hareketlerin otokorelasyon grafiğine yansıdığı görülmektedir. Periyodik değişimler görülmektedir.
	Gecikme değeri $k=450$ için, otokorelasyon katsayısının yön değiştirdiği görülmektedir.
	Otokorelasyon değerlerinin anlamlı değerler olması ile birlikte sıfır civarında yer almaktadır. Ayrıca, zaman serisindeki verilerin düzensiz değişimleri ve periyodik hareketleri de otokorelasyon grafiğinde görülmektedir.

Çizelge 6.10' da yukarı (Up) zaman serilerindeki lineer, periyodik ve ani yön değişimlerinin otokorelasyon fonksiyonunda görülmesinin yanı sıra, doğu ve kuzey zaman serilerine göre fazla olan düzensiz değişimlerin anlamlı değişimlere rağmen otokorelasyon değerlerinin sıfır civarında yer aldığı görülmektedir.

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Teknolojinin gelişmiş olduğu zamanımızda GNSS istasyonları ile konum bilgilerinde oluşan hareketler, zamanın fonksiyonu olarak ele alınmaktadır. Bu verilerden çoğunlukla yer kabuğunda ortaya çıkan kayma hareketlerinde inceleme yapıp, takip edilirken ve yer yüzeyi kayma hızları kestirilmesi gibi amaçlar için faydalanılabilmektedir. GNSS gözlem verilerinin bir modele uygun olduğu tahmin edilmektedir. Bu model ise içerisinde doğrusal kayma, yarıyıllık ve yıllık salınımlar ve deprem sonrası salınımlar gibi bileşenler yer almaktadır. Çalışmada zaman serisinin trend bileşenine ait olan parametreler ve bu parametrelerin standart sapmaları belirlenmiştir.

Bu çalışmada; Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı istasyonlarının lineer davranışları trend fonksiyonları ile araştırılmış ve lineer davranışın yönü ve büyüklüğü belirlenmiştir. Bu doğrultuda, GNSS istasyonlarından; ANRK, BOG1, CANK, CMLD, CORU, HYMN, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik günlük koordinatları zaman serilerinden, serinin lineer hareketleri yani hız değerleri için lineer fonksiyonlar öngörülmüştür. Öncelikle istasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin lineer modelleri oluşturulmuştur. Bu modellerden istasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik yönündeki yıllık hızları elde edilmiştir.

Bütün istasyonların koordinat bileşenleri için, t-dağılım tablosundan alınan değerler ile hesaplanmış olan test büyüklüğü değerleri karşılaştırılarak, test büyüklük değerlerinin %95 güven düzeyinde t-dağılım tablo değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bütün istasyonlardaki koordinatların zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği yani istasyonlarda lineer bir hareketin var olduğu sonucuna varılmıştır.

Analiz sonucu, BOG1, CORU, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonlarının kuzey ve batı yönlü lineer hareketlerinden hesaplanan ortalama bileşke hareket 19.04 mm/yıl ve kuzeybatı yönünde olduğu görülmüştür. Yatayda elde edilmiş olan sonuçlar Şekil 6.11’de verilen Cingöz ve arkadaşlarının (2013) yapmış olduğu çalışmalarından elde ettiği (Avrasya Sabit) 20.00 mm/yıl hız değeri ile Gülal vd. (2013) çalışmalarında elde ettikleri sonuç 21.72 mm/yıl hız değerleri ile uyuşum içinde olduğu tespit edilmiştir.

ANRK, CANK, CMLD ve HYMN istasyonlarının güney ve batı yönlü lineer hareketlerinden elde edilen ortalama bileşke hareket ise 20.52 mm/yıl ve güneybatı yönündedir. İstasyonlardaki yükseklik koordinatları lineer hareketlerine bakıldığında ise; ANRK, CANK, CMLD, CORU, KIRS, KKAL, SUNL ve YOZ1 istasyonlarında (+) yönde lineer değişimler gözlenmiştir. Yani yükseklik değerleri artma yönündedir. 2.74 mm/yıl değeri ile SUNL istasyonunda en büyük lineer hareket ve 0.69 mm/yıl değeri ile KKAL istasyonunda en küçük lineer hareket hesaplanmıştır. BOG1 ve HYMN istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketlerin (-) yönde olduğu yani yükseklik değerlerinde azalış olduğu görülmüştür. En büyük lineer hareketin -21.79 mm/yıl değeri ile BOG1 istasyonunda ve en küçük lineer hareketin ise -3.72 mm/yıl değeri ile HYMN istasyonunda olduğu görülmüştür. Yükseklik için elde edilen sonuçların Şekil 6. 12’de verilen düşey hızları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Aynı yönlü zaman serileri arasında korelasyon katsayıları hesaplanmış ve her bir zaman serisi içinde otokorelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda, noktalar arasındaki korelasyon değerlerinin oldukça küçük olmasından kaynaklı olarak noktaların davranışları hakkında kesin bir sonuca varmak doğru olmayacaktır. Çizelge 6.4’incelendiğinde, hız yönlerinin farklı (kuzey-güney) hatta aynı yönlü olması durumlarında beklenen korelasyon yönünün tersi yönde korelasyonlar elde edilmiştir. Bu durumun nokta hız değerlerinin oldukça küçük olması ve koordinat değerlerinin yaklaşık sıfır civarında değişim göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak, Doğu (Batı yönlü) yönlü olan bütün istasyonların birbirleri ile olan korelasyon sonuçlarının yüksek ve pozitif yönde olduğu görülmektedir. Yani nokta davranışları hakkında oldukça tutarlı bilgiler sağlamaktadır. Otokorelasyon analizi sonuçlarına göre $k=0$ gecikme değeri dışında, bütün istasyonlarda hesaplanan katsayıların öngörülen sınır değerine göre anlamlı olduğu görülmüştür. Kuzey koordinatları zaman serilerindeki yön değişimleri, lineer hareketi ve periyodik hareketler otokorelasyon fonksiyonuna yansımaktadır. Doğu koordinatları zaman serilerindeki yön değişiklikleri otokorelasyon grafiklerine yansımış olup, yukarı zaman serilerindeki lineer ve periyodik yön değişimlerinin otokorelasyon fonksiyonunda görülmüştür. Ayrıca, doğu ve kuzey zaman serilerine göre daha fazla olan düzensiz değişimlerin anlamlı değişimlere rağmen otokorelasyon değerlerinin sıfıra yakın yer aldığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abbak, R. A., 2007. Jeodezide zaman dizilerinin dalgacık (Wavelet) analizi, Doktora Semineri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aktuğ, B., 2006. Jeodezik Ölçüler İle Deprem Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aktug, B., ve Kılıçoğlu, A., 2006. Recent Crustal Deformation of İzmir, Western Anatolia and Surrounding Regions as Deduced from Repeated GPS Measurements and Strain Field, *Journal of Geodynamics*, 41, 5, 471-484.
- Aktuğ, B., Kurt M., Parmaksız, E., Lenk, O., Erkan, Y. ve Aysezen, Ş., 2011. Türkiye’de Sabit GNSS İstasyonlarının Tarihi ve Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı Aktif (TUSAGA-AKTİF) TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Bildiri Özetleri Kitabı, 37-40.
- Akyol, N., Zhu, L., Mitchell, B.J., Sözbilir, H., ve Kekovalı, K., 2006. Crustal Structure and Local Seismicity in Western Anatolia, *Geophysical. Journal International*, 166, 3, 1259-1269.
- Aladoğan, K., 2017. Kuzey Anadolu Fayı Bolu-Çorum Segmenti Boyunca Yer Kabuğu Hareketlerinin GNSS Yöntemiyle İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Allen, R. G. D, 1964. *Statics for Economists*, Mc-Millan, UK.
- Altamimi, Z. And Collilieux, X., 2009. IGS Contribution to the ITRF, *Journal of Geodesy*, 83, 375-383.
- Barka, A., 1993. Erzincan Baseni Çevresinin Tektoniği ve 13 Mart 1992 Depremi. 2. Ulusal Deprem Müh. Konferansı, TMMOB İnşaat Müh. Odası, Deprem Müh. Türkiye Milli Komitesi, İTÜ Yapı ve Deprem Uyg-Ar. Mrk., 259-270.
- Baykal, F., 1943. Kırıkkale, Kalecik ve Keskin, Bala Mıntıklarındaki Jeolojik Etütler MTA Derleme Rapor No:40, Ankara.
- Brillinger, D., 2002. John W. Tukey's Work on Time Series and Spectrum Analysis, *The Annals of Statistics*, Volume 30, 1595-1618.
- Büyüksaraç, A., Sayıl, N., Bektaş, Ö. ve Akın, Ö., 2018. Deprem Bilimi, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Chatfield, C., (1996), *The Analysis of Time Series, An Introduction*, Fifth Edition, Chapman & Hall/Crc.

- 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, Ankara.
- Cowpertwait, P. S. P. ve Metcalfe, A.V., 2009. Introductory Time Series with R, USA.
- Delurgio, S. A., (1998), Forecasting Principles and Application, New York, Irwing McGraw Hill Comp.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W.S.F., Saroğlu, F., Şengör, A. M. C., 1986. Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia -A Young Collision Zone, eds: Coward M. P., Ries A.C., CollisionTectonics, Geological Society Special Publication,19, 3-36.
- Dönmez, E. ve Tiryakioğlu, İ., 2018. Gediz Fayı Yerkabuğu Hareketlerinin GNSS Gözlemleri İle Gözlenmesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18, 015506, 1110-1117.
- Erdoğan, H., Oktar, O., 2016. Konya Kapalı Havzası'ndaki GNSS İstasyonları Davranışlarının Zaman Serileri Analizi İle Belirlenmesi, HKMO-Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Eren, K. ve Uzel, T., 2008. Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşüm Projesi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
- Ferland, R., Kouba, J. And Hutchison, D., 2000. Analysis Methodology And Recent Results Of The IGS Network Combination, Earth Planets Space, 52, 953-957.
- Gülal, E., Erdoğan, H. ve Tiryakioğlu, İ., 2013. Research On The Stability Analysis Of GNSS Reference Stations Network By Time Series Analysis, Digital Signal Processing, Volume 23, 6, 1945-1957.
- Güllüce, H., 2015. Zaman Serileri Analizinde Hodrick Prescott Filtresinin Zaman Serileri Analizinde Hodrick Prescott Filtresinin Yeri ve Türkiye'nin GSYH Verileri İçin Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Güneş, M., 2010. Zaman Serilerinde Müdahale Analiz Teknikleri Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kadiroğlu, F.T., 2015. Asismik Deformasyonların INSAR Yöntemi İle İncelenmesi: İsmetpaşa (Eskipazar-Karabük) ve Sarıgöl (Manisa) Örnekleri (Doktora Semineri).URL-4 Adres: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/silo.tips_ankara-nverstes-fen-blmler-enstts-doktora-semner.pdf Erişim Tarihi: 18.12.2019.
- Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2009. GPS/GNSS Uydularla Konum belirleme sistemleri, Nobel Yayınevi, Ankara.

- Kalafat, D., 2018. Ülkemizde ve Dünyada Sismolojideki Gelişmelere Güncel Bir Bakış, ATAG Aktif Tektonik Araştırma Grubu Toplantıları 22. Çalıştay, Çanakkale, Bildiri Özleri Kitabı, 3.
- Kara, T., 2009. Sabit GPS İstasyonlarında Zaman Serileri Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Köksal, A. B., 1985, İstatistik Analiz Metodları, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Langbein, J. ve Johnson, H., 1997. Correlated Errors in Geodetic Time-series: Implications for Time Dependent Deformation, Journal of Geophysical Research, 102, 591-603.
- Maraş, S. S., 2010. Web Tabanlı Otomatik GPS Veri İşleme Sistemi Tasarımı, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- McClusky, S., vd., 2000. Global Positioning System Constraints on Plate Kinematics and Dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, Journal of Geophysical Research 105, B3, 5695-5719.
- Métivier, L., vd., 2014. Global Coseismic Deformations, GNSS Time Series Analysis, and Earthquake Scaling Laws, Journal of Geophysical Research Solid Earth, 119, 9095–9109.
- Oktar, O., 2015. Sabit GNSS İstasyonlarının Davranışlarının Dalgacık Dönüşümü İle Tanımlanması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Özbiz, Z., 2019. GNSS Zaman Serilerinde Stokastik Sürecin Tanımlanması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Poutanen, M., Koivula, H. ve Ollikainen, M., 2001. On the Periodicity of GNSS Time Series, Proceedings of the IAG 2001 Scientific Assembly, Vistas for Geodesy in the New Millennium, Budapest, Hungary, 2-7, 4.
- Seddighi, H.R., Lawyer, K.A. ve Katos, A.V., 2000. Econometrics: A Practical Approach, Routledge Taylor ve Francis Group, London, UK.
- Sincich, Terry., 1996, Business Statistics By Example, Prentice- Hall International Editions, fifth edition, USA.
- Sönmezer, Y. B., Akbaş, S. O. ve Işık, N. S., 2015. Kırıkkale İli Yerleşim Alanı İçin En Büyük İvme, Zemin Büyütmesi ve Hakim Titreşim Periyodu Özelliklerinin Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30, 4, 711-721.
- Staller, A., vd., 2018. Crustal Motion and Deformation in Ecuador from cGNSS Time Series Journal of South American Earth Sciences, 86, 94–109.

- Şanlı, D.U, 2002. GNSS Zaman Serilerinin Analizi ve Türkiye İçin Değerlendirmeler, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2002 Yılı Bilimsel Toplantısı, Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, İznik, Bildiriler ve Konuşma Tutanakları Kitabı, 216-225.
- Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları, Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını, 40.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu F., 1985. Strike-slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a case study, The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 37, 227-264.
- Şentürk, M.D., 2019. Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtlarının GPS İle Optimal Süzgeçlenmesi, Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tiryakioğlu, İ., Dereli, M. A., Erdoğan, S. ve Gülal E., 2010. Tektonik Hareketlerin Belirlenmesine Yönelik Ölçü Kampanyalarında GNSS Gözlem Sayı ve Sürelerinin Konum Doğruluğuna Olan Etkilerinin Araştırılması, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2, 2, 32-38.
- Türkezer, A., 1995. Ankara Sabit GPS İstasyonu, Harita Dergisi, 114, 70-76.
- Ulukavak, M., Yalçınkaya, M. ve Tanır, M., 2011. TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Ağ Noktalarının Tektonik Araştırmalarda Kullanılması Üzerine Bir Çalışma: Orta Ve Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan, Ankara.
- Williams, S.D.P., Bock, Y., P. Fang, P.J., Nikolaidis, R.M., Prawirodirdjo L., Miller M. and Johnson D.J., 2004. Error Analysis of Continuous GPS Position Time Series, Journal of Geophysical Research, 109, B03412.
- Wu, J.T., Wu, S.C., Hajj, G.A. Bertiger, W.I., and Lichten, S.M. 1993. Effects of Antenna Orientation on GPS Carrier Phase, Man. Geodetica 18, 91-98.
- Xie, C., Kuang, C. And Xie, J., 2020. Comparative Analysis of Velocity Estimation Methods For GNSS Coordinate Time Series in Southwest China, China Satellite Navigation Conference (CSNC) Proceedings Volume II, 346-359.
- Yavaşoğlu, H., 2003. Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümünün Kinematığının 2001 ve 2002 GPS Ölçmeleri İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- URL-1<<https://www.haritaciyiz.com/gnssistemleri/>> Erişim Tarihi: 20.12.2019.
- URL-2<<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/ingiltere-ile-fransa-arasindaki-jeolojik-bag>> Erişim Tarihi: 11.02.2020.

URL-3<<https://erhananadol.com/levha-hareketleri-tektonigi/>> Erişim Tarihi: 11.11.2019.

URL-4<<https://slideplayer.biz.tr/slide/12817269/>> Erişim Tarihi: 31.05.2021.

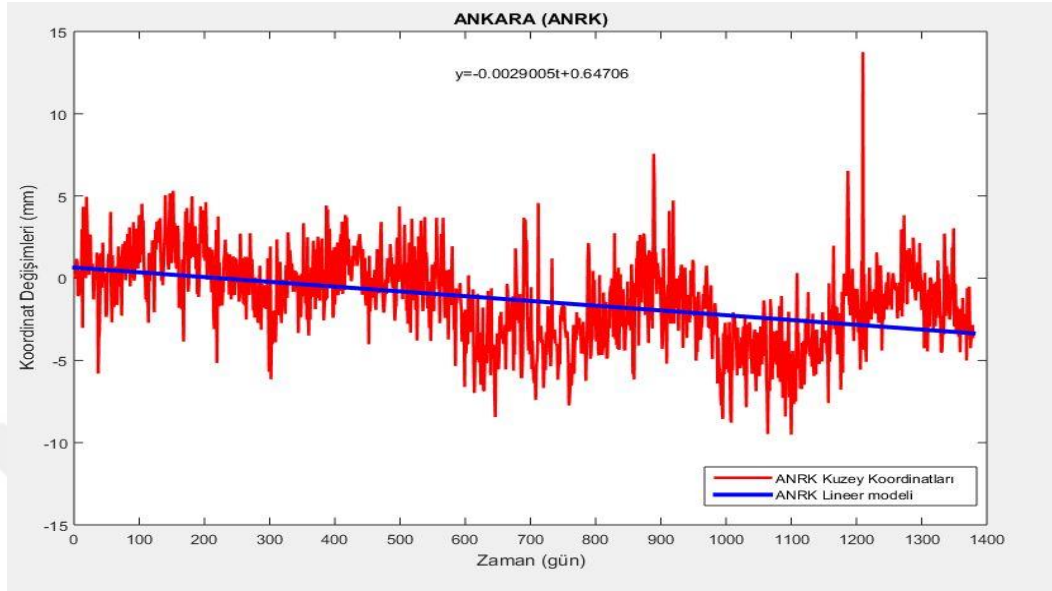
URL-5<<https://slideplayer.biz.tr/slide/12817269/>> Erişim Tarihi: 31.05.2021.

URL-6<<https://slideplayer.biz.tr/slide/12817269/>> Erişim Tarihi: 31.05.2021.

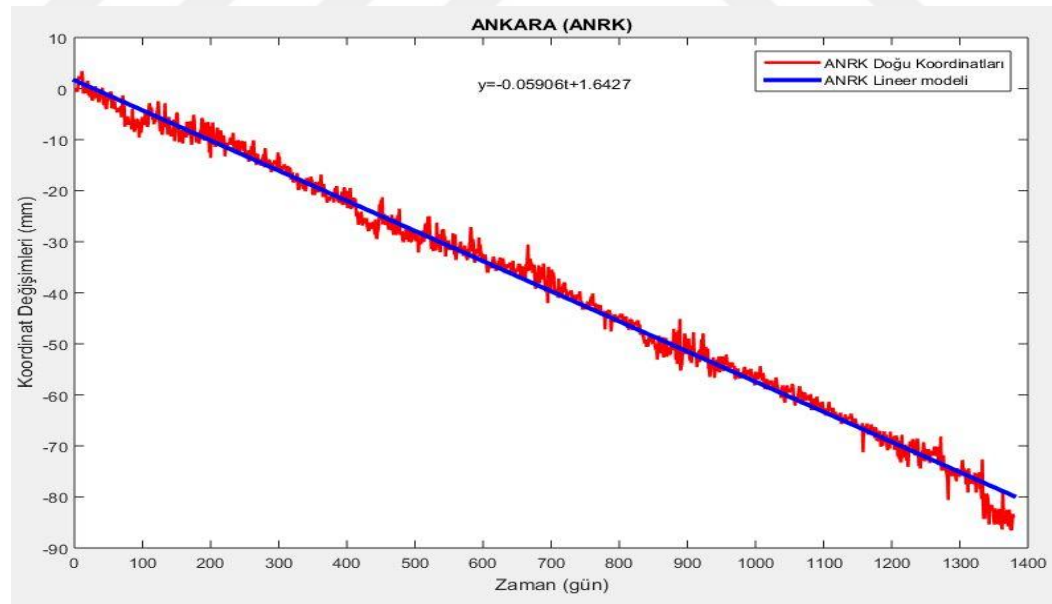


EKLER

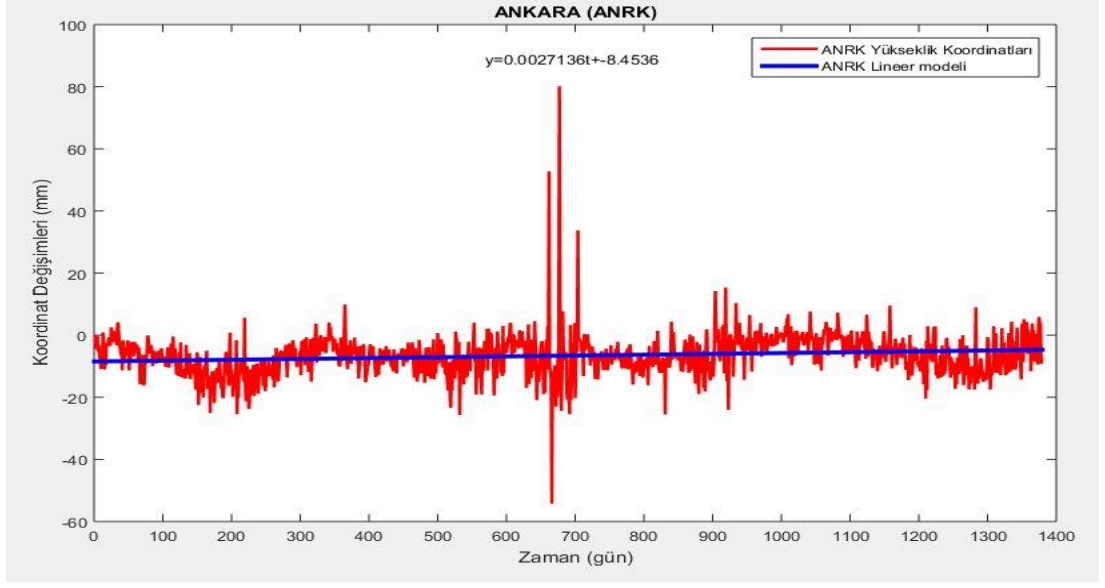
EK A. İstasyonların Lineer Hareketi



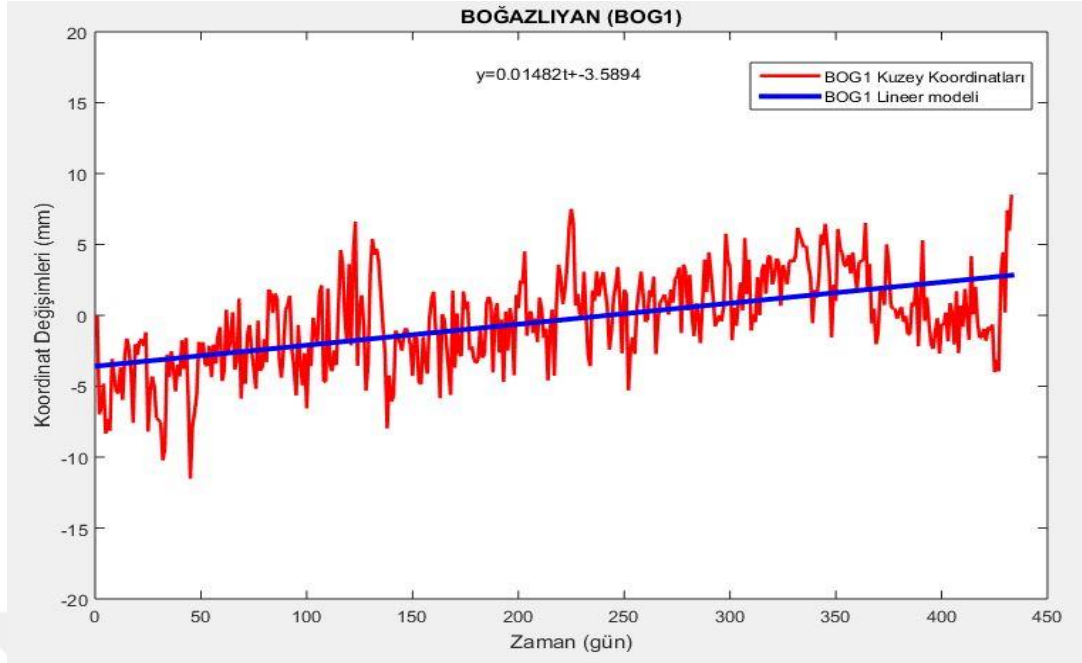
Şekil A.1. ANRK kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



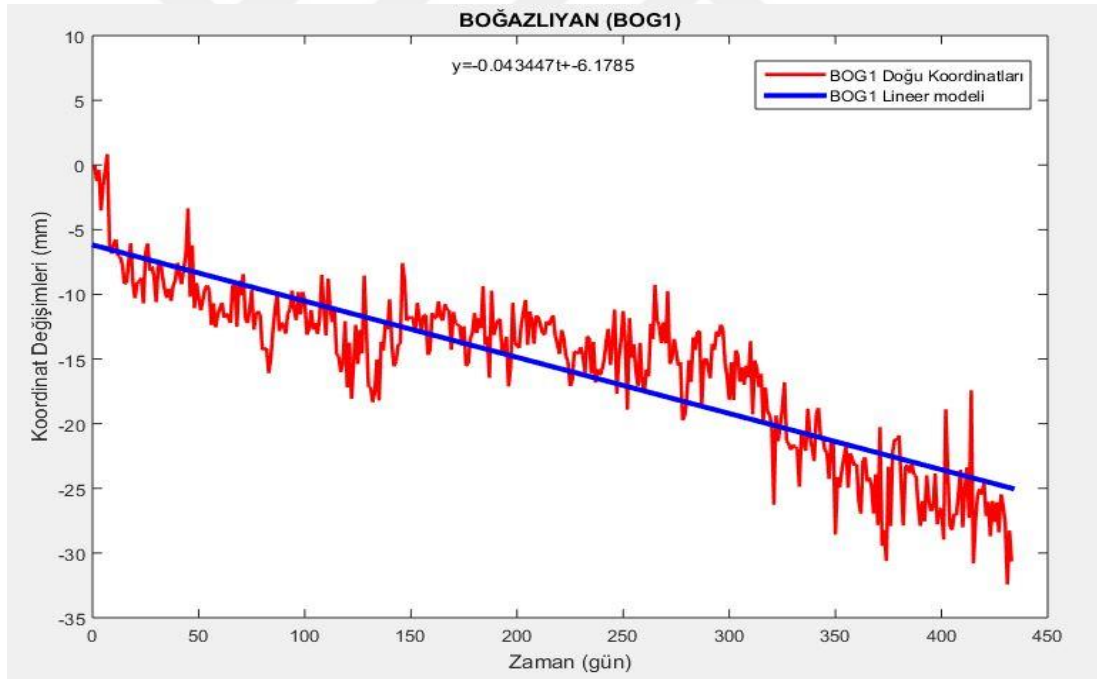
Şekil A.2. ANRK doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



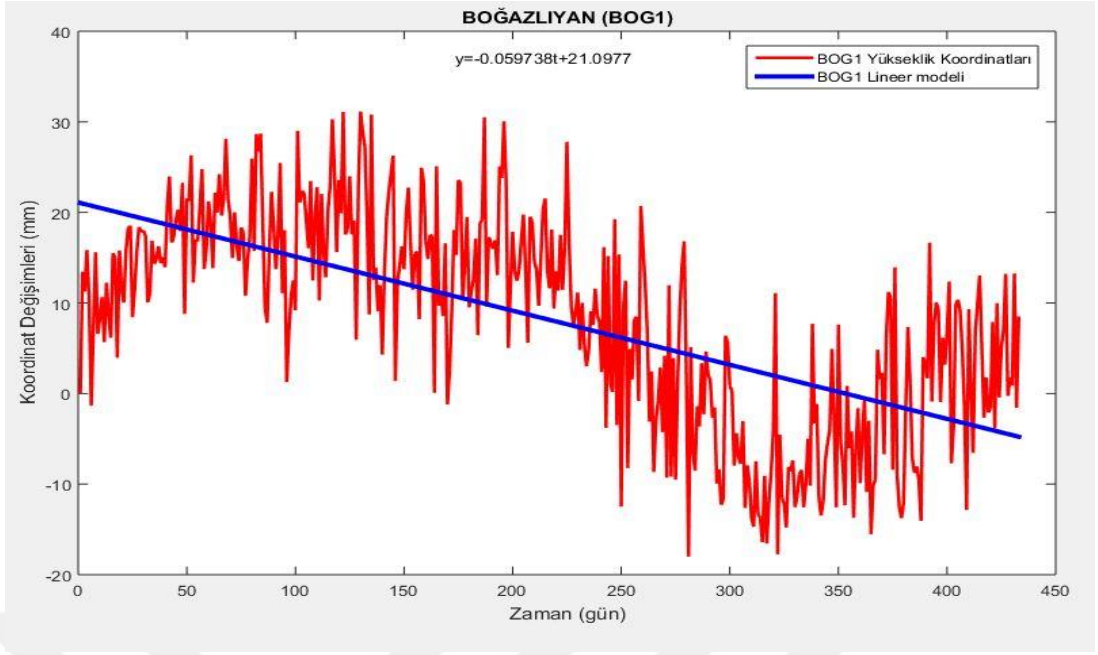
Şekil A.3. ANRK yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



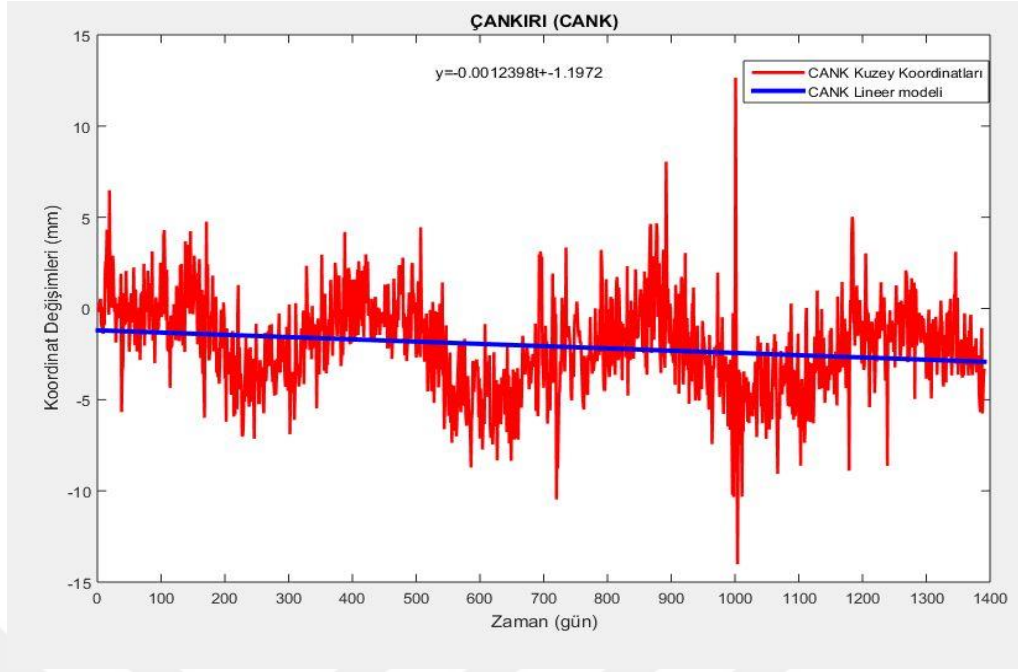
Şekil A.4. BOG1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



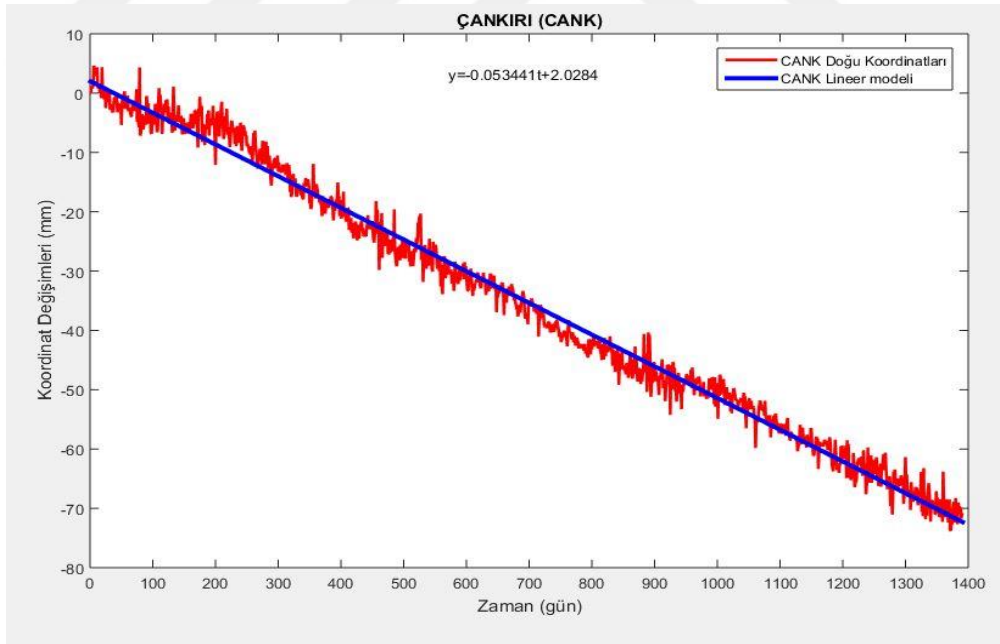
Şekil A.5. BOG1 doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



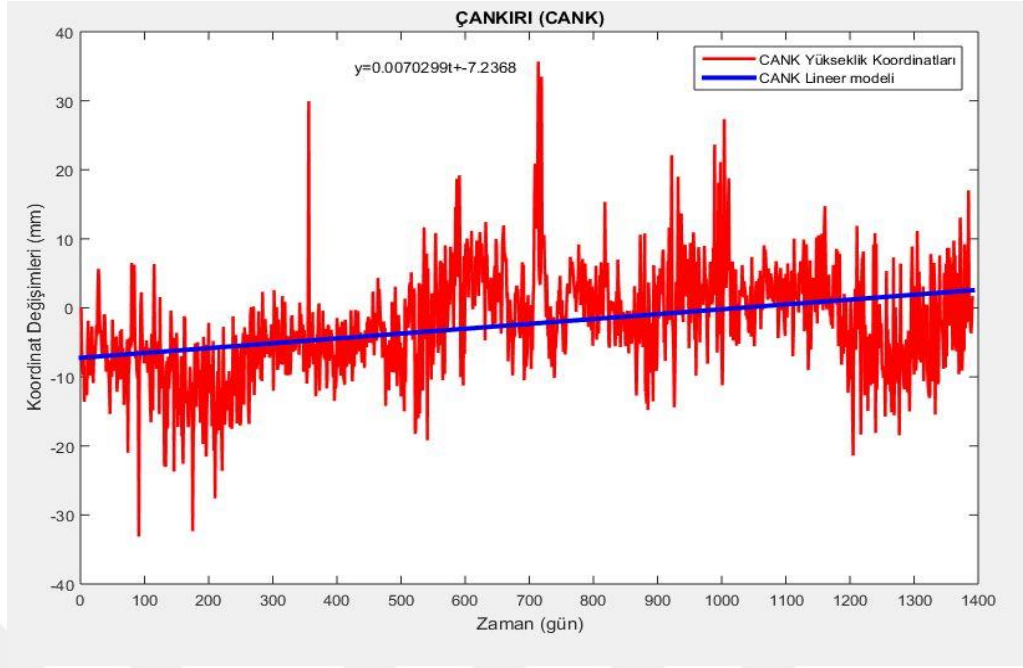
Şekil A.6. BOG1 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



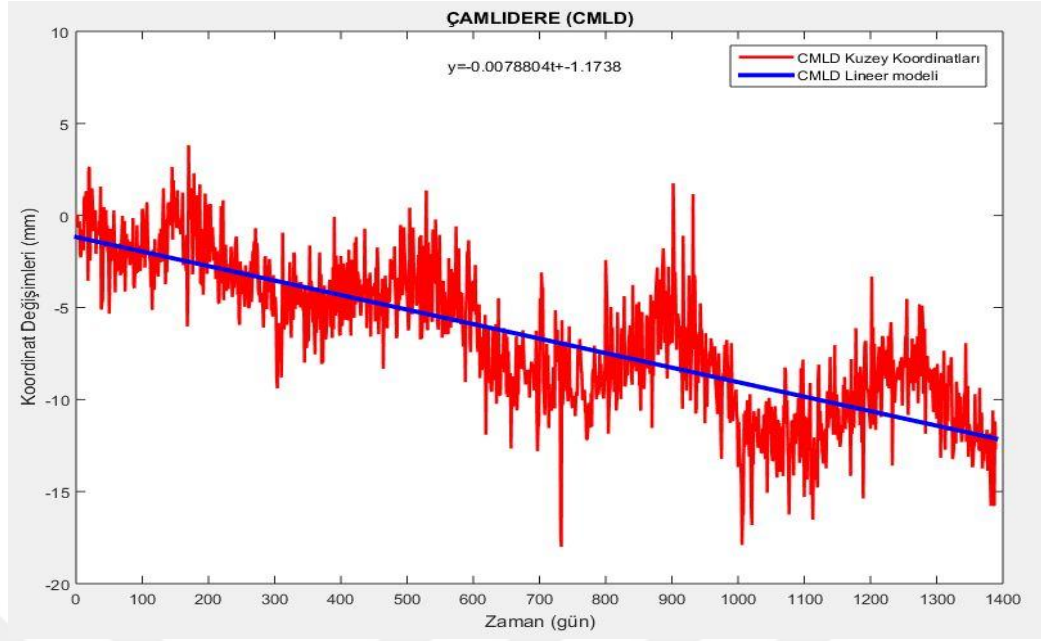
Şekil A.7. CANK kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



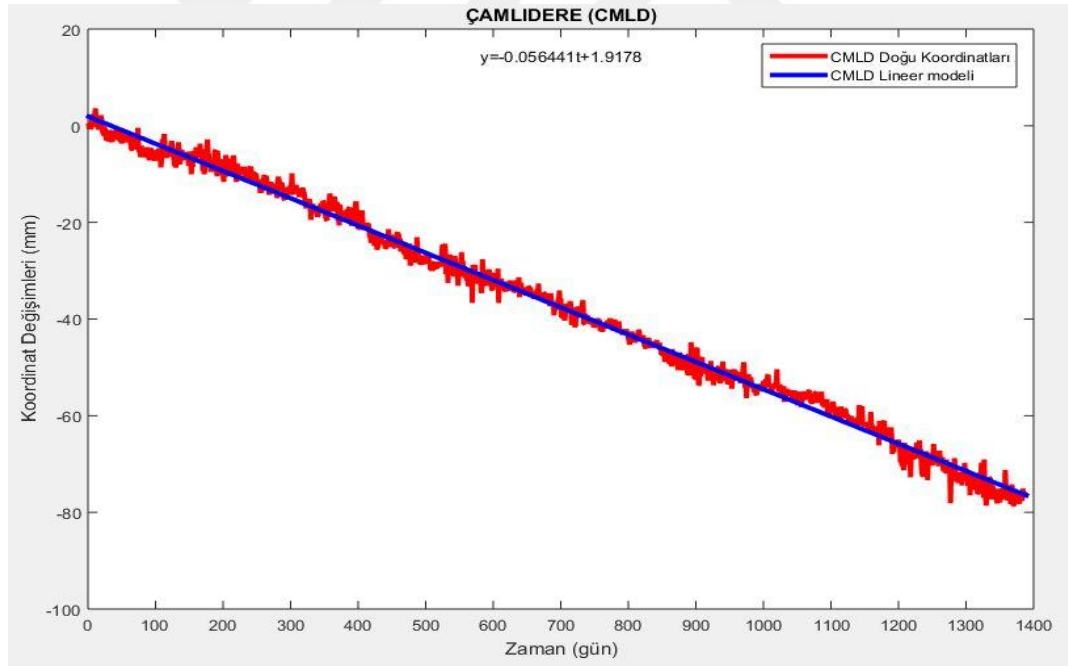
Şekil A.8. CANK doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



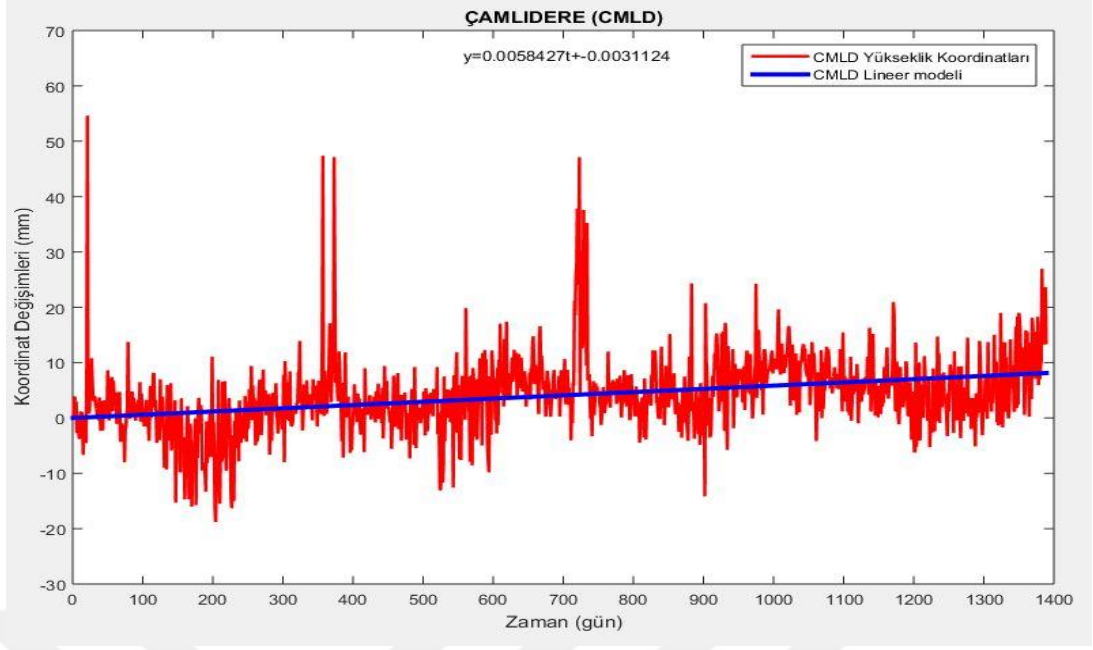
Şekil A.9. CANK yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



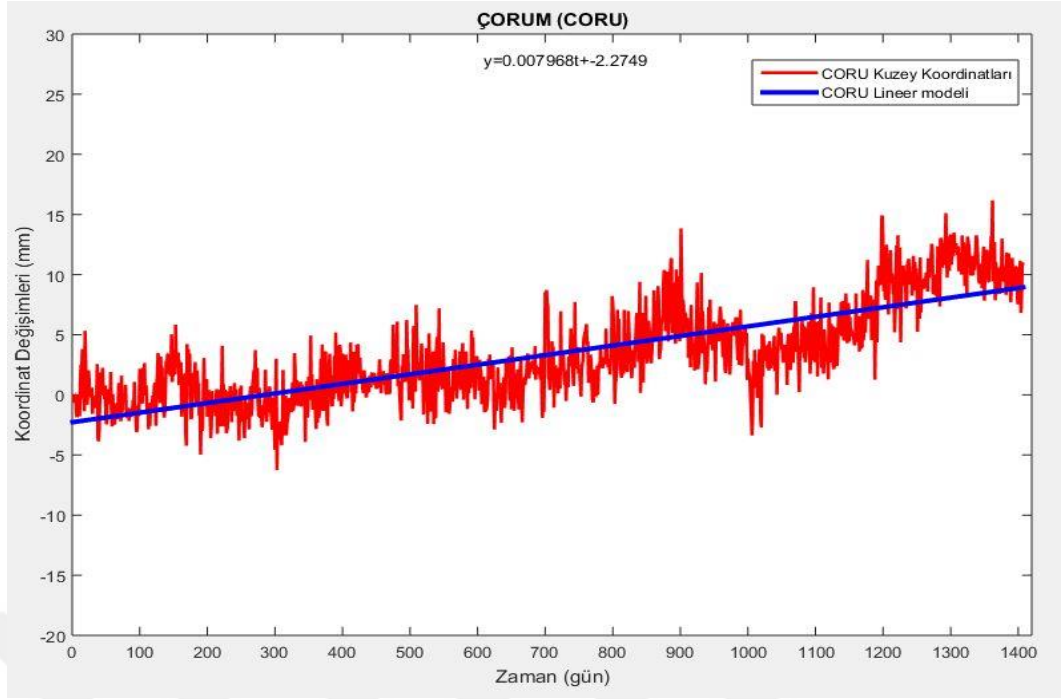
Şekil A.10. CMLD kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



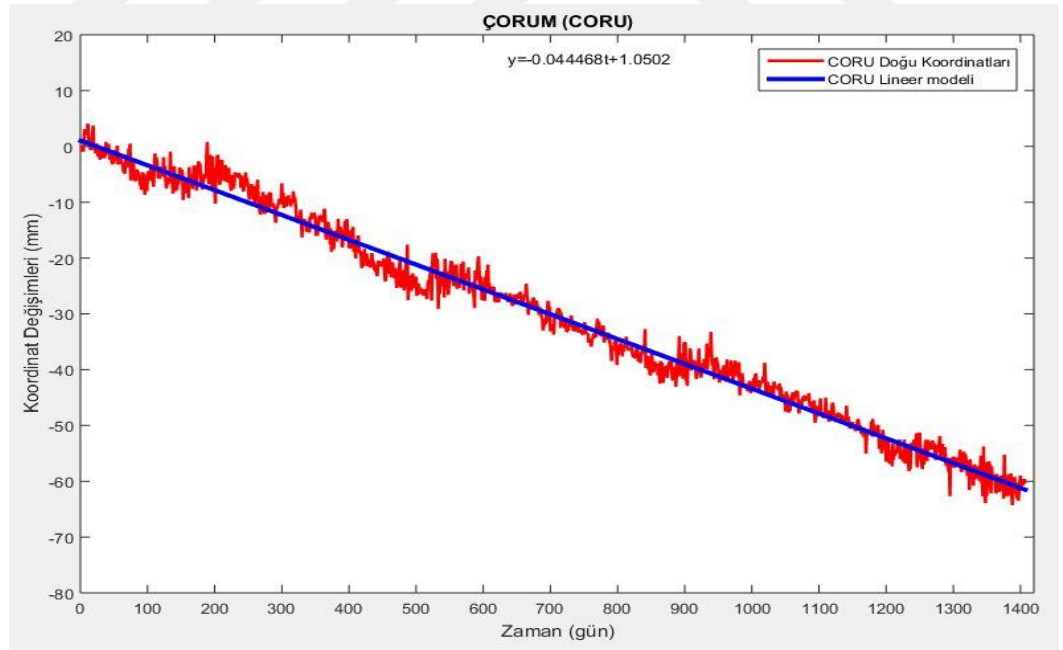
Şekil A.11. CMLD doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



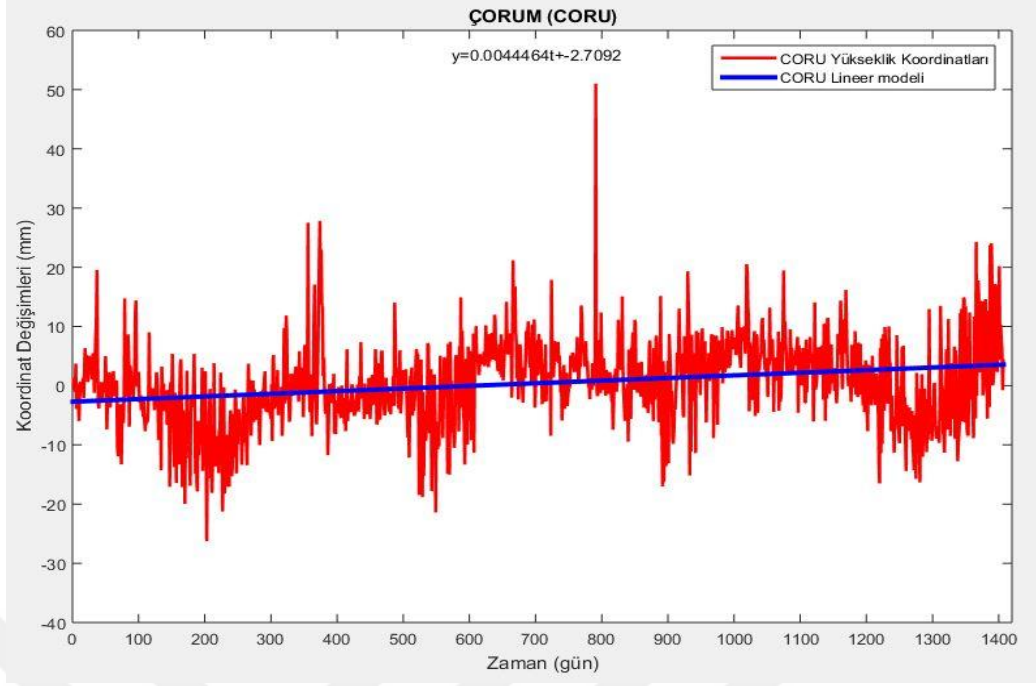
Şekil A.12. CMLD yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



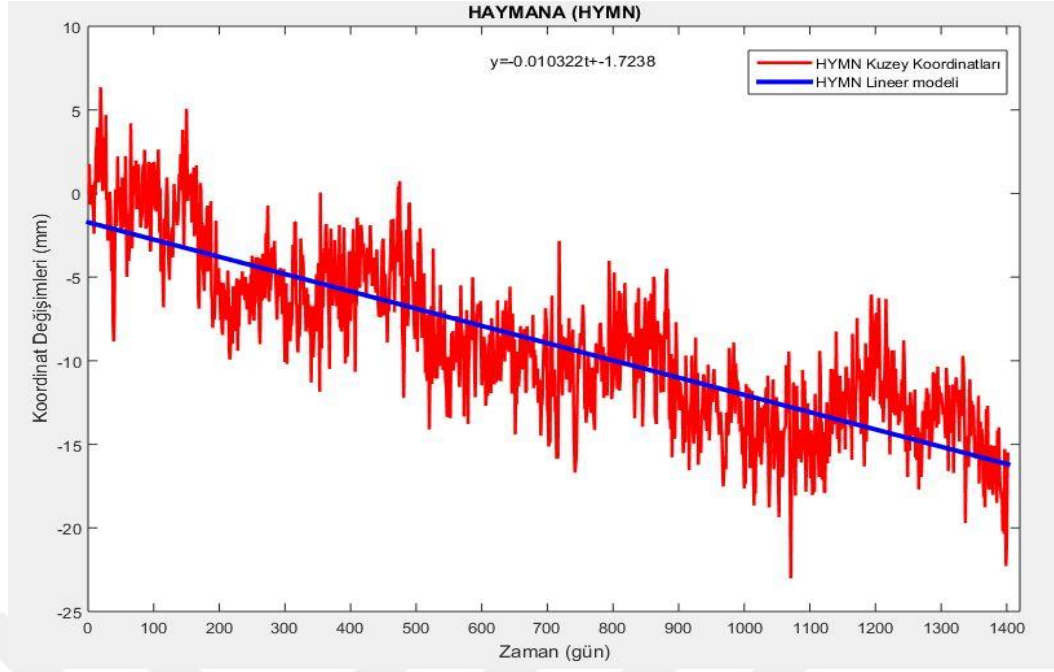
Şekil A.13. CORU kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



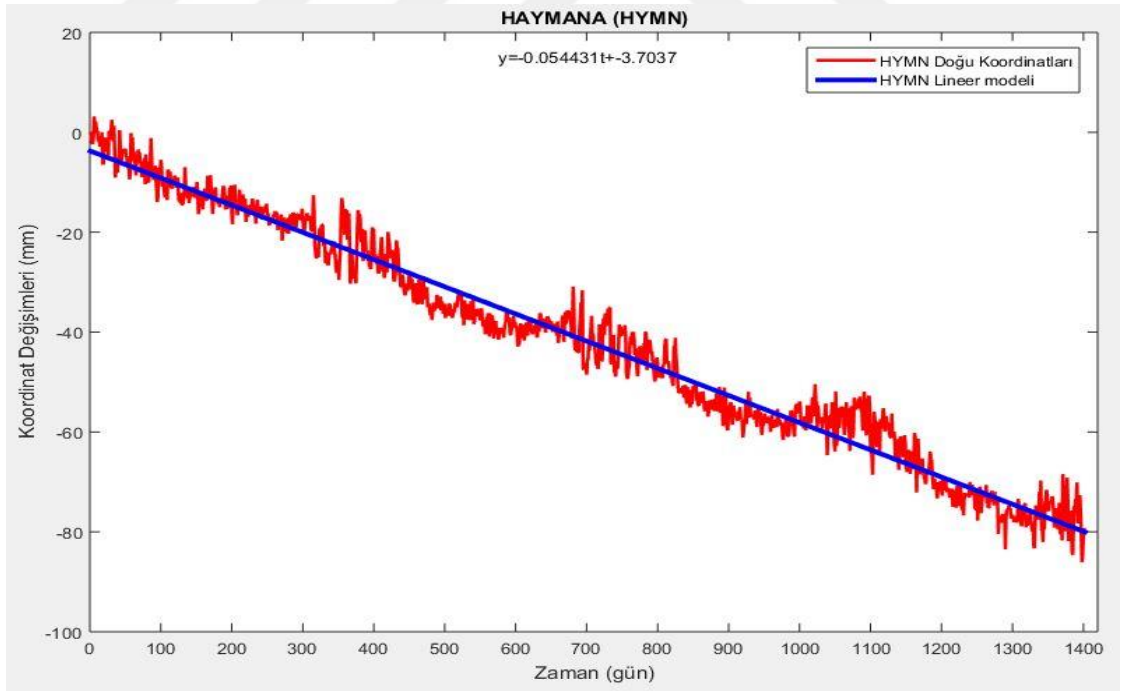
Şekil A.14. CORU doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



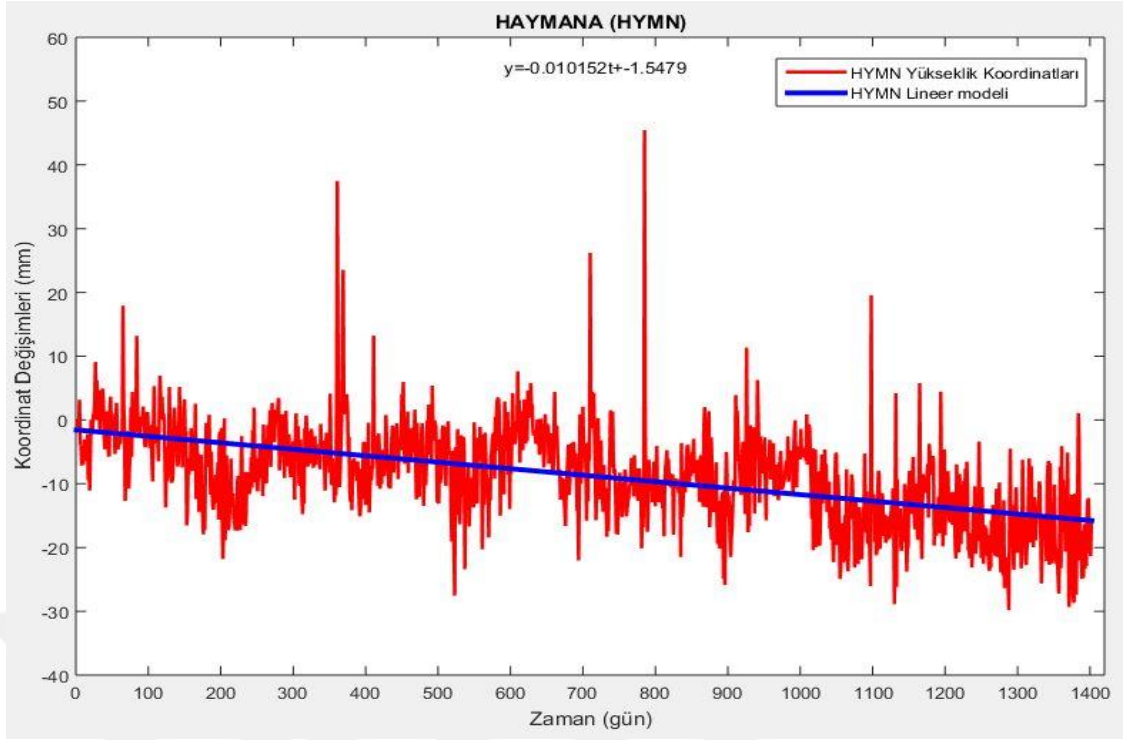
Şekil A.15. CORU yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



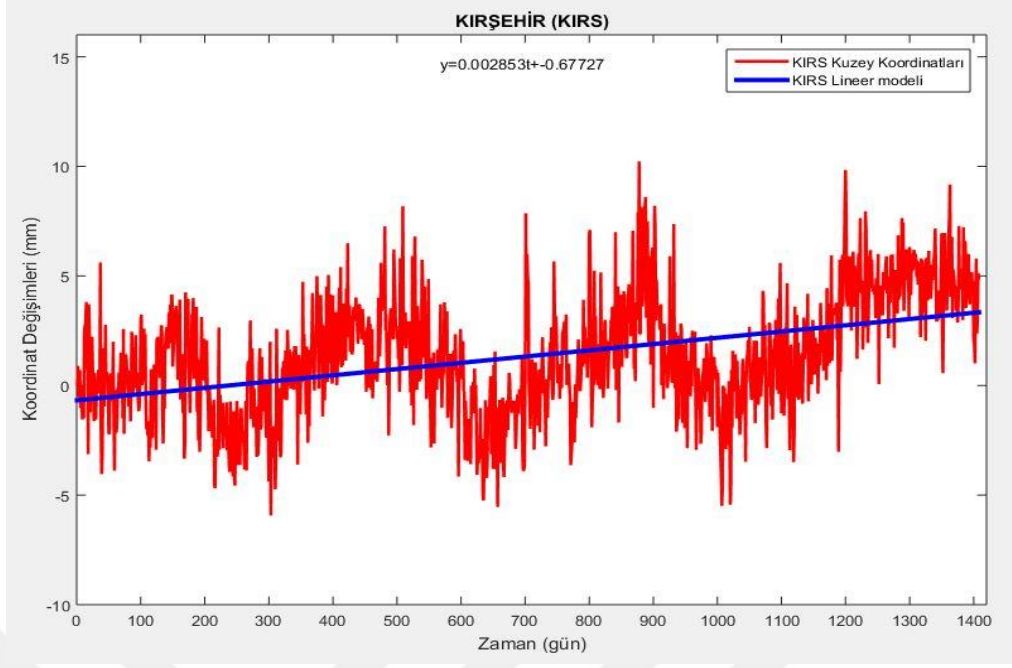
Şekil A.16. HYMN kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



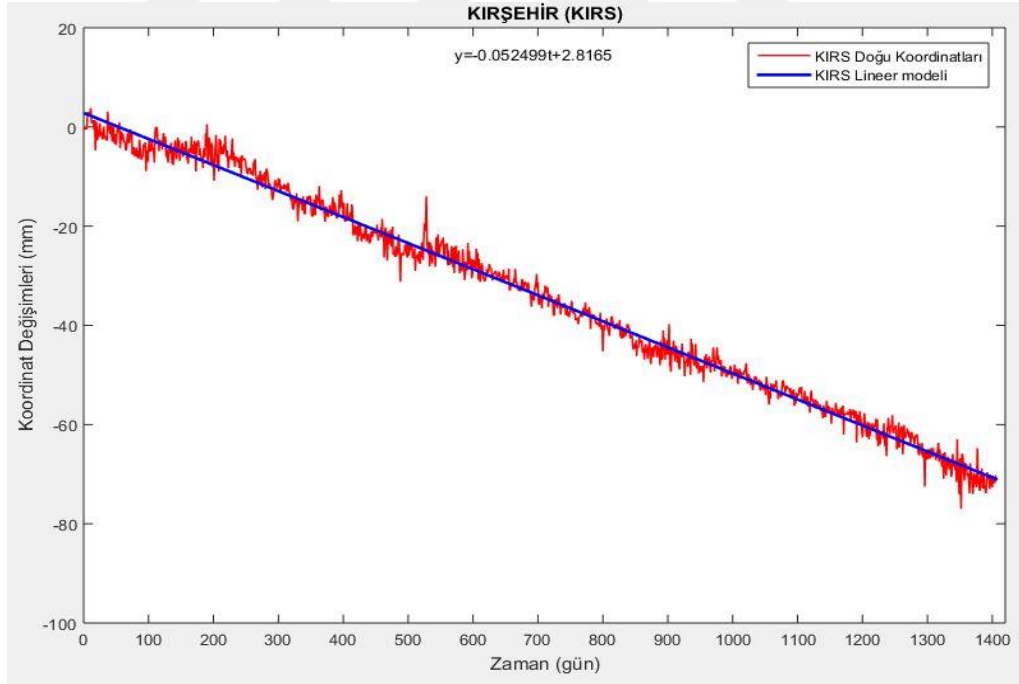
Şekil A.17. HYMN doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



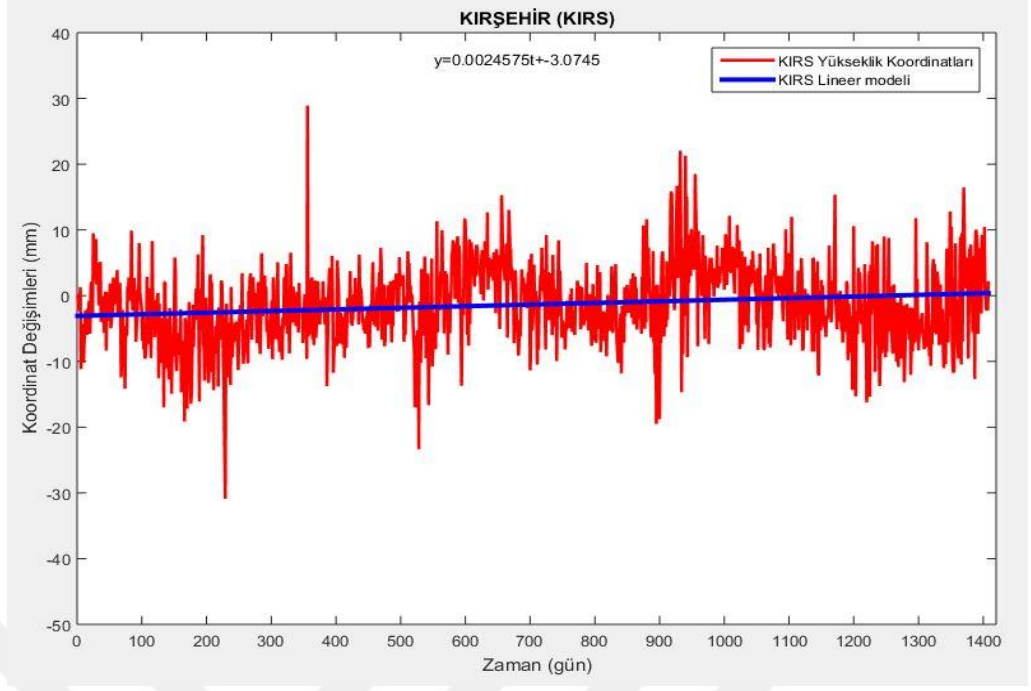
Şekil A.18. HYMN yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



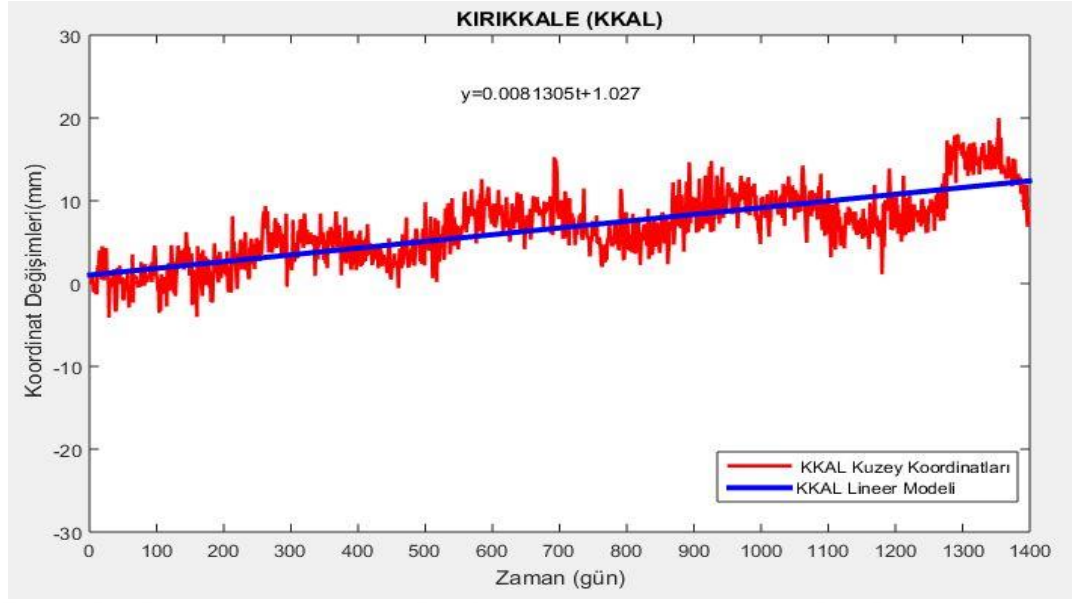
Şekil A.19. KIRS kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



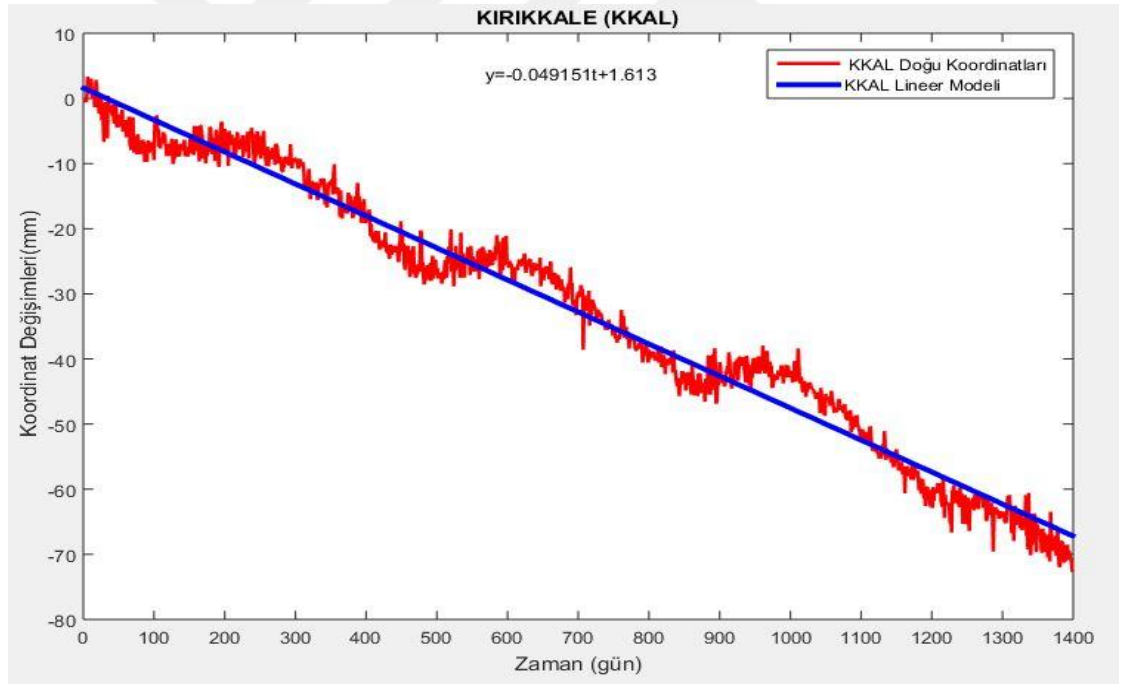
Şekil A.20. KIRS doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



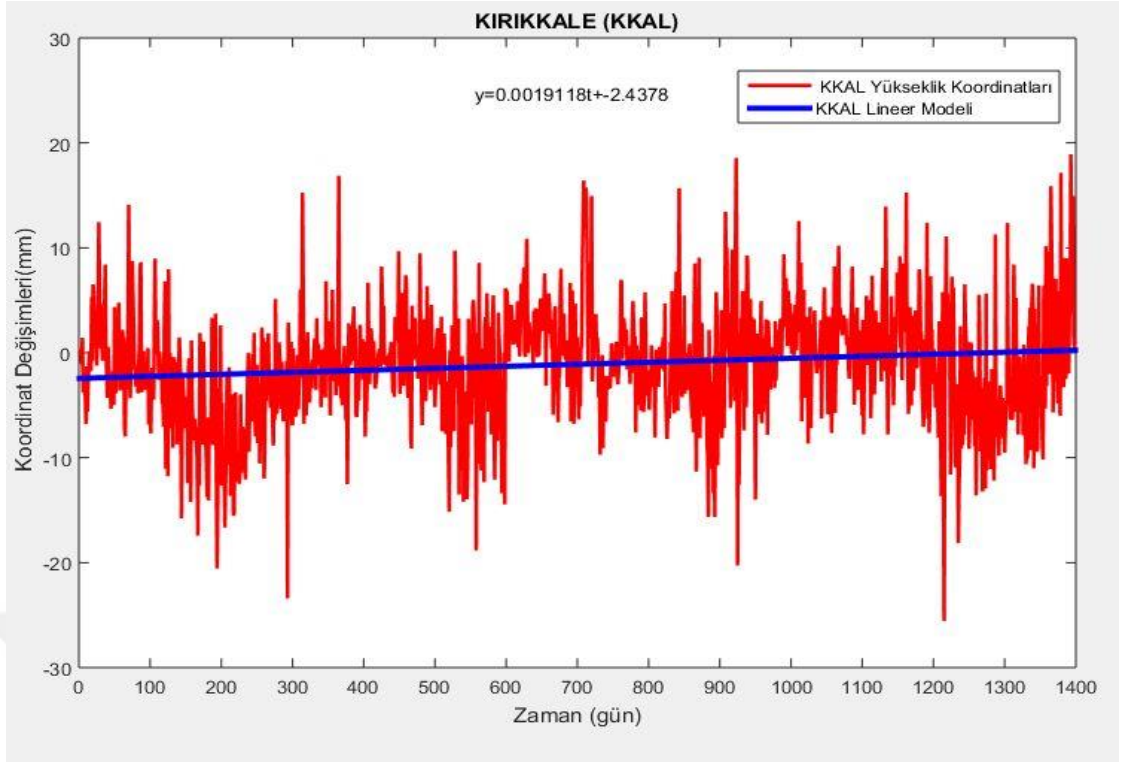
Şekil A.21. KIRS yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



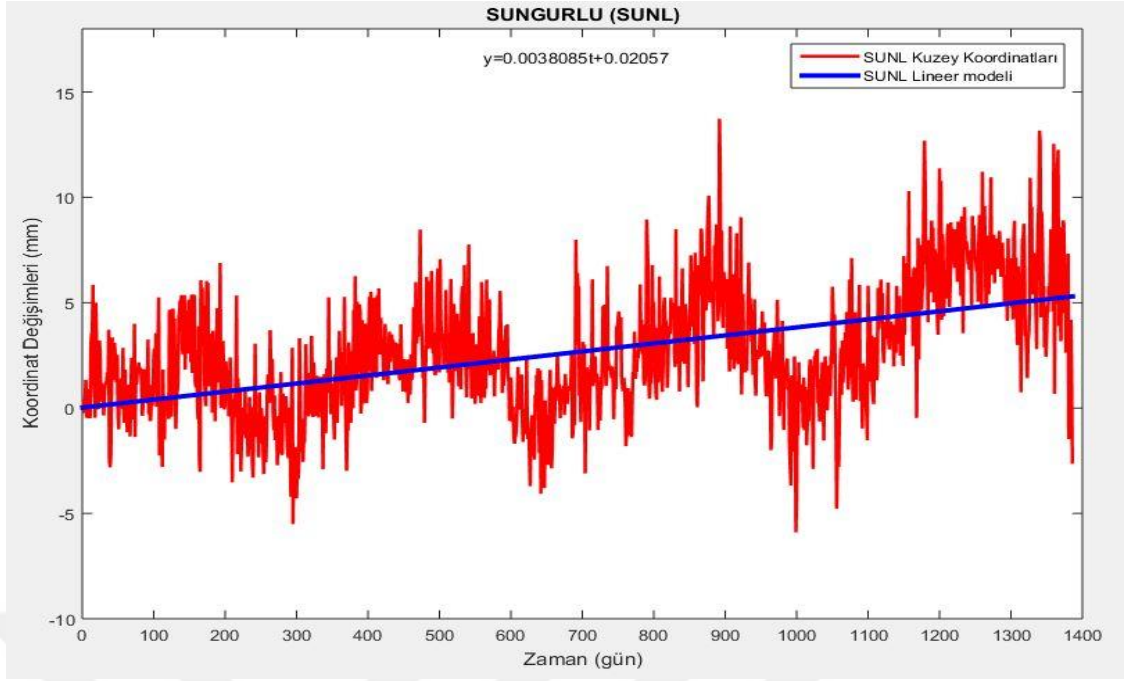
Şekil A.22. KKAL kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



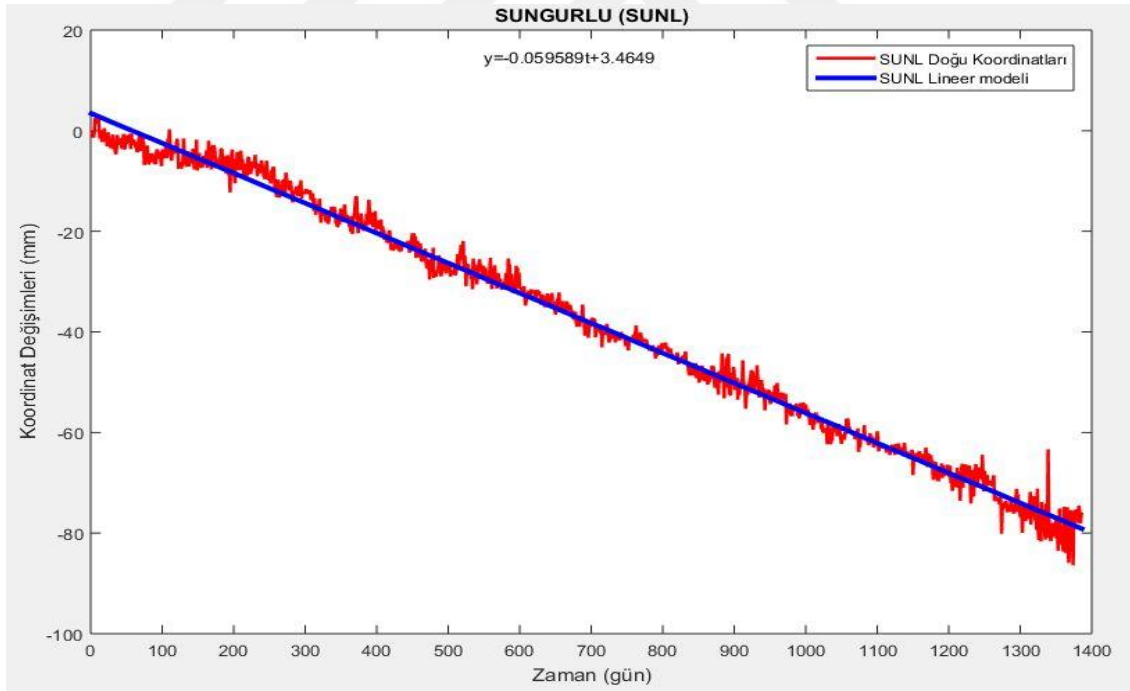
Şekil A.23. KKAL doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



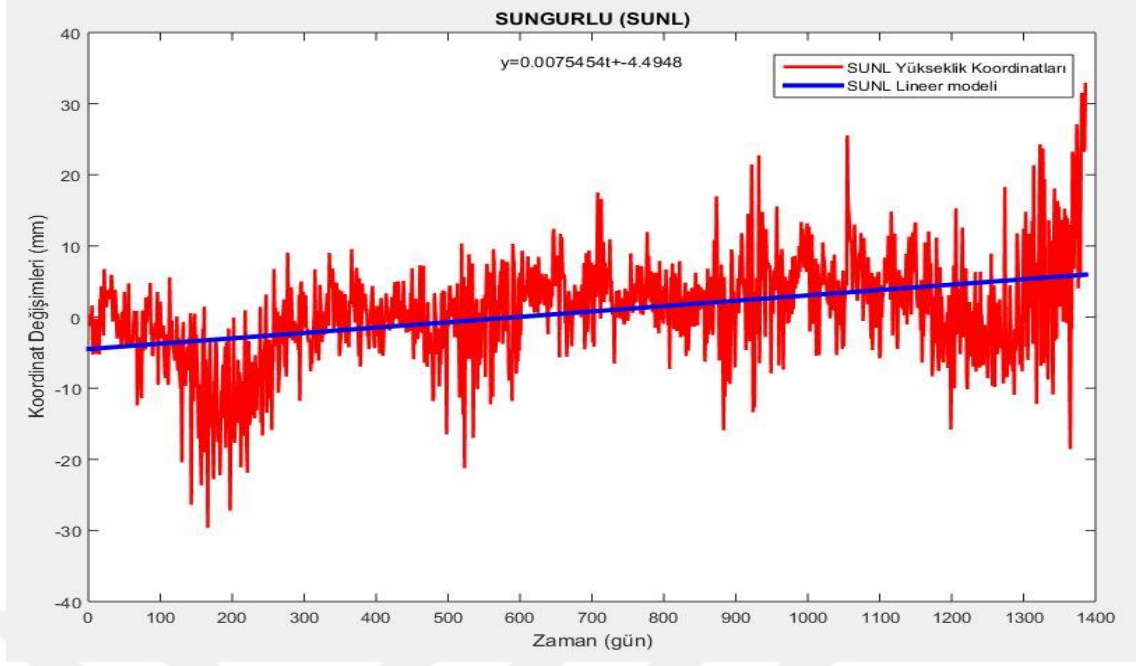
Şekil A.24. KKAL yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



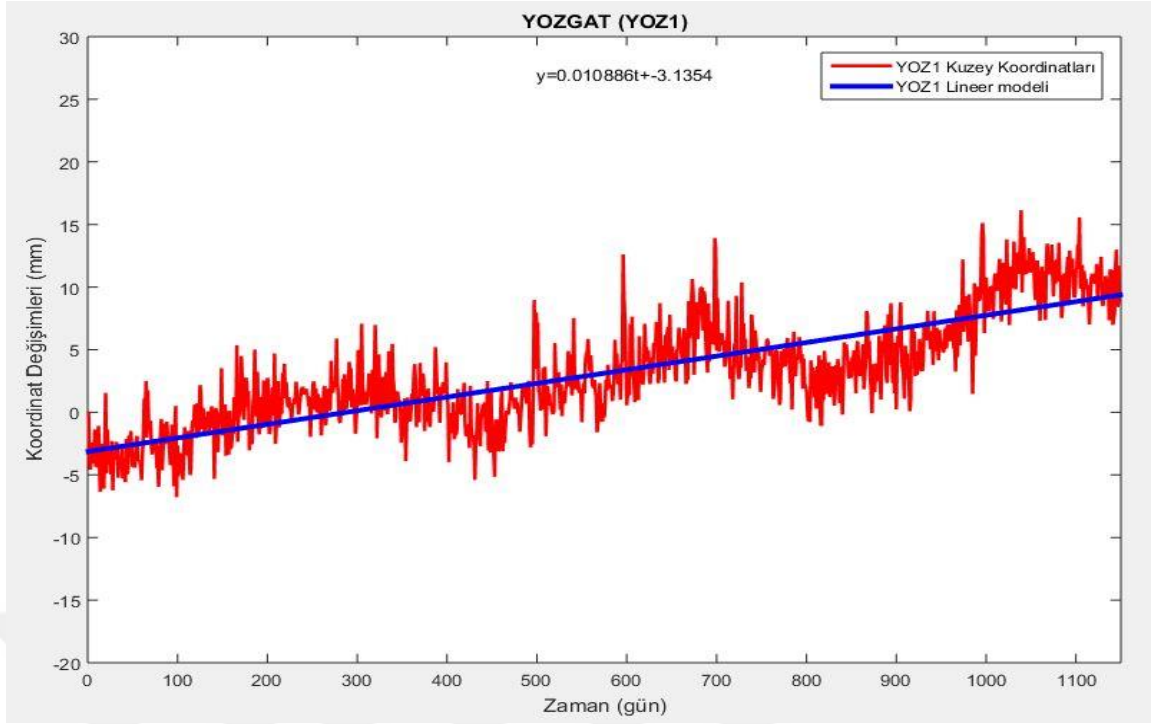
Şekil A.25. SUNL kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



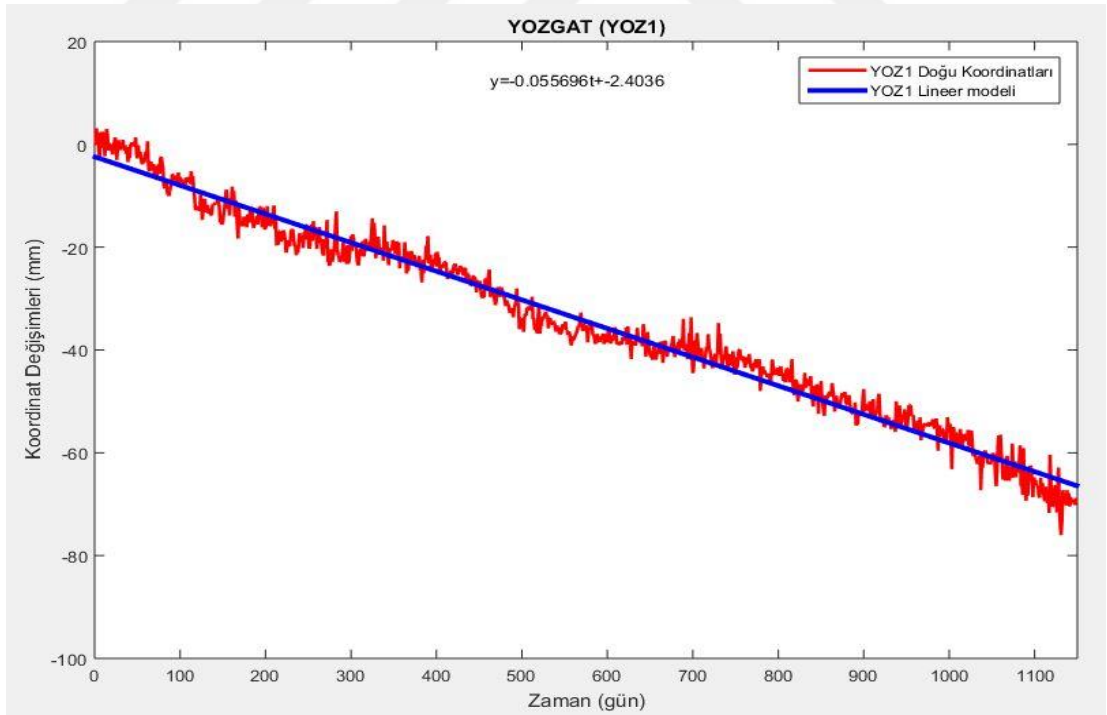
Şekil A.26. SUNL doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



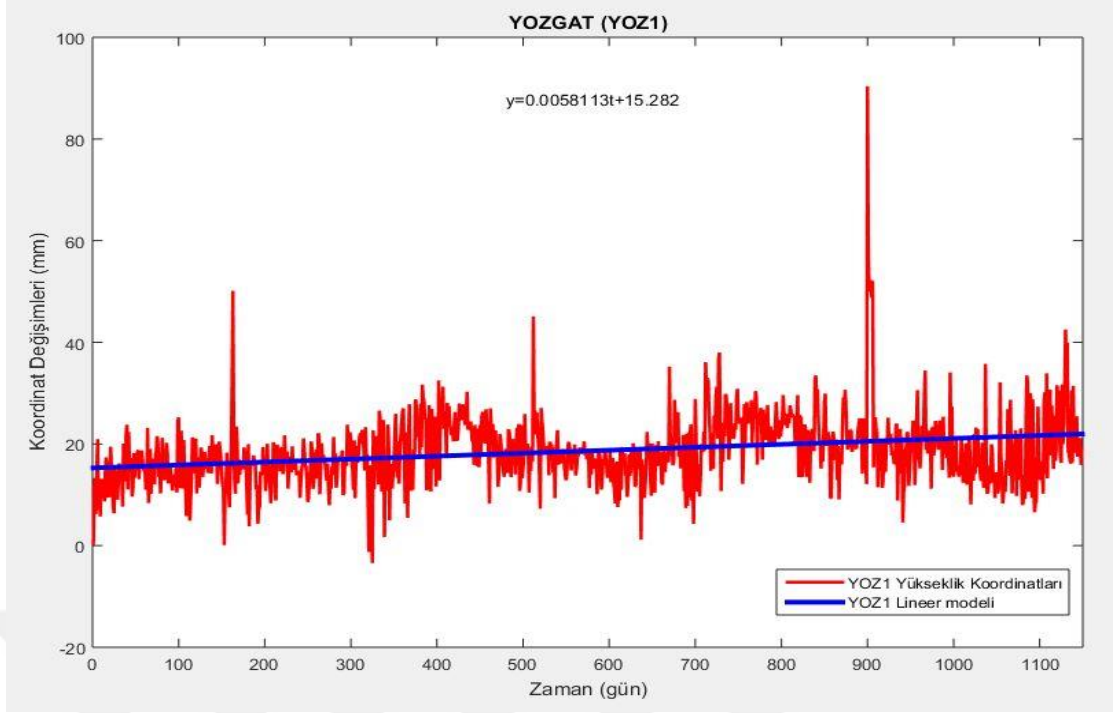
Şekil A.27. SUNL yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



Şekil A.28. YOZ1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.

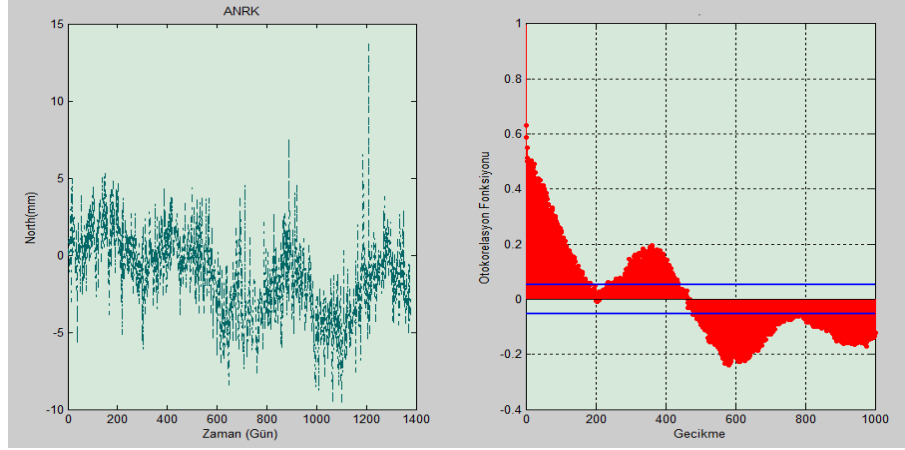


Şekil A.29. YOZ1 doğu koordinat bileşeni lineer modeli.

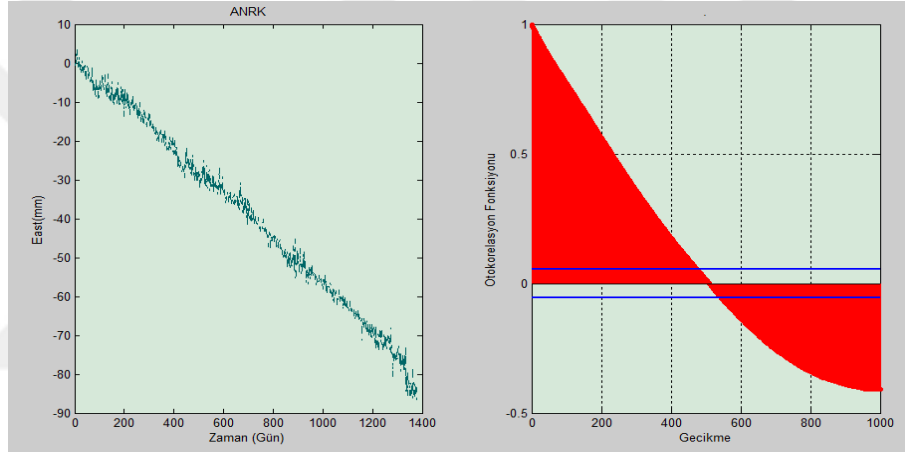


Şekil A.30. YOZ1 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.

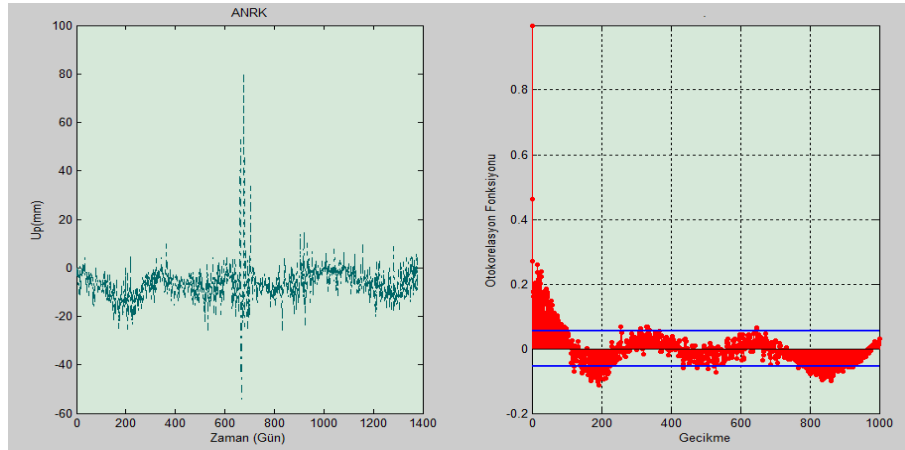
EK B. İstasyon Koordinatlarının Otokorelasyon Fonksiyonu



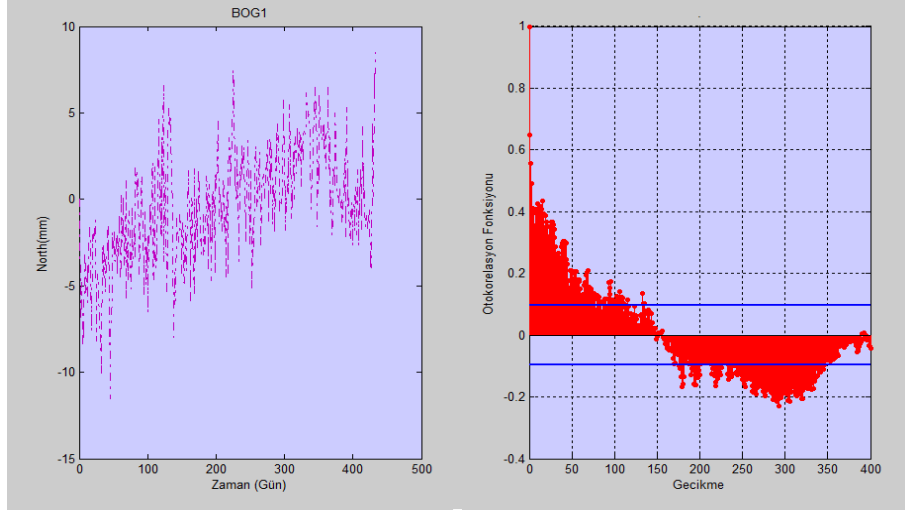
Şekil B.1. ANRK north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



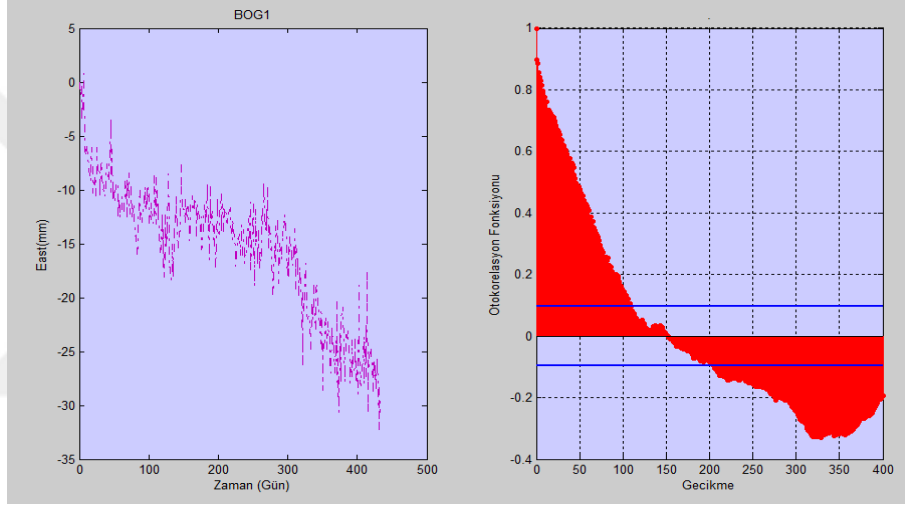
Şekil B.2. ANRK east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



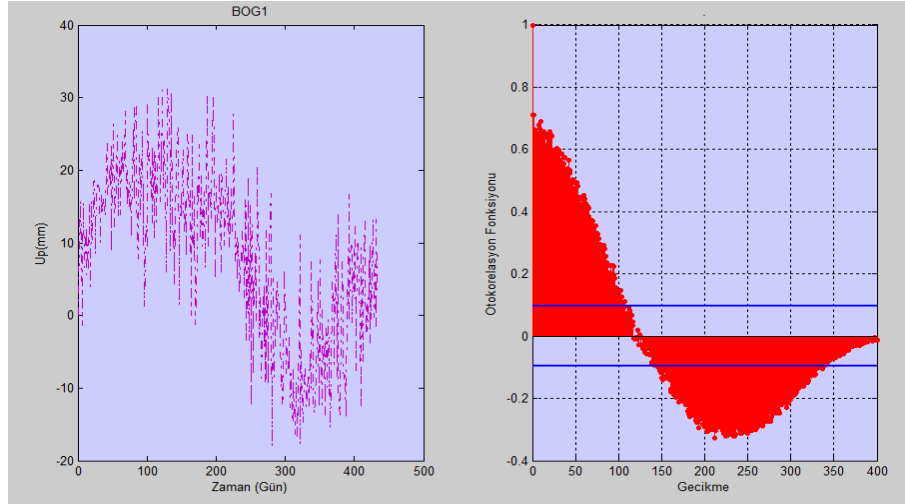
Şekil B.3. ANRK up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



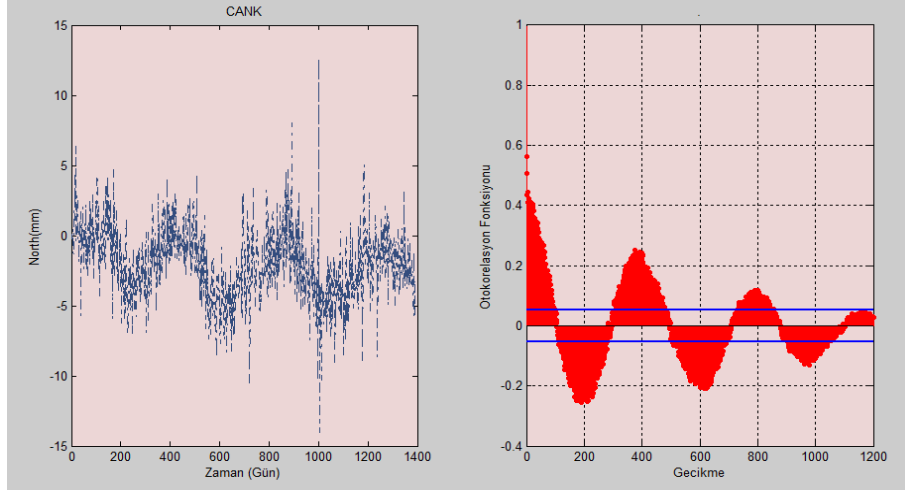
Şekil B.4. BOG1 north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



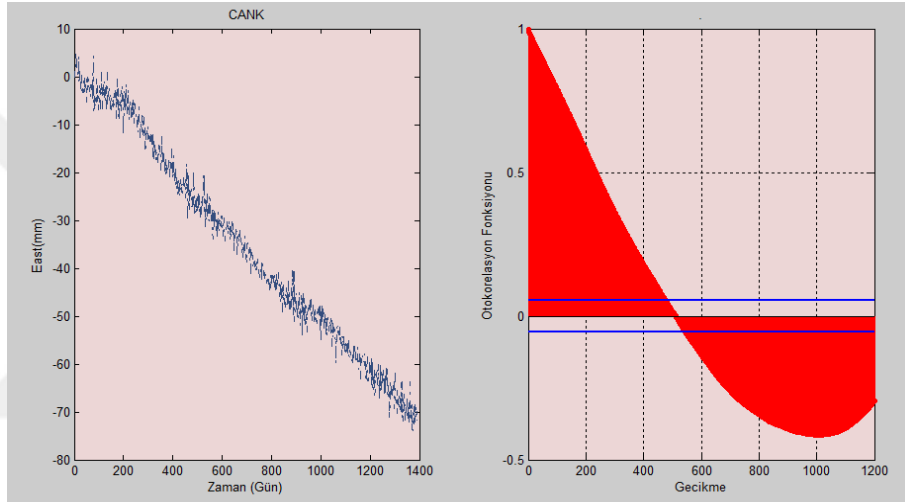
Şekil B.5. BOG1 east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



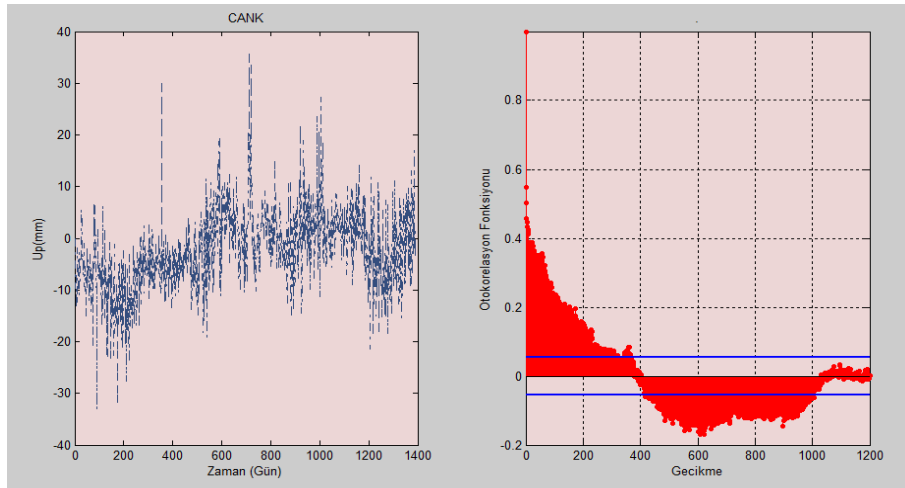
Şekil B.6. BOG1 up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



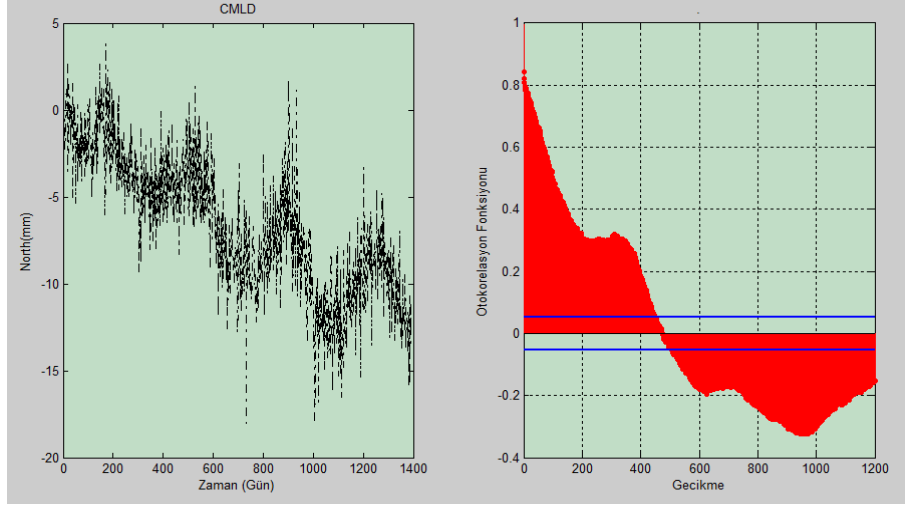
Şekil B.7. CANK north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



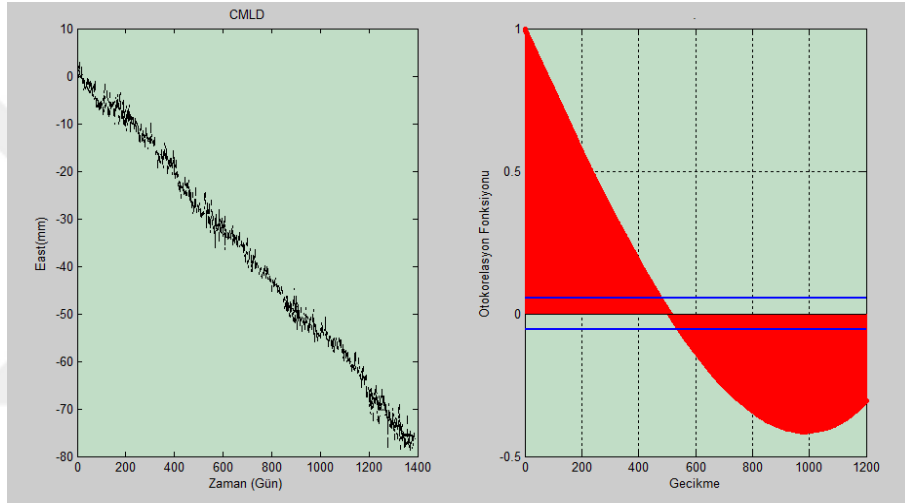
Şekil B.8. CANK east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



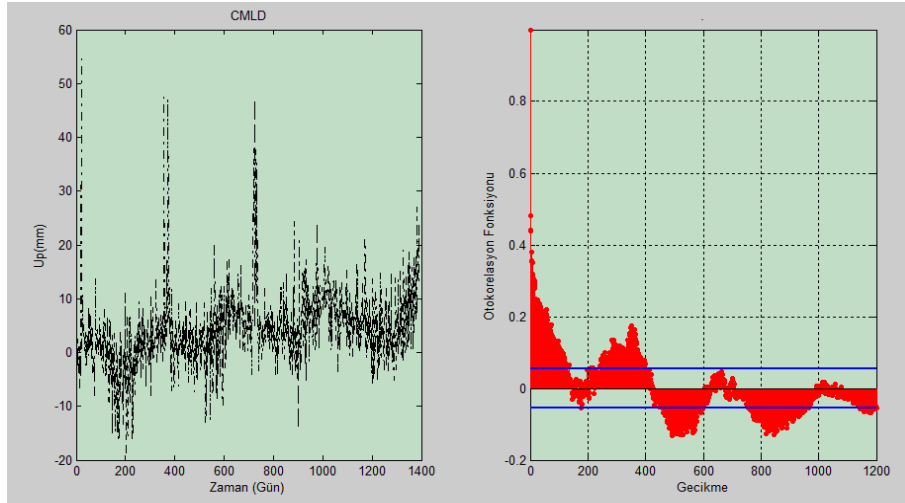
Şekil B.9. CANK up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



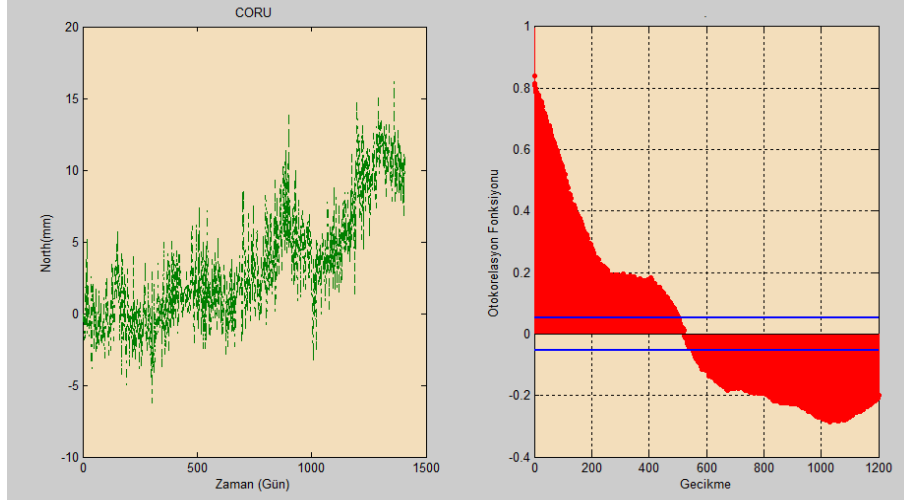
Şekil B.10. CMLD north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



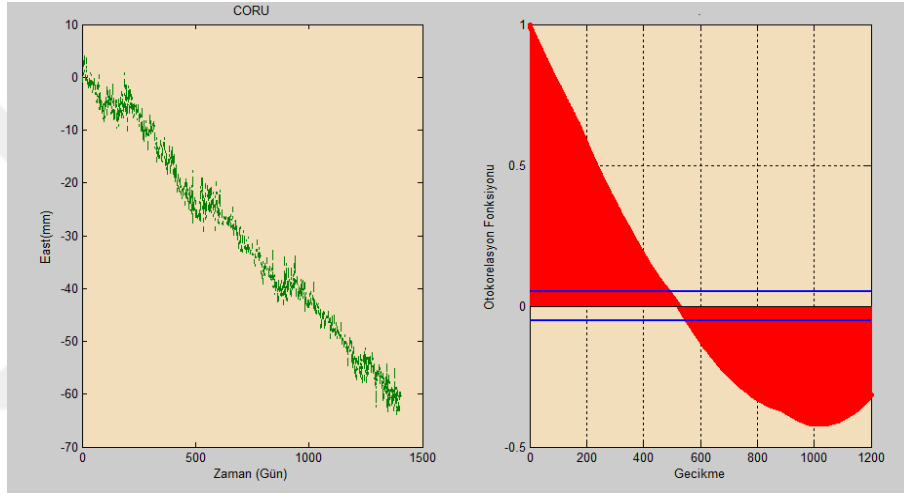
Şekil B.11. CMLD east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



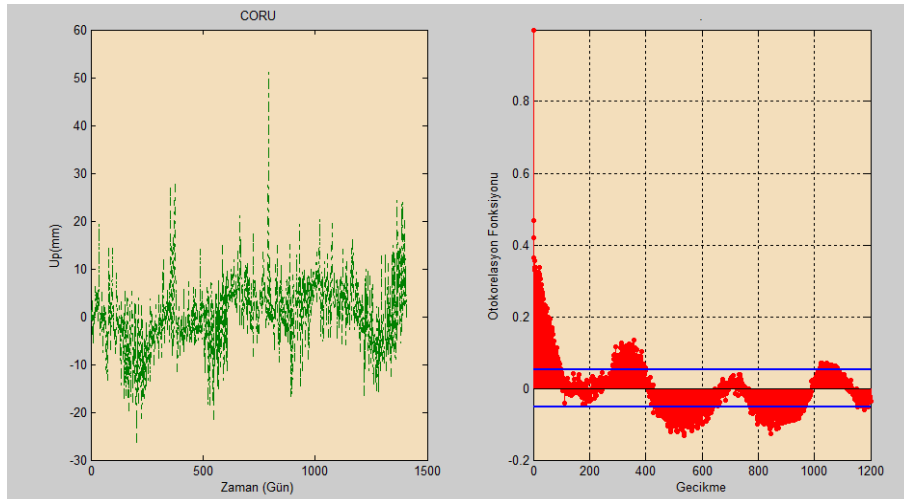
Şekil B.12. CMLD up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



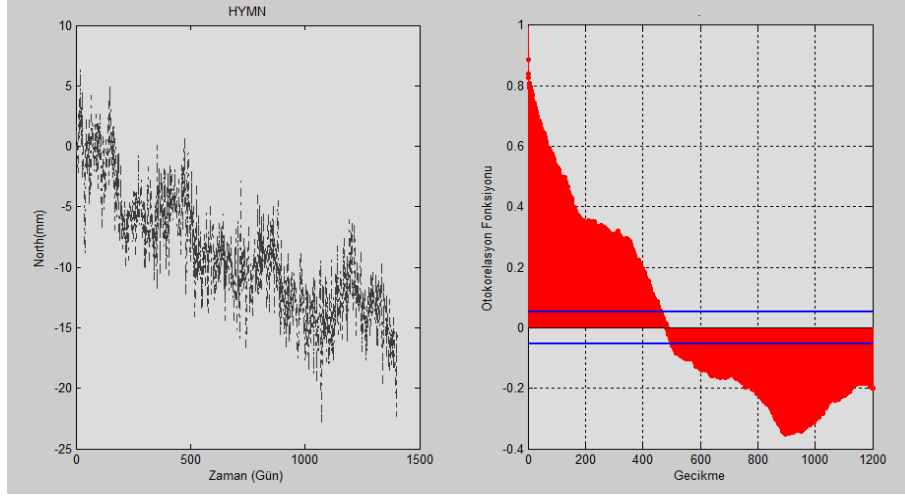
Şekil B.13. CORU north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



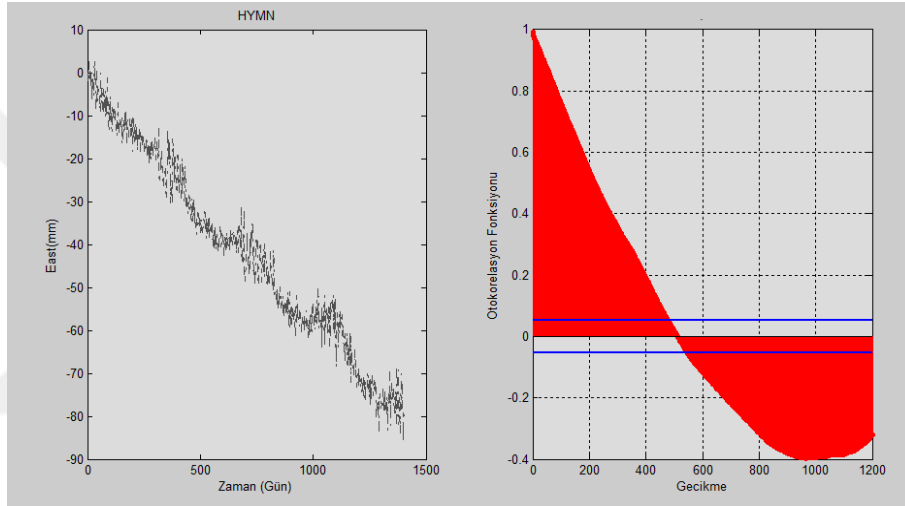
Şekil B.14. CORU east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



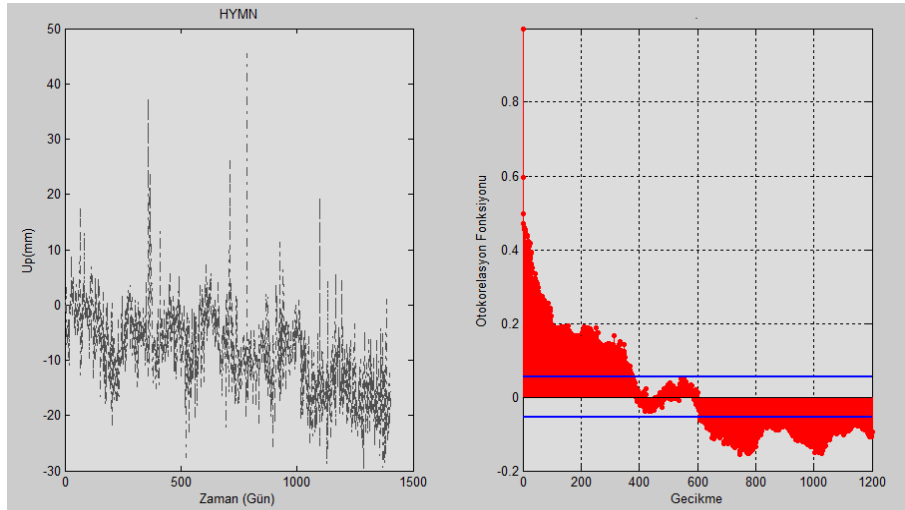
Şekil B.15. CORU up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



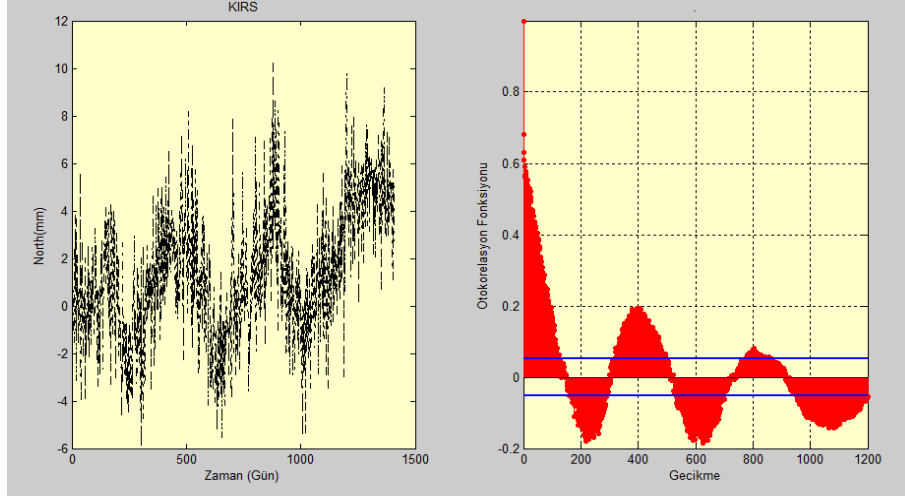
Şekil B.16. HYMN north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



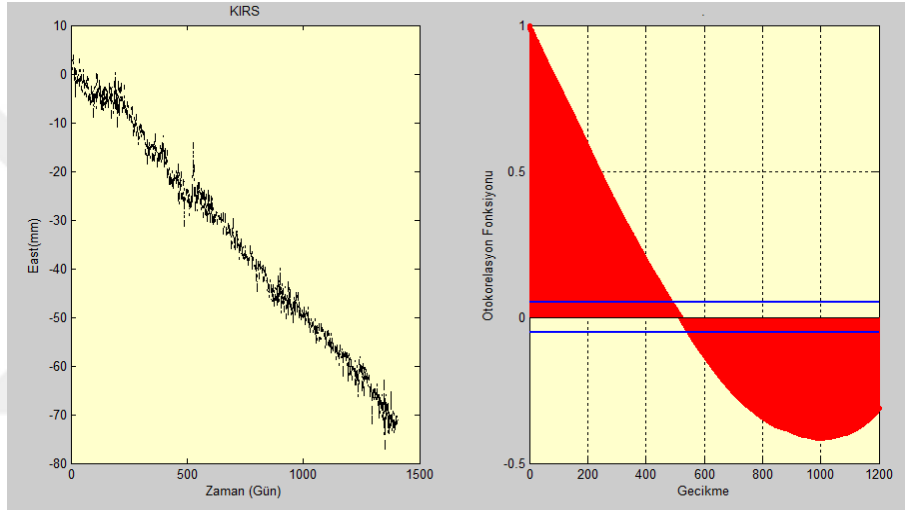
Şekil B.17. HYMN east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



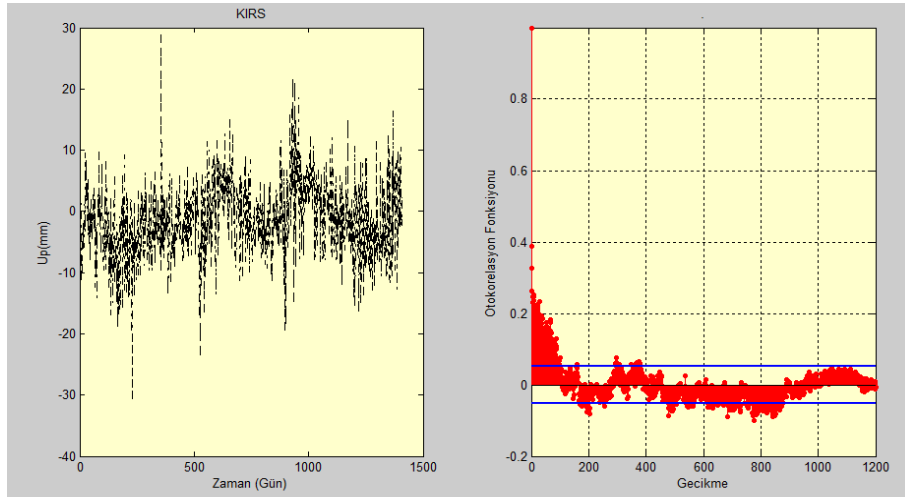
Şekil B.18. HYMN up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



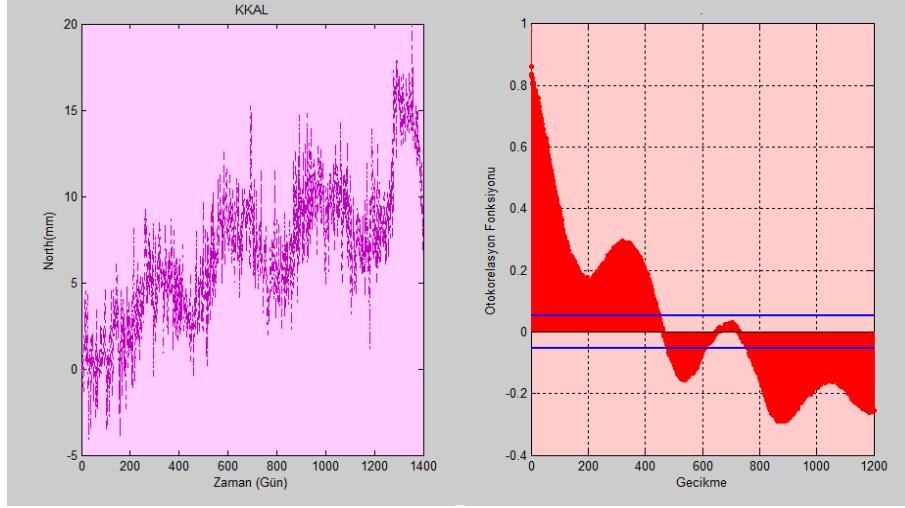
Şekil B.19. KIRS north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



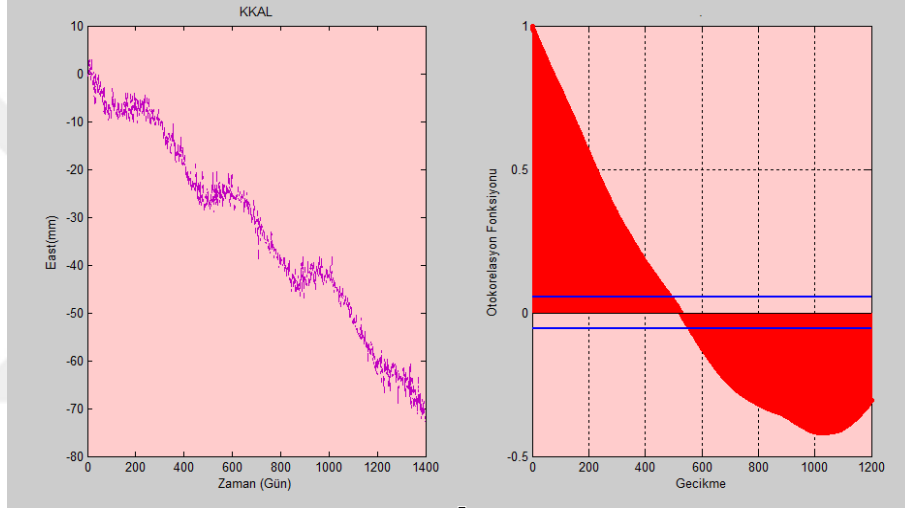
Şekil B.20. KIRS east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



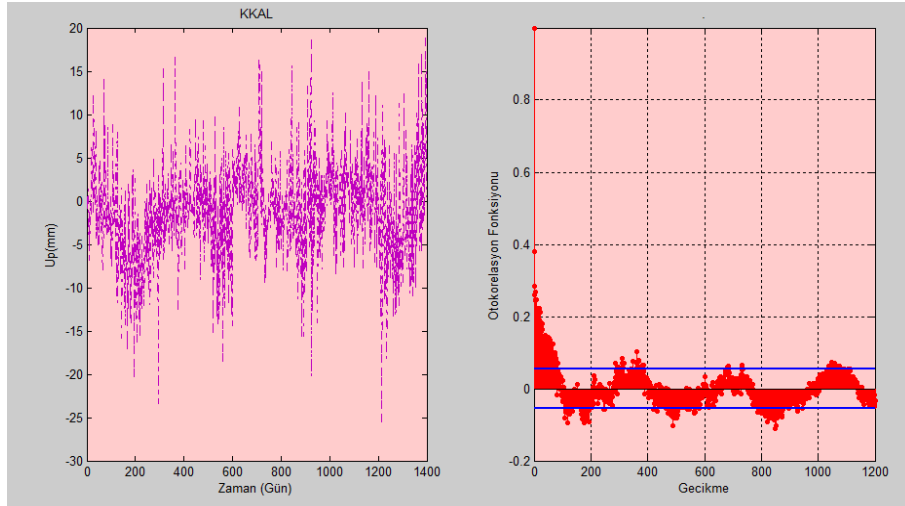
Şekil B.21. KIRS up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



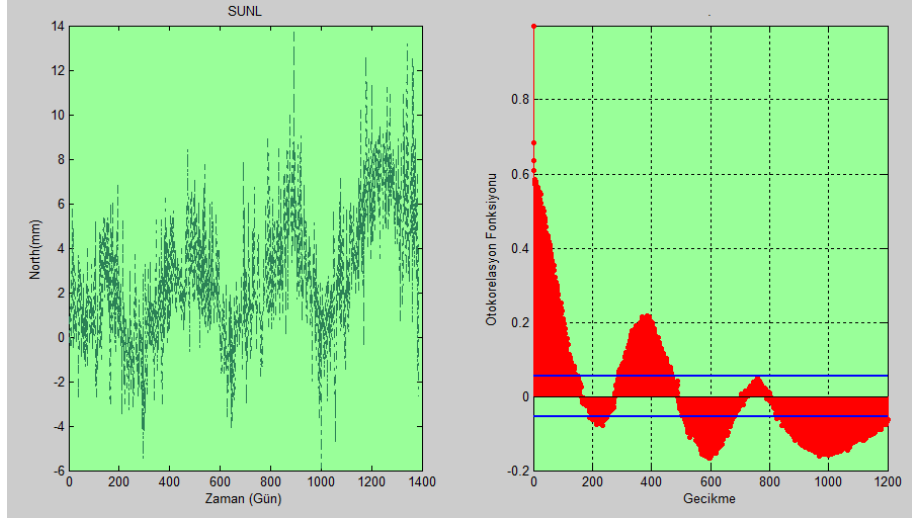
Şekil B.22. KKAL north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



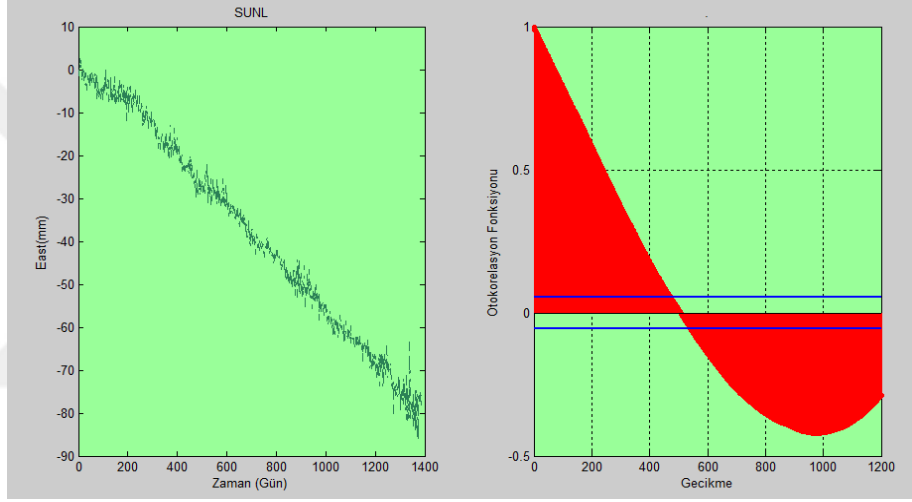
Şekil B.23. KKAL east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



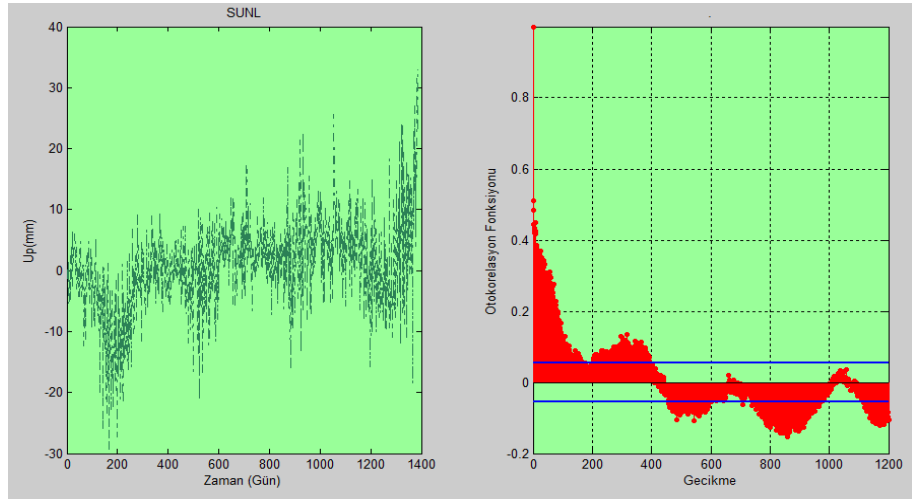
Şekil B.24. KKAL up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



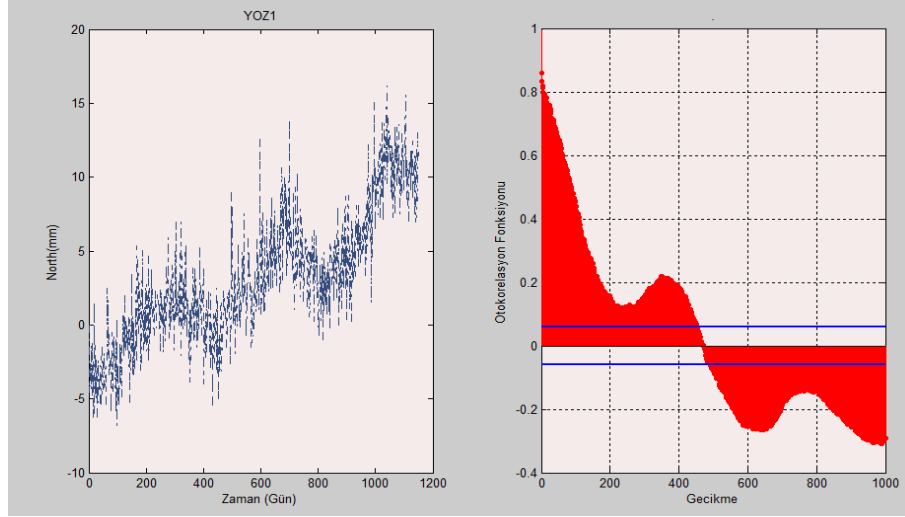
Şekil B.25. SUNL north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



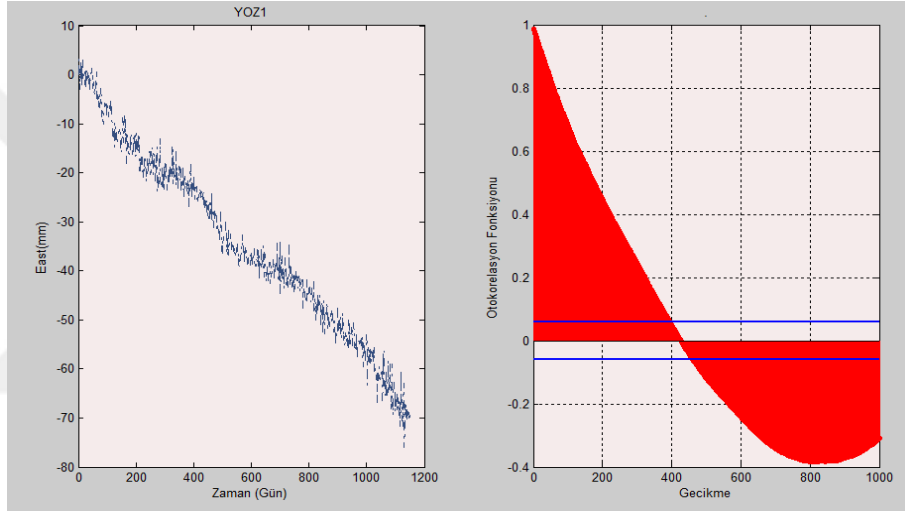
Şekil B.26. SUNL east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



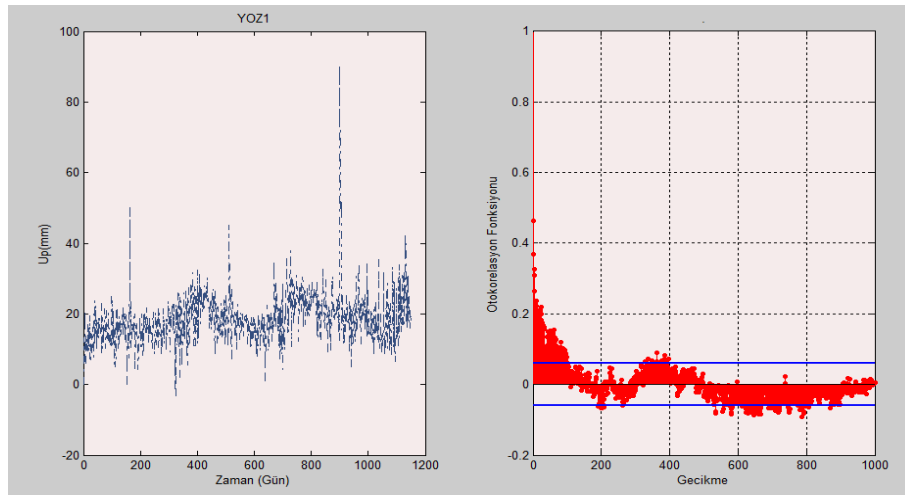
Şekil B.27. SUNL up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



Şekil B.28. YOZ1 north koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



Şekil B.29. YOZ1 east koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.



Şekil B.30. YOZ1 up koordinatları otokorelasyon fonksiyonu.

ÖZGEÇMİŞ

Ad ve Soyadı :Ayşegül Türkü GÜÇLÜ

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans :Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği 2013-2017

Yüksek Lisans :Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 2018-2021

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Harita Mühendisi/ Lisanslı Harita Bürosu, Aksaray, 06.2015-09.2015
2. Harita Mühendisi/ Doruk Harita İmar Mad. Jeoloji Ulş. San. Tic. Ltd. Şti., Aksaray, 10.2017-01.2019

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

Güçlü A. T., Erdoğan. H. ve Oktar, O., 2020. Kırıkkale ve Çevresi GNSS İstasyonları Davranışlarının Tanımlanması, Uluslararası 4. Çukurova Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 21-23 Şubat 2020, Adana.