T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GNSS ZAMAN SERİLERİNDE STOKASTİK SÜRECİN TANIMLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeliha ÖZBİZ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162306408 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Zeliha ÖZBİZ** tarafından hazırlanan **"GNSS ZAMAN SERİLERİNDE STOKASTİK SÜRECİN TANIMLANMASI"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Harita Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Üye: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Kemal YURT
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 20/05/2019

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

.....

Doç.Dr. Mehmet Ali HINIS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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 orijinalliğini 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.

Zeliha ÖZBİZ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmama başladığım ilk günden itibaren kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana yol gösterici olan, her zaman büyük destek ve anlayış gösteren değerli hocam sayın Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, maddi ve manevi desteklerini bir an olsun üzerimden eksik etmeyen çok kıymetli anne ve babama, her zaman moral kaynağım olan biricik kardeşlerim Mustafa ÖZBİZ ve Bengisu ÖZBİZ'e en içten sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Zeliha ÖZBİZ

AKSARAY, 2019

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
ÇİZELGELER DİZİNİ xiii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 3
3. GENEL BİLGİLER 6
3.1 GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemleri) 6
3.2 Zaman Serilerinin Tanımı ve Özellikleri 7
3.2.1 Süreç özelliği 8
3.2.2 Durağan ve durağan olmama özellikleri 9
3.3 Regresyon Analizi 10
3.4 Zaman Serilerinin Bileşenleri ve Analizi 13
3.4.1 Trend bileşeni ve analizi 15
3.4.2 Periyodik bileşen ve analizi 17
3.5 Gürültü 18
3.5.1 Gürültü analizi ve modelleme 19
3.5.2 GNSS zaman serilerinin gürültü özellikleri 20
3.6 1/*f* Süreçler 23
3.6.1 Uzun ve kısa süreli bağımlılık 26
3.6.2 Fraktal boyut ve pürüzlülük 27
3.7 1/*f* Süreçlerdeki Modeller 27
3.7.1 Klasik Brown hareketi ve rasgele yürüyüş 27
3.7.2 Kesirli Brown hareketi 28
3.7.3 Kesirli Gauss gürültüsü 29
4. 1/*f* SÜREÇ ANALİZ YÖNTEMLERİ 32
4.1 Periyodogram Tabanlı Yöntem 32
4.2 Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntem 34
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 39
5.1 Çalışma Alanı ve Veriler 39
5.2 GNSS İstasyonları Zaman Serileri Analizi 41
5.2.1 Trend bileşeni analizi 43
5.2.2 Periyodik bileşen analizi 47
5.3 Gürültü Analizi 56
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 72
KAYNAKLAR 75
EKLER 80
EK A. İstasyonların ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 81
EK B. İstasyonların gürültü- zaman grafikleri. 93
EK C. İstasyonların güç izgesi–frekans grafikleri. 105
EK D. İstasyonların Periyodogram tabanlı yöntem ile parametre kestirim sonuçları. 117
EK E. İstasyonların Dalgacık Dönüşümü tabanlı yöntem ile parametre kestirim sonuçları. 135
ÖZGEÇMİŞ 153

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GNSS ZAMAN SERİLERİNDE STOKASTİK SÜRECİN TANIMLANMASI

Zeliha ÖZBİZ

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hediye Erdoğan

ÖZET

Bu çalışmada, GNSS istasyonları zaman serilerindeki gürültü tiplerinin belirlenmesi amacıyla Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarından; AKHR, AKSI, AKSR, ANRK, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KIRS, KLUU, NEVS ve NIGD istasyonlarının N (Kuzey), E (Doğu) ve U (Yükseklik) günlük koordinatları zaman serileri kullanılmıştır. Analiz için, GNSS zaman serileri içindeki uyuşumsuz ölçüler ve veri boşlukları giderilerek, seriler modellemeye hazır bir hale getirilmiştir. Serilere uygulanan bir lineer ve trigonometrik fonksiyon ile belirlenen trend (hız değerleri) ve periyodik bileşen etkileri serilerden giderildikten sonra gürültü verileri elde edilmiştir. İstatistiksel anlamda $1/f$ (renkli) gürültü süreci, parametre kestirimi için önerilen frekans bölgesi yöntemlerinden biri olan Periyodogram Tabanlı Yöntem ve Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntem ile incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda belirlenen gürültü bileşeni (renkli gürültü indeksi) değerlerine göre GNSS istasyonları zaman serilerinin beyaz gürültü ve kesirli spektral indisli gürültü içerdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: GNSS zaman serileri, Trend bileşeni, Periyodik bileşen, Periyodogram, Dalgacık dönüşümü, Renkli gürültü analizi.

Nisan, 2019; 153 sayfa

M.Sc. THESIS

IDENTIFICATION OF STOCHASTIC PROCESS IN GNSS TIME SERIES

Zeliha ÖZBİZ

Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geodesy

Supervisor: Prof. Dr. Hediye Erdoğan

ABSTRACT

In this study, determination of noise types in GNSS stations time series for the purpose of daily coordinates time series of N(North), E(East), and U(Up) of TUSAGA-Active (CORS-TR) stations as AKHR, AKSI, AKSR, ANRK, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KIRS, KLUU, NEVS ve NIGD were used. For analysis, the outlier measurements and data gaps in the GNSS time series were eliminated and the series were ready state for modeling. Noise data were obtained after removing the trend (velocity values) and periodic component effects determined by a linear and trigonometric function applied to the series. In statistical terms, $1/f$ (colored) noise process was investigated by one of the recommended frequency domain methods for the parameter estimation, Periodogram Based Method and Wavelet Transformation Based Method. Accordance with to the noise component (color noise index) values determined by these investigations, the time series of GNSS stations were found to contain white noise and power law noise.

Keywords: GNSS time series, Trend component, Periodic component, Periodogram, Wavelet transform, Colored noise analysis.

April, 2019; 153 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. TUSAGA ve T-Aktif istasyonları 7
Şekil 3.2. Gözlemlenmiş bir zaman serisi 14
Şekil 3.3. Ayrıştırılmış zaman serisi bileşenleri 14
Şekil 3.4. Gerçekleşmesi olası trendlerin gösterimleri. 16
Şekil 3.5. Gerçekleşmesi olası deterministik trendler (1 ve 3 numaralı) ile stokastik bir trendin (2 numaralı) örnek gösterimi 16
Şekil 3.6. Gürültü çeşitlerinin spektral indis eksenindeki konumları 22
Şekil 3.7. Koch eğrisi üretimindeki adımlar 24
Şekil 3.8. Sierpinski üçgeni üretimindeki adımlar 25
Şekil 3.9. (a) Bir boyutlu, (b) İki boyutlu Brown hareketleri. 28
Şekil 3.10. Değişik *H* değerleri için süreç gösterimleri (soldaki şekil fBm, sağdaki şekil fGn süreçleri göstermektedir) 31
Şekil 4.1. Bir fGn sinyalin periyodogram ile kestirim sonuçları. 34
Şekil 4.2. Yapay bir fBm sinyalinin dalgacık tabanı ile kestirimi. 38
Şekil 4.3. Yapay bir fGn sinyalinin dalgacık tabanı ile kestirimi 38
Şekil 5.1. GNSS istasyonlarının konumları. 40
Şekil 5.2. AKHR istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 42
Şekil 5.3. AKHR istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 43
Şekil 5.4. AKHR istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 43
Şekil 5.5. TUSAGA-Aktif nokta hızları (ITRF) 47
Şekil 5.6. AKHR istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 56
Şekil 5.7. AKHR istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 57
Şekil 5.8. AKHR istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 57
Şekil 5.9. AKHR istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 58
Şekil 5.10. AKHR istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 58
Şekil 5.11. AKHR istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 59
Şekil 5.12. AKHR istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 60
Şekil 5.13. AKHR istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 60
Şekil 5.14. AKHR istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 61
Şekil 5.15. AKHR istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 65
Şekil 5.16. AKHR istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 65
Şekil 5.17. AKHR istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 66
Şekil A.1. AKSI istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 81

Şekil A.2. AKSI istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 81
Şekil A.3. AKSI istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 81
Şekil A.4. AKSI istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 82
Şekil A.5. AKSI istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 82
Şekil A.6. AKSI istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 82
Şekil A.7. ANRK istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 83
Şekil A.8. ANRK istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 83
Şekil A.9. ANRK istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 83
Şekil A.10. BEYS istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 84
Şekil A.11. BEYS istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 84
Şekil A.12. BEYS istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 84
Şekil A.13. CIHA istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 85
Şekil A.14. CIHA istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 85
Şekil A.15. CIHA istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 85
Şekil A.16. HYMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 86
Şekil A.17. HYMN istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 86
Şekil A.18. HYMN istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 86
Şekil A.19. KAMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 87
Şekil A.20. KAMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 87
Şekil A.21. KAMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 87
Şekil A.22. KAPN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 88
Şekil A.23. KAPN istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 88
Şekil A.24. KAPN istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 88
Şekil A.25. KIRS istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 89

Şekil A.26. KIRS istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 89
Şekil A.27. KIRS istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 89
Şekil A.28. KLUU istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 90
Şekil A.29. KLUU istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 90
Şekil A.30. KLUU istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 90
Şekil A.31. NEVS istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 91
Şekil A.32. NEVS istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 91
Şekil A.33. NEVS istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 91
Şekil A.34. NIGD istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 92
Şekil A.35. NIGD istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 92
Şekil A.36. NIGD istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar. 92
Şekil B.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 93
Şekil B.2. AKSI istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 93
Şekil B.3. AKSI istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 93
Şekil B.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 94
Şekil B.5. AKSR istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 94
Şekil B.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 94
Şekil B.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 95
Şekil B 8. ANRK istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 95
Şekil B.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 95
Şekil B.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 96
Şekil B.11. BEYS istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 96
Şekil B.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 96
Şekil B.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 97
Şekil B.14. CIHA istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 97
Şekil B.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 97
Şekil B.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 98
Şekil B.17. HYMN istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 98
Şekil B.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 98
Şekil B.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 99
Şekil B.20. KAMN istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 99
Şekil B.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 99
Şekil B.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 100
Şekil B.23. KAPN istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 100
Şekil B.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 100
Şekil B.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 101
Şekil B.26. KIRS istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 101
Şekil B.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 101

Şekil B.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 102
Şekil B.29. KLUU istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 102
Şekil B.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 102
Şekil B.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 103
Şekil B.32. NEVS istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği. 103
Şekil B.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği. 103
Şekil B.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 104
Şekil B.35. NIGD istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 104
Şekil B.36. NIGD istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği. 104
Şekil C.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 105
Şekil C.2. AKSI istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 105
Şekil C.3. AKSI istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 105
Şekil C.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 106
Şekil C.5. AKSR istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 106
Şekil C.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 106
Şekil C.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 107
Şekil C.8. ANRK istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 107
Şekil C.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 107
Şekil C.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 108
Şekil C.11. BEYS istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 108
Şekil C.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 108
Şekil C.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 109
Şekil C.14. CIHA istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 109
Şekil C.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 109
Şekil C.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 110
Şekil C.17. HYMN istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 110
Şekil C.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 110
Şekil C.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 111
Şekil C.20. KAMN istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 111
Şekil C.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 111
Şekil C.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 112
Şekil C.23. KAPN istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 112
Şekil C.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 112
Şekil C.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 113
Şekil C.26. KIRS istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 113
Şekil C.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 113
Şekil C.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 114
Şekil C.29. KLUU istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 114
Şekil C.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 114
Şekil C.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 115
Şekil C.32. NEVS istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 115
Şekil C.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 115
Şekil C.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 116
Şekil C.35. NIGD istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 116
Şekil C.36. NIGD istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği. 116
Şekil D.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 117
Şekil D.2. AKSI istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 117

Şekil D.3. AKSI istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 118
Şekil D.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 118
Şekil D.5. AKSR istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 119
Şekil D.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 119
Şekil D.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 120
Şekil D.8. ANRK istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 120
Şekil D.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 121
Şekil D.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 121
Şekil D.11. BEYS istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 122
Şekil D.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 122
Şekil D.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 123
Şekil D.14. CIHA istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 123
Şekil D.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 124
Şekil D.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 124
Şekil D.17. HYMN istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 125
Şekil D.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 125
Şekil D.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 126
Şekil D.20. KAMN istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 126
Şekil D.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 127
Şekil D.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 127
Şekil D.23. KAPN istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 128
Şekil D.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 128
Şekil D.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 129
Şekil D.26. KIRS istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 129

Şekil D.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 130
Şekil D.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 130
Şekil D.29. KLUU istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 131
Şekil D.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 131
Şekil D.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 132
Şekil D.32. NEVS istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 132
Şekil D.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 133
Şekil D.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 133
Şekil D.35. NIGD istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 134
Şekil D.36. NIGD istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları. 134
Şekil E.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 135
Şekil E.2. AKSI istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 135
Şekil E.3. AKSI istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 136
Şekil E.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 136
Şekil E.5. AKSR istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 137
Şekil E.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 137
Şekil E.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 138
Şekil E.8. ANRK istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 138
Şekil E.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 139

Şekil E.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 139
Şekil E.11. BEYS istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 140
Şekil E.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 140
Şekil E.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 141
Şekil E.14. CIHA istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 141
Şekil E.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 142
Şekil E.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 142
Şekil E.17. HYMN istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 143
Şekil E.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 143
Şekil E.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 144
Şekil E.20. KAMN istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 144
Şekil E.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 145
Şekil E.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 145
Şekil E.23. KAPN istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 146
Şekil E.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 146
Şekil E.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 147

Şekil E.26. KIRS istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir). 147
Şekil E.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 148
Şekil E.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 148
Şekil E.29. KLUU istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 149
Şekil E.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 149
Şekil E.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 150
Şekil E.32. NEVS istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 150
Şekil E.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 151
Şekil E.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 151
Şekil E.35. NIGD istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 152
Şekil E.36. NIGD istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir)..... 152

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. GNSS İstasyonları ile ilgili genel bilgiler. 40
Çizelge 5.2. GNSS İstasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri, veri sayısı ve eksik veri yüzdelikleri. 41
Çizelge 5.3. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşenlerine ait lineer trend bileşeni modelleri, parametre testi ve hız değerleri. 45
Çizelge 5.4. GNSS İstasyonlarının doğu bileşenlerine ait lineer trend bileşeni modelleri, parametre testi ve hız değerleri. 45
Çizelge 5.5. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşenlerine ait lineer trend bileşeni modelleri, parametre testi ve hız değerleri. 46
Çizelge 5.6. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşenlerine ait periyodik bileşen frekansları ve test büyüklükleri. 49
Çizelge 5.7. GNSS İstasyonlarının doğu bileşenlerine ait periyodik bileşen frekansları ve test büyüklükleri. 50
Çizelge 5.8. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşenlerine ait periyodik bileşen frekansları ve test büyüklükleri. 51
Çizelge 5.9. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşenleri için trend ve periyodik modelleri. 53
Çizelge 5.10. GNSS İstasyonlarının doğu bileşenleri için trend ve periyodik modelleri. 54
Çizelge 5.11. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşenleri için trend ve periyodik modelleri. 55
Çizelge 5.12. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşeninin PTY ile kestirimi sonucu lineer fonksiyon katsayıları ve standart sapmaları. 62
Çizelge 5.13. GNSS İstasyonlarının doğu bileşeninin PTY ile kestirimi sonucu lineer fonksiyon katsayıları ve standart sapmaları. 62
Çizelge 5.14. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşeninin PTY ile kestirimi sonucu lineer fonksiyon katsayıları ve standart sapmaları. 63
Çizelge 5.15. GNSS İstasyonları kuzey bileşeninin DTY ile kestirilen yaklaşıklık katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri. 67
Çizelge 5.16. GNSS İstasyonları kuzey bileşeninin DTY ile kestirilen detay katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri. 67
Çizelge 5.17. GNSS İstasyonları doğu bileşeninin DTY ile kestirilen yaklaşıklık katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri. 68
Çizelge 5.18. GNSS İstasyonları doğu bileşeninin DTY ile kestirilen detay katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri. 68
Çizelge 5.19. GNSS İstasyonları yükseklik bileşeninin DTY ile kestirilen yaklaşıklık katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri. 69
Çizelge 5.20. GNSS İstasyonları yükseklik bileşeninin DTY ile kestirilen detay katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri. 69
Çizelge 5.21. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşeni için Dalgacık tabanı ve Periyodogram yöntemi kullanılarak kestirilen γ renkli gürültü indeksi değerleri. 70
Çizelge 5.22. GNSS İstasyonlarının doğu bileşeni için Dalgacık tabanı ve Periyodogram yöntemi kullanılarak kestirilen γ renkli gürültü indeksi değerleri. 71

Çizelge 5.23. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşeni için Dalgacık tabanı ve Periyodogram yöntemi kullanılarak kestirilen γ renkli gürültü indeksi değerleri. 71

1. GİRİŞ

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) teknikleri, son yirmi yılda yaşanan gelişmeler sayesinde, konum belirleme amacıyla yapılan uygulamaların yanında farklı birçok alanda da uygulanabilmektedir. Ülkemizde yaşanan intersismik ve postsismik deformasyonlar, yapılan periyodik GNSS gözlemleri sayesinde incelenebilirken, belli bölgelerde sürekli kabuk deformasyonlarının gözlemlenebilmesi için özel sGNSS ağları kurulmuştur. Kurulan bu ağdaki hız alanları ve yapılan zaman serileri analizi sonuçları, deformasyonlar ve sismik tehlike alanları hakkında bilgi vermektedir. Yüzey yer değiştirmeleri hesaplarının yapılmasında ve gerinim analizlerinde kullanılan jeodezik ölçü değerlerinden, jeofiziksel uygulamalarda da yararlanabilmek için, jeodezik parametrelerin yanı sıra bu parametreler için belirsizlik tespitleri de gerçekçi bir şekilde yapılmalıdır.

GNSS gözlemlerindeki gürültünün genel olarak beyaz (korelasyonsuz) gürültü olduğu varsayılmaktadır. Fakat yapılan araştırmalarda tamamen beyaz gürültü varsayımının, büyük ölçüde iyimser hız belirsizlikleri yorumlamalarına neden olduğu görülmüştür (Zhang vd. 1997; Mao vd. 1999). Beyaz gürültü etkisi sık aralıklarla ölçüler yapılıp ortalamalar alınarak çoğunlukla giderilebilmekteyken, özellikle rastgele yürüyüş tipi zaman-korelasyonlu gürültünün etkisi benzer ölçüde ortadan kaldırılamamaktadır (Blewitt ve Lavalle, 2002). Tespit edilen hız belirsizlikleri üzerinde varsayımı yapılan gürültü türünün etkisi fazladır. Yani belirsizliklerin gerçekçi bir şekilde tespit edilebilmesi için, zaman serilerine uygulanacak gürültü analizi büyük önem arz etmektedir. Bu sayede gürültünün kaynağıyla ilgili birtakım bilgilere ulaşılabilir.

GNSS konum kestirimleriyle elde edilen gürültülerin ortalama genlikleri, ağın şekline, jeodezik tesislerin tiplerine ve yararlanılan değerlendirme yazılımlarına göre farklılıklar gösterebilir. Her çeşit jeodezik verideki gürültü, zaman ölçütü genişledikçe çoğalır (Langbein ve Johnson, 1997). GNSS zaman serilerinin stokastik modelini tanımlamakta kullanılan gürültü kaynağının ve doğruluğunun tespit edilebilmesi, birçok çeşitli etkinin karışımı sebebiyle zor bir süreç teşkil etmektedir. Gürültü modelinin ve miktarlarının doğru belirlenmesi, kestirilen parametrelerin hatalarının gerçekçi bulunabilmesi bakımından önemlidir. Gürültü analizinin temel amacı, gürültünün tespiti yapıldıktan sonra mümkün olduğunca gürültünün neden

olduğu hata kaynaklarının belirlenmesi ve giderilmesidir. Gürültü parametrelerinin doğru anlaşılması, gürültünün kaynağının tespit edilebilmesi, veri hassasiyetinin ve doğruluğunun iyileştirilebilmesi açısından önemlidir. GNSS verilerinin gürültülerine ait zaman boyutlu barındırdığı bilgileri tespit etmek, bu veriler sayesinde hesaplanan parametrelere doğru ve gerçekçi yorumlamalar yapabilmek adına fazlasıyla önemli olacaktır (Nikolaidis, 2002).

Gürültü sinyallerinin iyileştirilmesi çalışmaları zamanla önemini arttırarak gelişen bir konudur. Çeşitli türlerdeki gürültülü sinyaller, yaşanan teknolojik gelişmelerle beraber geliştirilen metotlarla birlikte daha doğru ve uygun iyileşme sonuçları göstermektedir. Yapılan bazı çalışmalar, gürültülü sinyallerin durumunun iyileştirilmesi üzerine yoğunlaşırken; bazıları da bu sinyallerin parametrelerinin iyileştirilmesi üzerinde çeşitli araştırmalar yapmaktadır.

Bu tez çalışmasında, GNSS istasyonları zaman serilerindeki gürültü tiplerinin belirlenmesi, zaman serisinin iyileştirilmesi ve parametrelerinin hatalarının yüksek doğrulukta kestirilmesi amaçlanmıştır. Özellikle istatistiksel anlamda özbenzeşik $1/f$ gürültü süreci, parametre kestirimi için önerilen frekans bölgesi yöntemlerinden biri olan Periyodogram Tabanlı Yöntem ile Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntemle incelenecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Zaman serileri analizi bilimsel açıdan çok eski zamanlardan beri çalışmalar yapılan ve sürekli gelişmekte olan önemli bir süreçtir. 1664 yılında Newton yaptığı çalışmalar sonucunda fiziksel spektrum analiziyle, ışık sinyalini frekans bileşenlerine ayırmıştır. 1800 yılında ise Herschel bir ölçüm geliştirerek, güneş ışığını farklı bantlara ayıran Newton'un spektrum aracının yerini almıştır. 1930'lu yıllardan sonra Wiener, Cramer, Kolmogorov, Barlett ve Tukey zaman serileri analizi adına değerli çalışmalar yapmıştır (Brillinger, 2002).

GNSS verilerinin jeodezik sonuçları, özellikle tektonik çalışmalar için yüzey hızlarının ve yer değiştirmelerinin belirlenmesinde yaygın bir bilimsel uygulama alanına sahiptir. Yer yüzeyinin davranışlarının belirlenip modellenebilmesi ve doğruluk değerlendirmelerinin yapılabilmesi için oldukça büyük bir öneme sahip olan zaman serileri analizleriyle ilgili Türkiye'de ve Dünya'da yapılmış birçok farklı çalışmaya rastlanılabilir.

Ulusal literatürde yapılan çalışmalar;

- Simav vd., (2006) Avrupa Deniz Seviyesi Araştırma Altyapısı (ESEAS-RI) uygulama alanı içinde 3 adet GNSS istasyonun 2-5 yıl boyunca gözlenen zaman serilerinde EBOK yöntemi kullanılarak yapılan analizleri sonucunda, en uygun gürültü modelinin Beyaz Gürültü ve Kırpışma Gürültüsünün birleşimi (BG+KG) şeklinde olacağını vurgulamıştır.
- Baykut vd., (2006) çeşitli merkezlerden oluşan 20 adet GNSS istasyonun 5 yıllık zaman serileri verilerine, Dalgacık Dönüşümü tabanlı yöntem uygulanarak elde edilen sonuçlara göre modellemede BG+KG birleşimi en iyi model olarak belirlenmiştir.
- Kurt, (2009) çalışmasında Türkiye'de bulunan 5 adet GNSS istasyonunun 3-10 yıl boyunca gözlemlenmesiyle elde edilen zaman serileri, farklı gürültü modelleri ile test edildikten sonra bu istasyonlar için en uygun gürültü modelinin benzer şekilde BG+KG birleşimi olduğunu tespit etmiştir.
- Duman ve Şanlı, (2017) yaptıkları çalışmada Marmara Bölgesinde yer alan 4 adet GNSS istasyonunun 3-19 yıllık gözlem verilerine EBOK yöntemi ve HECTOR yazılımı kullanılarak elde ettikleri sonuçlara dayanarak zaman serilerini en iyi

temsil eden ve en elverişli gürültü modelinin, BG ve kesirli spektral indis gürültüsü biçiminde olacağını ifade etmiştir.

Uluslararası literatürde yapılan çalışmalar;

- Wyatt, (1982,1989), Langbein ve Johnson, (1995), Johnson ve Agnew, (2000) yaptıkları çalışmalarla sırasıyla sürekli gerilim-ölçer verisinde, iki renkli elektronik jeodezik ölçme cihazı verisinde ve 50 metrelik çok kısa baz uzunluğu olan GNSS verilerinde, rastgele yürüyüş gürültüsü olduğunu ortaya koymuş ve gürültünün yalnızca beyaz gürültü ile değil rastgele yürüyüş gürültüsü kombinasyonu sonucunda daha iyi karakterize edilebileceğini belirtmişlerdir.
- Zhang vd., (1997) Güney Kaliforniya ağındaki 10 adet sabit GNNS istasyonu verisini 19 ay boyunca incelemiş, EBOK ve Güç Spektrumu yöntemlerini uyguladıktan sonra elde edilen sonuçlara göre zaman serilerinin, beyaz gürültü ve kırpışma gürültüsünün birleşimi BG+KG veya $\kappa = -0.4$ indeks değerindeki kesirli bir gürültü bulundurduğu tespit edilmiş, böylelikle en uygun gürültü modelinin bu olduğu sonucuna varılmıştır.
- Mao vd., (1999) global olarak dağılan bir ağdaki 23 adet GNSS istasyonun 3 yıl boyunca gözlenen verilerine EBOK ve Güç Spektrumu yöntemlerinin uygulanmasıyla ulaşılan sonucun GNSS istasyonlarının verilerini en iyi temsil eden gürültü modelinin de beyaz gürültü ve kırpışma gürültüsü kombinasyonuyla BG+KG olabileceğini ifade etmişlerdir.
- Calais, (1999) Avrupa çalışma bölgesindeki 3 adet GNSS istasyonunun 2.5 yıllık verilerine ait zaman serilerine uygulanan EBOK ve Güç Spektrumu yöntemleriyle elde ettiğini sonuca göre yine benzer şekilde gürültü modelinin BG+KG birleşimi şeklinde olacağını belirtmiştir.
- Williams vd., (2004) çalışması da gürültü analizinin kullanımı ve sağladığı yarar açısından önem arz etmektedir. Global olarak dağılmış 400 adet GNSS istasyonun 2-10 yıl boyunca gözlenen zaman serileri analizinde jeodezik tesisin yetersiz sabitlenmesinden kaynaklı istasyonların önemli derecede Rasgele Yürüyüş Gürültüsü (RYG) içerdiği belirlenmiştir. Hatta bu etkileri en aza indirmek amacıyla Batı Amerika'ya kurulan 850 adet sGNSS istasyonunda derin tesis türü uygulanmıştır. EBOK yöntemi kullanarak yaptıkları bu çalışmayla beyaz gürültü ve kırpışma gürültüsü birleşimini uygun model olarak belirlemiş

ancak bölgesel ölçekte spektral indisin farklı etkiler sebebiyle daha değişken özellikler göstermesi ileri sürülerek en uygun gürültü modelinin, BG ve kesirli spektral indis gürültüsü olduğunu belirtmişlerdir.

- Langbein, (2008) yaptığı çalışmayla Kaliforniya ve Nevada'daki 236 adet sGNSS istasyonuna ait zaman serilerinde uygulamak üzere korelasyonlu gürültü modellerini yeniden değerlendirmiştir. Edindiği bilgiler ışığında zaman serilerinin yaklaşık yarısının ya KG ya da RYG ile diğer yarısının da ya KG, RYG ve kesirli spektral indis gürültüsü birleşimi ya da farklı karışık gürültü modelleri ile temsil edilebildiğini ortaya koymuştur.
- Santamaría-Gómez vd., (2011) ise global olarak dağılan bir ağdaki 275 adet sGNSS istasyonunun zaman serilerinde 27 farklı gürültü birleşimi modelini kullanarak korelasyonlu gürültünün, zaman serilerinin uzunluğuna ve periyoduna bağımlı olan KG ile temsil edilebildiğini öne sürmüştür.
- Bos vd., (2013) Avrupa çalışma bölgesindeki 13 adet GNSS istasyonun verilerini kullanarak yaptığı çalışmada zaman serilerinin hız ve duyarlılıklarının belirlenmesi için uygulanan EBOK yöntemiyle elde edilen verilerle tespit edilecek gürültü modeline HECTOR yazılımıyla ulaşılmıştır.
- Nistor ve Buda, (2016) Karayip Denizi bölgesinde 2 adet GNSS istasyonunu 7.5 yıl boyunca gözlemleyerek oluşturulan zaman serilerine gürültü analizi uygulamış ve gürültü modelinin, en iyi BG ve kesirli spektral indisli gürültü birleşimi ile olabileceğini ifade etmiştir.

3. GENEL BİLGİLER

3.1 GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemleri)

Konum belirlemede kullanılan sabit GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemleri) teknolojisi, ülke savunması ve kalkınması amacıyla, coğrafi bilgi üretimi ve bunların değerlendirme çalışmaları için gerekli hassas konum verilerinin daha hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak belirlenmesini sağlayan, her çeşit navigasyon, araç izleme ve ulaşım alanlarına gerçekçi konum belirleyebilen, hücresel dönüşüm parametreleri tespiti ile tüm haritaları ve harita bilgisini oluşturan kurumların bu konuyla ilgili temel problemlerini çözebilen ve çözmeye de devam eden bir sistemdir. Ülkemiz yoğun fay hatları üzerinde bulunduğundan yüksek deprem bölgesi alanlarına sahiptir. Artık tektonik (plaka) hareketleri sabit GNSS (sGNSS) istasyonları sayesinde son derecede duyarlı ve devamlı olarak izlenebilmektedir. Ayrıca mühendislik yapılarının takip edilmesinde ve meydana gelebilecek deformasyonların hızının ve miktarlarının tespit edilebilmesine yardımcı olmaktadır. Bu ve bunun gibi amaçlar doğrultusunda kullanılmak üzere sGNSS istasyonları konum değişim bilgilerinin belirli zaman aralıklarında (günlük, aylık vs.) zamana bağlı olarak tespit edilebilmesini, değerlendirilebilmesini ve analizinin yapılmasını gerekli kılmıştır (Oktar ve Erdoğan, 2016).

Türkiye'de sabit GNSS istasyonları ile bir ağ oluşturma çalışmaları 1991 yılında kurulan Ankara (ANKR) istasyonu ile başlamıştır. Harita Genel Komutanlığınca yürütülen Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı (TUSAGA) Projesi boyutunda günümüze kadar birçok sabit GNSS istasyonu kurulmuştur. Diğer taraftan, Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif), 70-90 km istasyonlar arası uzaklıkla homojen dağılımlı, Gerçek Zamanlı Kinematik Ağ (GZK) prensibiyle çalışan 146 adet sabit GNSS istasyonu kurulmuştur. 146 istasyon ile benzeri olmayan bir zamansal ve mekânsal çözünürlük sağlanmaktadır. Harita Genel Komutanlığı, TUSAGA-Aktif verilerinin analizlerinin yapılması sayesinde Türkiye için tespit edilmiş hız alanına katkı vermektedir (Cingöz vd., 2013).



Şekil 3.1. TUSAGA ve T-Aktif istasyonları (Kurt, 2017).

Bütün TUSAGA-Aktif istasyonlarından toplanan günlük GNSS verisi, Harita Genel Komutanlığında değerlendirilir. Bu veriler kullanılarak koordinat zaman serileri elde edilir. Levha tektoniği, yer kabuğu ve diğer etkenler sebebiyle ortaya çıkabilen deformasyonları ve bunların neden olduğu yer değiştirmelerini tespit etmek amacıyla oluşturulan zaman serileri incelenerek gerekli hesaplamalar yapılmaktadır.

3.2 Zaman Serilerinin Tanımı ve Özellikleri

Zamanın istenilen herhangi bir noktasında değişken hakkında bir fikir edinebilmek için belirli bir zaman aralığında gözlemler yapılarak elde edilen veriler zaman serisi olarak tanımlanmaktadır. Gözlemlenen verilerin zaman içinde ardışık bir şekilde ortaya çıkması gerekmemekle birlikte düzenli zaman aralıklarında serinin gelişimini takip ediyor olması yapılan analizlerle doğru sonuçlara ulaşılması için önemli olmaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2005).

Zaman serilerinden faydalanarak araştırmalar yapmak için çalışılmak istenen bilimsel alan ve konuya göre bir bağımsız değişken belirlenir. Birçok farklı alanda zamana bağımlı olarak ölçümler yapılarak zaman serileri oluşturulmaktadır. Bu alanlara ırmak debisi, 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).

3.2.1 Süreç özelliği

Genel olarak süreçler zaman içinde farklılık gösterebilen bir tür fiziksel olaylar bütünü gibi tanımlanabilir ve tespiti için belirli zaman aralıklarında ölçüler yapılır. Bu süreçler genellikle zaman serileridir ve bu zaman serilerinin içerdiği özellikler matematiksel olarak analiz edilerek sürecin fiziksel davranışları gözlemlenir.

Süreçler sürekli ve ayrık süreçler olarak ikiye ayrılırlar. Genelde tüm süreçler kesintisiz yani sürekli olurken, veri tespitinde uygulanan yöntem nedeniyle sürekli süreçler ayrık örneklemlere dönüşmektedir. Örneğin; deniz yüzeyi değişimlerini eş zamanlı olmak üzere kayıt altına alan bir analog sistem sürekli olarak tanımlanır. Ama bu sistemle elde edilen sonuçlar dönüştürülerek sayısal bilgilere ulaşıldığında ise süreç ayrık olarak ortaya çıkmaktadır (Kara, 2009). Zaman serileri de çoğunlukla ayrık bilgiler üzerine yoğunlaşarak çalışmalar yapmaktadır. Süreçler birde deterministik ve rastgele (stokastik) olarak ayrılırlar. Yapılan analizler sonucunda bir sürecin, hangi ölçüde deterministik veya hangi ölçüde stokastik olduğu konusunda kesin bir kanıya varılamaz. Genellikle deterministik kısım hakkında tahminler yapılabilirken stokastik kısım ise tahmin edilemeyen kısım olarak değerlendirilir.

Rastgele büyüklükler, bir değişkene (sıcaklık, basınç, nem, tektonik hareketler vs.) göre farklılıklar gösterebilir. Rastgele büyüklüklerin bağımlı değişkene göre gösterdiği farklılıklarla bir fonksiyon tanımlanır ve buna rastgele fonksiyon veya rastgele (stokastik) süreç denir (Kara, 2009). Stokastik süreçler, belirli bir gözlem sonucunda elde edilen veriler yardımıyla hesaplandıktan sonra gözlem defalarca tekrarlanarak farklı sonuçlar üretilmeye çalışılır. Yani burada temel amaç, gözlenen serinin içerisinde yer alan bilgilerden faydalanarak stokastik sürecin özellikleri hakkında birtakım çıkarımlarda bulunabilmektir. Yapılan analizlerdeki ilk adım genel olarak belirli özet istatistikleri belirleyip formüle etmektir. Stokastik süreçlere örnek olarak atmosferin herhangi bir noktasında sıcaklığın zamana bağlı olarak değişimi; mevsimsel yaşanan değişimlerin bir sGNSS noktası koordinatları üzerindeki etkisi verilebilir (Kara, 2009).

3.2.2 Durağan ve durağan olmama özellikleri

Stokastik sürecin iki farklı şekilde gerçekleşmesi tahmin edilemeyen bir durumdur. Bir sürecin tek bir gerçekleşmesine ise örnek kayıt adı verilir. Bütün bu gerçekleşmeler sonucunda ise stokastik süreçler ortaya çıkmaktadır. Stokastik süreçte tüm örnekler birbirlerine göre değişik bir değer alırlar (Kara, 2009).

Stokastik süreç, zamana bağlı olarak değişimine göre durağan ve durağan olmayan süreçler olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Bir sürecin gösterdiği özellikler istatistiksel olarak değişkenden bağımsız ise durağandır. Şöyle ki bir sürecin bütün gerçekleşmelerindeki istatistiki momentleri (ortalama ve varyans değerleri), bütün değerlerde aynı yani zaman içerisinde değişkenlik göstermiyorsa ve eğer seri düzenli periyodik değişmeler içermiyorsa, bu süreç durağan olarak adlandırılmaktadır. Durağan süreçlerde iki dönem arasındaki belirlenmiş kovaryans, bu kovaryansın tespit edildiği döneme değil sadece bu iki dönem arasındaki uzaklığa bağlıdır. Böyle süreçlerin aksine özellikler içeren süreçlere de durağan olmayan süreçler denilmektedir.

Gözlenen bir zaman serisi y_t ve $t = 1,2,\ldots,T$ olmak üzere stokastik bir sürecin tanımlanması için momentleri oluşturulur diğer bir deyişle değişkenin ortalama (birinci moment), varyans (ikinci moment) ve otokovaryans fonksiyonları hesaplanarak momentlerin tanımlaması yapılır. y_t değişkeni için ortalama ve varyans sırasıyla;

$$\mu_t = E(y_t) \tag{3.1}$$

$$\sigma_t^2 = var(y_t) = E\left(y_t - \mu_t\right)^2 \tag{3.2}$$

şeklinde hesaplanırken $t_1,\ldots,t_n$ herhangi bir veri seti için $y_{t1},\ldots,y_{tn}$ birleşik olasılık dağılımında y_{t1} ve y_{t2} arasındaki otokovaryansı ise,

$$cov(y_{t1}, y_{t2}) = E\left[\left(y_{t1} - \mu_{t1}\right)\left(y_{t2} - \mu_{t2}\right)\right] \tag{3.3}$$

şeklinde yazılabilir (Yiğit, 2010). Stokastik süreçlerin tespit edilmesinde birçok küme ortalamalarına ihtiyaç olmasına karşın, bu işlemin pahalı ve aynı zamanda karmaşık olmasından kaynaklı uygulamanın olabildiğince az sayıda gözlemle gerçekleştirilmesine özen gösterilir.

Bir stokastik süreç, durağan olmayan süreç özelliği gösteriyorsa bu zaman serisine ait geçmiş ve gelecek zaman bölümlerinin basit matematiksel bir modelle oluşturulması oldukça zor bir işlemdir. Bu serilerin analizinin ve tahminlerinin yapılabilmesi için seri, öncelikle etkisinde kaldığı bileşenlerden arındırılarak durağan hale getirilmelidir. Zaman serisi zaten durağan bir süreç özelliği taşıyorsa seriye ait geçmiş verilerden tahminler yürütülerek oluşturulacak sabit katsayılı bir denklem ile modellenmiş olacaktır. Sonuç olarak durağanlık, zaman serilerindeki en önemli kavramlardan biridir.

3.3 Regresyon Analizi

Regresyon analizi değişkenler arasında bulunan ilişkiyi en iyi gösteren matematiksel modeli tespit etmek ve modelin yeterlilik düzeyini araştırmak için farklı bilim alanlarında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Günel, 2003).

Genellikle polinom biçiminde olan bir regresyon modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$y(t) = a + b_1 x(t) + b_2 x^2(t) + \cdots + b_{nb} x^{nb} + \varepsilon(t) \qquad (3.4)$$

Burada y(t) bağımlı değişken vektörü (tepki büyüklüğü), x bağımsız değişken vektörü (etki büyüklüğü), a, b_1 ve b_2 bilinmeyen parametre vektörü, ε hata değişkeni vektörü olup, ortalaması sıfır ($E(\varepsilon)=0$) ve varyansı ($\text{var}(\varepsilon)=\sigma^2$) sabittir.

Regresyon analizlerinde ilk önce gözlem noktalarının koordinat eksenindeki dağılımlarının gösterildiği grafikler oluşturulur ve incelenir. Burada amaç, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi temsil edecek modelin nasıl olacağı ve modeli ne yönde etkileyeceği hakkında herhangi bir bilgiye sahip olmaktır. Tespit edilen modelden yararlanılarak yapılacak olan olası tahminlerin beklenen değerleri yansıtabilmesi ise kullanılan veri grubu hangi model için uyarsa, modelinde o yönde

belirlenmesine bağlıdır. Birde belirlenen bu modelin daha sonraki aşamalarda ek testlerden geçirilmesi gerekir (Erdoğan, 2006).

- Regresyon analizi parametrelerinin kestirimi ve test edilmesi

Bir modele ait parametrelerin kestiriminde En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) en çok kullanılan yöntemlerden biridir. En Küçük Kareler Yöntemi uygulanarak belirlenen bir regresyonun, istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının test edilmesi için modeldeki parametrelerin ayrı ayrı test edilmesi gerekir. Buna göre (3.4) eşitliğinde verilen bir regresyon modelinin vektör olarak ifadesi (3.5) eşitliğindeki gibi yazılabilir.

$$x^T = [a\ \ b_1\ \ b_2 \dots\ b_{nb}] \tag{3.5}$$

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

Yapılan ölçülerin beklenen değerleri ise,

$$E\big(y(t)\big) = A.x \tag{3.6}$$

eşitliği ile ifade edilirken bu beklenen değerlerin kestirim değerleri ise (3.7) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$\bar{y}(t) = A.x \tag{3.7}$$

En Küçük Kareler Yöntemine göre modele ait x^T bilinmeyen parametrelerinin kestirimi için, bu parametrelerin doğrusal fonksiyonları olan ölçülerin E(y(t)) beklenen değerlerinin y(t) ölçü değerleri ile $\bar{y}(t)$ kestirim değerleri arasındaki farklarının karesel toplamının minimum olması öngörümü yapılmaktadır. Burada bağımlı değişkenin gerçek değerleri yani ölçü değerleri ile modelden tahmin edilen değerleri yani kestirim değerleri arasındaki farka ε(t) "prediksiyon hatası" denilmektedir. Bu hataların karesel toplamının minimum olması ile modelin parametreleri kestirilmektedir. Prediksiyon hatası düzeltme değerleri olarak da göze alınmaktadır (Ljung 1999). Prediksiyon hatasında, "$\varepsilon(t) = y(t) - \bar{y}(t)$" ve

"$\varepsilon(t)^{T}\varepsilon(t) = \min$" olması koşulu ile x'in En Küçük Kareler tahmin edicisi ve ağırlık katsayılar matrisi (3.8) eşitliğinde verilmiştir.

$$\bar{x} = (A^T A)^{-1}\left(A^T y(t)\right) \tag{3.8}$$

$$Q_{xx} = (A^T A)^{-1}$$

Birim ağırlıklı bir ölçünün standart sapması ise f =N (ölçü sayısı)-u(bilinmeyen parametre sayısı) serbestlik derecesine göre,

$$m_o = \sqrt{\frac{\varepsilon_{(t)}^T \varepsilon_{(t)}}{f}} \tag{3.9}$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Tanımlamalarda ise

$$J_N = \frac{\sum_{t=1}^{N} \varepsilon_{(t)}^2}{N} \tag{3.10}$$

eşitliği kayıp fonksiyon olarak ifade edilmekte ve sistemin modellenemeyen rasgele kesiminin büyüklüğünü yansıtmaktadır. Bir parametrenin standart sapması ise (3.11) eşitliği ile belirlenmektedir.

$$m_x = m_o\sqrt{Q_{xx}} \tag{3.11}$$

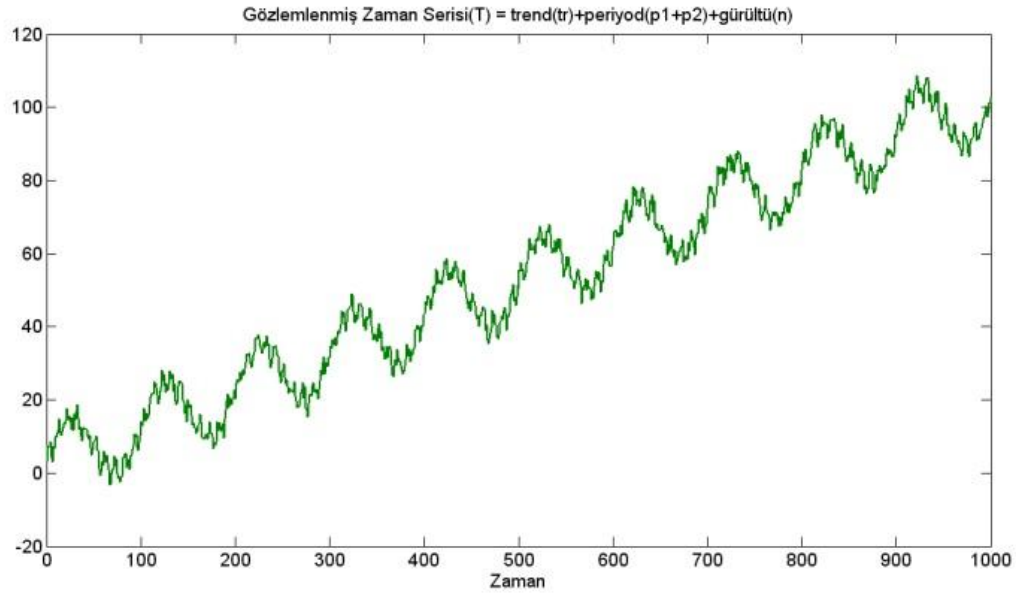
Genellikle öngörülen polinomun derecesi ilk başta olabildiği kadar küçük seçilir ve parametreleri istatistiksel açıdan anlamsız çıkıncaya kadar polinomun derecesi artırılır. (3.8) eşitliği ile hesaplanan x^T bilinmeyen parametrelerin anlamlı olup olmadıklarının test edilmesi amacıyla kurulan sıfır hipotezinde her bir parametre değerinin "0" olduğu öne sürülmektedir. Yani sıfır hipotezinde (H_0) $a = b_1 = b_2 = b_{nb} = 0$'dır. (3.12)'da verilen eşitlikle belirlenecek test büyüklüğü (parametre/parametrenin standart sapması) serbestlik derecesi $f = n - u$ ve anlamlılık düzeyi %5 için t-dağılımının güven sınırı $t_{f,1-\alpha/2}$ ile karşılaştırılmalıdır.

$$\hat{t} = \frac{x}{m_x} \tag{3.12}$$

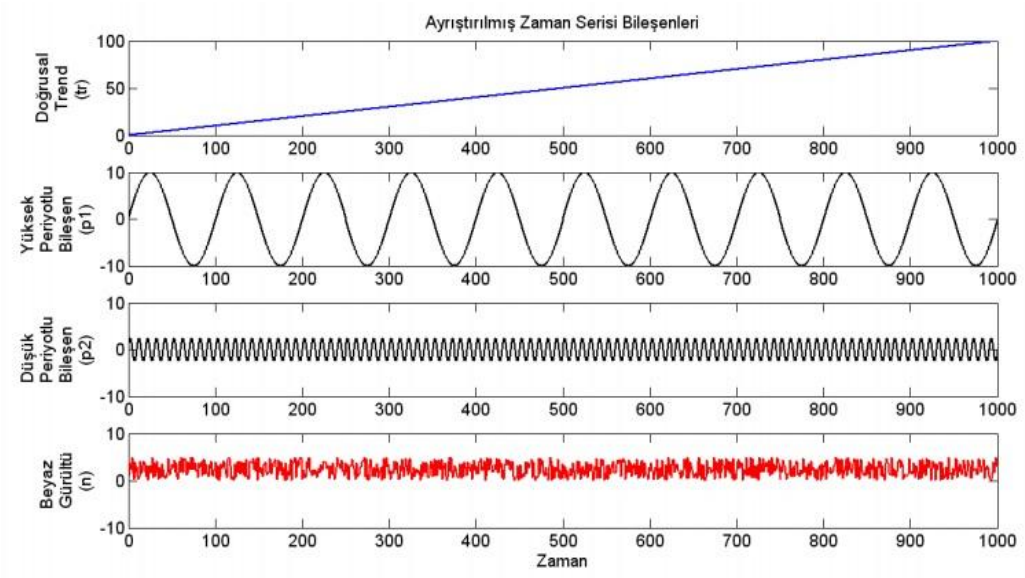
Eğer $\hat{t} > t_{f,1-\alpha/2}$ ise polinom parametrelerinin beklenen değerden sapmaları anlamlı olacaktır bu durumda polinomun derecesi parametrelerin beklenen değerden sapmaları anlamsız olana kadar artırılmalıdır. Yapılan analizler ve testler sonucunda seçilen modelin değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren en doğru model olduğu anlamını taşımamaktadır. Belirlenen model, en iyi model olmasa bile elde edilen regresyon ve parametrelerin önemi büyüktür (Erdoğan, 2006).

3.4 Zaman Serilerinin Bileşenleri ve Analizi

Zaman serileri analizinde, serinin iki veya daha fazla farklı zaman noktalarına ait yapılan gözlemlerle zaman içindeki davranışını, aralarında bulunan fonksiyonel ilişkileri ve bağımlılıkları incelenmektedir. Bir zaman serisinin gözlenen değerleri genel olarak trend bileşeni, periyodik bileşen ve stokastik bileşen olmak üzere üç bileşenden oluşur. Belirtilen bu bileşenler ile zaman serileri arasındaki ilişkinin içeriği açığa çıkarılmadan seriler direkt olarak bir anlam ifade etmezler. Bu bakımdan öncelikle zaman serilerini oluşturan bileşenler belirlenmeli ve serilerin hangi bileşenlerden etkilendiği tespit edilmelidir. Şekil 3.2'de gözlemlenmiş zaman serisine ait bir örnek verilmiştir. Şekil 3.3 ise bu zaman serisinin trend, periyodik (sinyal) ve stokastik (rastgele gürültü) bileşenlerine ayrıştırılmış halini göstermektedir.



Şekil 3.2. Gözlemlenmiş bir zaman serisi (Yiğit, 2010).



Şekil 3.3. Ayrıştırılmış zaman serisi bileşenleri (Yiğit, 2010).

Genellikle t_i (i=1,2,3,…,N) zamanlarında GNSS istasyonlarında yapılan ölçümlere ait bir $Y(t_i)$ zaman serisinin bileşenlerinin toplamsal modeli (3.13) eşitliğindeki gibi gösterilir.

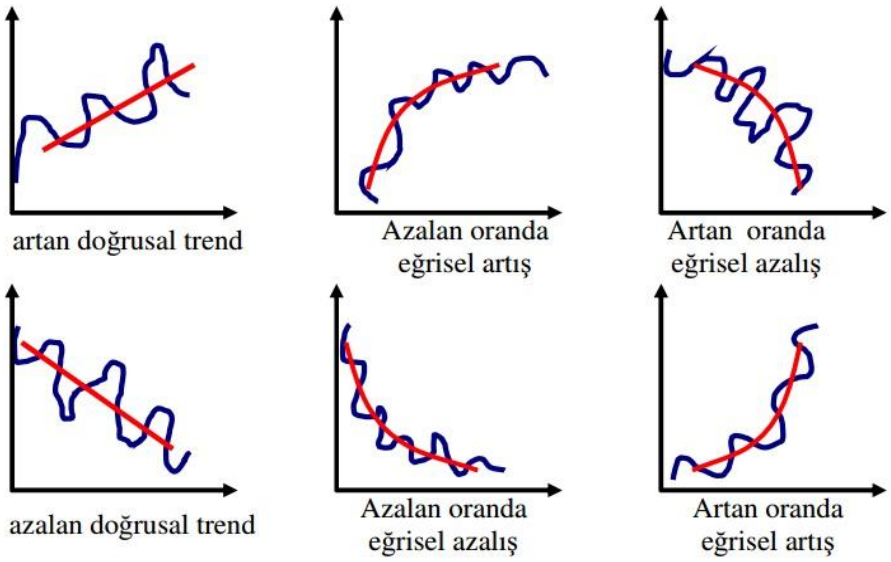
$$Y(t_i) = T(t_i)_{Trend} + P(t_i)_{Periyodik} + v(t_i)_{Stokastik} \tag{3.13}$$

Sabit GNSS istasyonları kabuk hareketleri, yer altı su kaynaklarının hareketi, gel-git, güneş lekeleri değişimi ve referans sistemi hataları gibi çeşitli nedenlerden kaynaklı olarak gösterdikleri davranış şekli (lineer, periyodik vb.) ve büyüklükleri ile bu istasyonlarda zamana bağlı olarak yapılan ölçülere ait zaman serilerinin hem zaman bölgesine hem de frekans bölgesine yapılacak olan analizler ile tespit edilerek yorumlanabilir (Gülal vd., 2013). Zaman bölgesinde yapılan analizler zamanın farklı noktalarına ait gözlemlerindeki ilişkiler üzerinde dururken, frekans bölgesindeki analizlerle periyodik hareketler izlenmektedir. Her iki bölgede de yapılan analizler, birbirlerini tamamlayan bir özellik gösterirken zaman serisinin yapısı hakkında değişik bilgiler sunabilmektedir.

Zaman serileri analizlerinin temel amacı eldeki verilerden matematiksel bir model oluşturularak serinin yapısını ve özelliklerini açıklamaktır. Analizlerde, ilk önce elde edilen veriler zaman eksenli grafiklere dökülerek verilerin zamana göre değişimleri ve eğilimi konusunda bir fikir edinildikten sonra değişkene ait uygun bir matematiksel model uydurulur. Serideki uyuşumsuz değerler tespit edilip bu olağan dışı ölçüler seriden ayrıştırılır ve seri hakkında genel olarak bir yorum yapılır. Daha sonra seriye ait trend, periyodik ve stokastik bileşenleri belirlenir. Gözlenen değerlere ait parametreler regresyon analiziyle kestirilir ve her parametre için ayrı ayrı grafikler oluşturularak serinin özellikleri hakkında kurulan model doğrultusunda değerlendirmeleri yapılır.

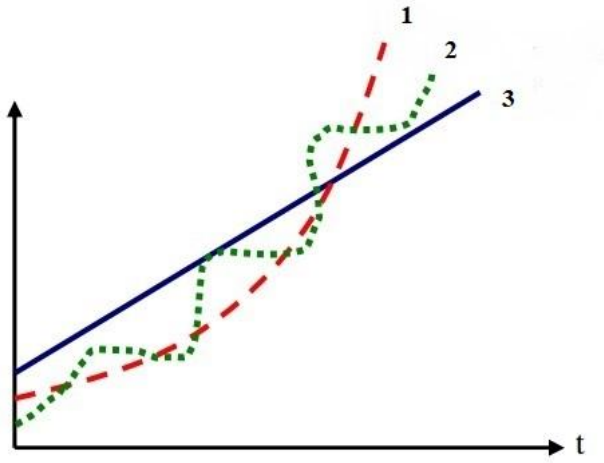
3.4.1 Trend bileşeni ve analizi

Trend, zaman serilerinin belirli bir yönde gösterdikleri eğilim olarak karşımıza çıkmakta ve serinin uzun zamandaki hareketini gösteren bir bileşendir. Trend etkisi altındaki bir seri, ilerleyen zaman boyunca artan ya da azalan bir görüntü oluşturabilir. Zamanın artan ya da azalan bir fonksiyonu olan trendler zamana göre eğrisel veya doğrusal olarak farklı şekillerde ortaya çıkabilir (Özek, 2010).



Şekil 3.4. Gerçekleşmesi olası trendlerin gösterimleri (Yiğit, 2010).

Bir trend zaman serilerinde sürekli artış ya da azalış gösteriyorsa bu deterministik trend, belli bir zamanda genel olarak eğilimi artış gösterirken aralarda düşüşler görülüyorsa bu da stokastik trend olmak üzere iki farklı şekilde ortaya çıkabilmektedir.



Şekil 3.5. Gerçekleşmesi olası deterministik trendler (1 ve 3 numaralı) ile stokastik bir trendin (2 numaralı) örnek gösterimi (Yiğit, 2010).

Zaman serilerindeki trend bileşeni polinom şeklinde tanımlanacak olursa,

$$T(t_i)_{Trend} = \sum_{k=1}^{m} c_k {t_i}^{k-1} \tag{3.14}$$

şeklinde gösterilebilir. Burada c_k, ($k=1,2,\ldots,m$) fonksiyonun derecesine bağlı parametrelerdir. GNSS istasyonları uygulamalarında $m=2$ olarak seçilerek, istasyonların lineer olarak artan veya azalan yöndeki değişimleri yani hızları tanımlanmaktadır.

Bir zaman serisinin trend bileşeni içerdiği belirlendikten sonra bu bileşenin seriden giderilmesi, En Küçük Kareler Yöntemi uygulanarak yapılır. Bu yöntemle zamana bağlı olarak uydurulacak bir doğru $(\mathrm{Y(t)} = at + b)$ denklemi ile oluşturulmaktadır. Elde edilen bu denklemdeki parametrelerin katsayıları ise Bölüm 3.3'de anlatılan regresyon analizi ile kestirilip değerlendirilmektedir.

3.4.2 Periyodik bileşen ve analizi

Zaman serilerinde düzenli olarak tekrar eden değişimler periyodik bileşen olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyanın kendi ve güneş ekseni etrafında dönmesi sebebiyle bir yıldan daha kısa süreli peryotlarda gözlemlenmiş verilerde belirli aralıklarda periyodik bileşen söz konusu olmaktadır. Günlük olarak gözlemlenen verilerden oluşturulan bir zaman serisinin muhtemel periyodik bileşenleri Fourier yaklaşımı ile gösterilmektedir (Salas vd., 1980).

Bir serideki periyodik bileşen, bilinen f_s (s=1,2,…,p) frekansları ve $P(t_i)$ ölçülerine bağlı olacak şekilde eşitlik (3.15)'de verilen trigonometrik fonksiyon aracılığıyla modellenebilmektedir.

$$P(t_i)_{Periyodik} = \sum_{s=1}^{p}[a_s \sin(2\pi f_s t_i) + b_s \cos(2\pi f_s t_i)] \qquad (3.15)$$

(3.14) ve (3.15) eşitlikleri, (3.13) eşitliğinde yerine konulursa $Y(t_i)$ zaman serisi (3.16) eşitliğindeki gibi ifade edilebilir.

$$Y(t_i) = \sum_{k=1}^{m} c_k {t_i}^{k-1} + \sum_{s=1}^{p}[a_s\, sin(2\pi f_s t_i) + b_s\, cos(2\pi f_s t_i)] + v(t_i)_{Stokastik} \qquad (3.16)$$

(3.16) eşitliğindeki bilinmeyen trend bileşeni parametreleri c_k ile periyodik bileşen parametreleri a_s, b_s ve bu parametrelere ait kovaryans matrisleri En Küçük Kareler Yöntemine göre kestirildikten sonra parametrelere ait standart sapmalar hesaplanmaktadır. Elde edilen c_k, a_s ve b_s parametreleri ve bu parametrelerin standart

sapmaları olan m_{ck}, m_{as} ve m_{bs} değerleri ile (3.17)'de eşitlik yardımıyla her bir parametreye ait test büyüklükleri hesaplanmaktadır.

$$\hat{t}_{ck} = \frac{c_k}{m_{ck}};\ \ \hat{t}_{as} = \frac{a_s}{m_{as}};\ \ \hat{t}_{bs} = \frac{b_s}{m_{bs}} \tag{3.17}$$

Bu test büyüklüklerinin öngörülen $1-\alpha$ güven düzeyi ve f serbestlik derecesine bağlı olan t-dağılımının $t_{f,1-\alpha/2}$ güven sınırı ile karşılaştırılmaları yapılır. Buna göre,

$$|\hat{t}_{ck}|;|\ \hat{t}_{as}|;|\hat{t}_{bs}| < t_{f,1-\alpha/2} \tag{3.18}$$

ise parametreler anlamsız,

$$|\hat{t}_{ck}|;|\ \hat{t}_{as}|;|\hat{t}_{bs}| > t_{f,1-\alpha/2} \tag{3.19}$$

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

GNSS zaman serilerinde çeşitli etkilerden kaynaklanan günlük, yıllık ve mevsimsel olarak karşımıza çıkabilen periyodik sinyallerin yapılan analizlerde hesaba katılmaması durumunda yer değiştirme miktarlarının tespit edilebilmesinde birtakım hataların çıkabileceği ve bunun sonucunda yapılan çalışmalar hakkında yanlış kanılara varılabileceği ifade edilmiştir (Blewitt ve Lavallée 2002; Şanlı 2002).

3.5 Gürültü

Sinyal işleme çalışmalarında gözlemlenen verilerin, bazı nedenlerden kaynaklı olarak eksilmesi veya bozulması nedeniyle veri istenmeyen bileşenler içerebilmekte ve bu bileşenlere "gürültü" adı verilmektedir. Başka bir deyişle gürültü, ölçüler yapılırken farklı faktörlerin etkisine maruz kaldığında veride istenmeyen rasgele salınımlar (değişimler) şeklinde ortaya çıkmaktadır. Gürültüleri kaynağına göre ya da güç izgesi özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Kaynağına göre gürültülere; elektromanyetik gürültü, sinyal işleme gürültüsü, akustik gürültü vs. gibi örnekler verilebilirken sinyallerin güç izgelerindeki farklılıklarına göre sınıflandırılan

gürültülere; frekans bandında eşit genliklere sahip ve düz izgeli rasgele gürültü olan beyaz gürültü ile güç izgeleri düz özellik göstermeyen ve geniş bantlı gürültü türü olan renkli gürültü ($1/f$ gürültü) örnek olarak verilebilir.

Sonar/radar sistemleri, sensör dizinleri, kontrol sistemleri, haberleşme, müzik/ses ve görüntü işleme ve jeofizik uygulamaları gibi birçok farklı alanda verilerin gürültüden (bozucu bileşenden) arındırılması yani sinyal-gürültü oranının (SNR) yükseltilmesi için uzun yıllar boyunca çalışılmış ve çok sayıda yöntem ortaya konmuştur (Baykut, 2012). Fakat bazen de gözlemlenen veri, rasgele süreç (stokastik süreç) olarak karşımıza çıkmakla birlikte verinin kendisi gürültü şeklinde yorumlanabilmektedir. Gürültüler de bir sistemin yapısı ve barındırdığı nitelikler ile ilgili bilgiler içerebilmesi açısından bir sinyal olarak değerlendirilebilmektedir (Vaseghi, 2000). Bu sinyaller yapılacak olan çalışmalarda göz ardı edilmeyip sinyal yapısını anlayabilmek ve içerdikleri bilgiler keşfedildikten sonra doğru yorumlamalara katkılarda bulunabilmek adına rasgele özellikleri nedeniyle istatistiksel olarak açıklanabilen gürültü sinyallerinin uygun bir şekilde modelleme ve analizleri yapılarak anlamlı verilere dönüştürülür.

3.5.1 Gürültü analizi ve modelleme

Gürültü analizleri çalışmalarında esas amaç gürültünün tespiti yapıldıktan sonra neden olduğu hataları olabildiğince düzeltmek veya azaltmaktır. Gürültü bileşeni parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gürültü kaynağı ve veri hassasiyeti açısından oldukça önemlidir. Bunun için zaman serilerini işleme olanağına sahip ve doğru bir şekilde belirlenecek stokastik bir model oluşturulur ve aynı zamanda bu model gelecekte ortaya çıkabilecek hata kaynakları için de önceden tedbir alınabilmesine imkân sağlayabilir. Dolayısıyla gürültü analizleri,

- Yapılan parametre kestirimleri ve hesaplamalarla daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi,
- Belirlenen stokastik modelin sinyal kaynaklarının tespitinde faydalı olması,
- Stokastik modelle gözlenen veri hakkında daha kesin bilgiler elde edilerek olası tahminlerin yapılması ve gerekli tedbirlerin alınması,
- Kötü performansa sahip olan istasyon noktalarının tespit edilmesi,

- Zaman serileri ile gürültü bileşenlerinin sınıflandırılması açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir.

Bir GNSS verisine ait gürültünün zamana bağlı olarak gösterdiği özelliklerini tespit etmek, bu verilerle hesaplanacak parametreler için daha doğru ve gerçekçi yorumlamalarda bulunmak adına önemli olmaktadır. Tektonik plaka hareketleri ile ilgili çalışmalarda yapılan ölçülerle aynı zamanda yerin üzerinde bulunan jeodezik tesislerdeki hareket belirlenmiş olur. Tesislerde zamanla ortaya çıkan bu yapay hareket çok sayıdaki jeodezik ölçüde önemli hatalara sebebiyet vermektedir. TUSAGA-Aktif/CORS-TR sisteminde ise çoğu istasyon kamu binalarının terasına ve çatılarına konumlandırılmış böylelikle işletme kolaylığı oluşturulmuştur. Ayrıca bu şekilde hem arazideki kullanıcılara anında hızlı ve yüksek doğrulukta konum bilgisi sağlanırken hem de istasyonlara ait zaman serilerinde, jeodezik tesislerin neden olduğu gürültünün belirlenmesinin değerini göstermektedir. Zaman-korelasyonlu gürültü kaynaklarına örnek olarak referans çerçevesi etkileri, anten faz merkezi etkilerinin hatalı modellenmesi, uydu yörüngelerinin hatalı modellenmesi, yanlış veya eksik modellenen atmosferik etkiler verilebilir. Varsayımı yapılan gürültü türünün, hız belirsizlikleri üzerindeki etkileri fazladır. Bu belirsizliklerin gerçeğe uygun bir şekilde tespit edilebilmesi amacıyla zaman serilerine uygulanacak gürültü analizi büyük bir öneme sahiptir. Çünkü bu sayede gürültünün kaynağı hakkında önemli ipuçlarına ulaşılabilmektedir (Özdemir, 2016).

3.5.2 GNSS zaman serilerinin gürültü özellikleri

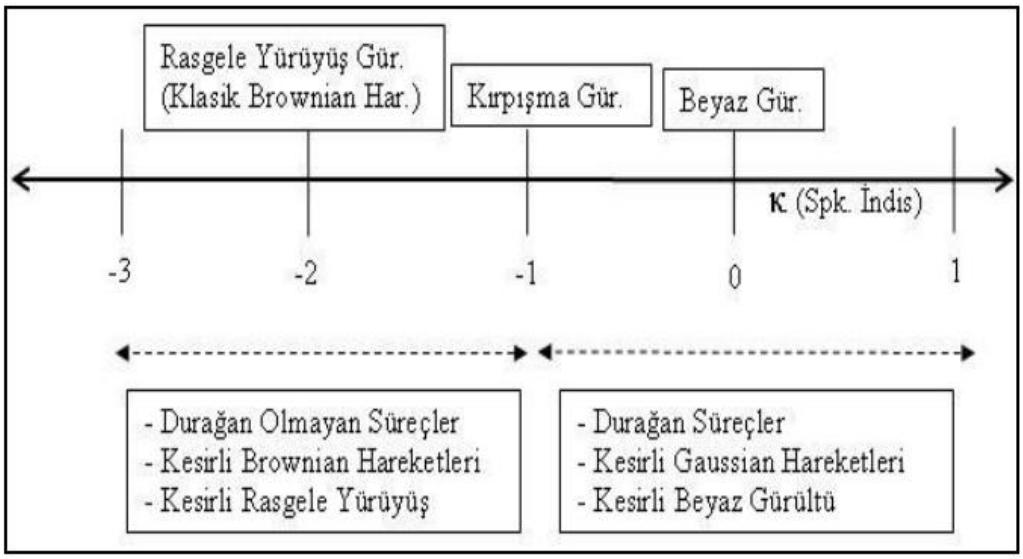
Jeodezik ölçülerden yararlanılarak yüzey deformasyonlarının tespit edilmesi gibi yapılan bazı jeofiziksel uygulamalarda serilere ait bileşenlerin kestirilen parametrelerinin doğru tahminlerinin yapılmasının yanı sıra bu parametrelere ait hatalarında tahminlerinin doğru yapılması gerekmektedir (Mao vd., 1999). GNSS hataları da çoğu jeofiziksel olayda görüldüğü gibi "Güç Yasası" (Power Law) süreciyle açıklanabilmektedirler (Agnew, 1992).

$$P_x(f) = P_o \left(\frac{f}{fo}\right)^{\kappa} \tag{3.20}$$

Burada *f* frekansı, P_o, f_o normalizasyon sabitlerini, κ ise spektral indeks değerini (güç spektrumunun log-log eksenli grafiklerindeki eğimini) göstermektedir.

GNSS verilerine ait kestirimler gürültünün ortalama genliğine, kurulan ağın şekline, jeodezik tesislerin tipine ve uygulanan değerlendirme yazılımlarına göre farklılıklar oluşturur. Tüm farklı jeodezik verilere ait gürültüler, zaman periyodu genişledikçe artmaktadırlar (Langbein ve Johnson, 1997) ve genel olarak (3.20)'deki eşitlikle verilen güç yasasına uymaktadırlar (Williams vd., 2004).

Yaşamın bir getirisi olarak yaşanan doğa olaylarının sonucunda ortaya çıkan süreçlerde düşük frekans bölgelerindeki gürültü oranı, yüksek frekanslara oranla daha fazla görülür. Zaman serilerine ait gürültülerin spektral indis ekseni üzerindeki konumları Şekil 3.6'daki gibi gösterilebilir. Verilen şekilde de görüldüğü üzere $-3 < \kappa < -1$ spektral indis aralığında bulunan durağan olmayan süreçler "Kesirli Brownian Hareketleri" olarak isimlendirilirken, belirtilen bu aralıkta κ = -2 özel spektral indisine sahip bir süreç olan klasik Brownian hareketi (rastgele yürüyüş) yer almaktadır. $-1 < \kappa < 1$ aralığında bulunan durağan süreçler ise "Kesirli Gaussian Hareketleri" şeklinde isimlendirilmekte ve bu aralık κ = 0 özel spektral indis değerindeki beyaz gürültüyü içermektedir. κ = -1 özel spektral indisi değerindeki kırpışma gürültüsüne sahip süreçler ise genellikle, güneş lekeleri değişimi, yerin kendi ekseni üzerindeki düzensiz durumları, yer altı suları ve atomik saatlerle ölçülen zamanlara ait hataları barındıran geniş içerikli etkin süreçlerin bünyesinde gözlenmektedirler (Mandelbrot, 1983).



Şekil 3.6. Gürültü çeşitlerinin spektral indis eksenindeki konumları (Kurt, 2009).

Bu konuda çeşitli araştırmalar ve gözlemler yapan Zhang vd. (1997), Langbein ve Johnson (1997), Mao vd. (1999), Williams vd. (2004), Amiri-Simkooei vd. (2007) ve Santamaría-Gómez vd. (2011) tarafından ulaşılan sonuçlarda GNSS zaman serilerinin zaman ölçeğinden bağımsız olan beyaz gürültü (BG) ile zamana bağımlı tam sayı spektral indisli kırpışma (KG) ve rastgele yürüyüş gürültüsü (RYG) içerdiğine dikkat çekmişlerdir. Günlük olarak elde edilen GNSS zaman serileri analizleri daha yüksek frekanslı verilerden oluşurken Beyaz+Kırpışma gürültüsü birleşimiyle ifade edilmektedir (Nikolaidis, 2002). Williams vd. (2004) ise global olarak oluşturulan ağlardan daha çok bölgesel olan ağlardaki gürültü karakteristiklerinin değişimler gösterebileceğinin üzerinde durmuşlardır.

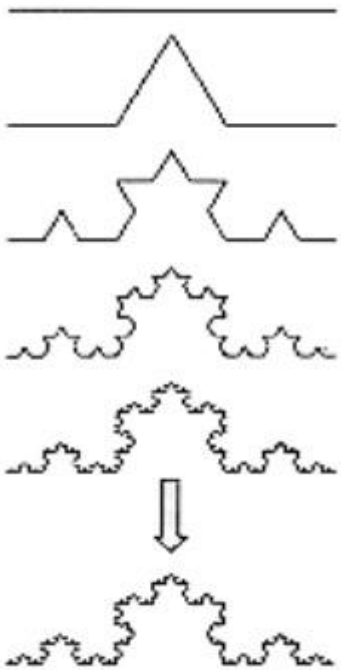
3.6 1/*f* Süreçler

Fraktal bir yapıya sahip olan 1/*f* süreçler diğer bir ifadeyle güç yasası ilişkisi süreçlerinin, zamana bağlı istatistiksel özelliklerinde öteleme ile değişmeler olurken ölçekleme ile bir değişme göstermeyen özbenzeşimli süreçlerdir. Özbenzeşimli süreçlerin gösterdikleri durağan özellikler uzun süreli bağımlılık sergileyebilmektedir. İlk bakışta oldukça karmaşık ve düzensiz halde bulunan ve klasik Euclid geometrisi[1] ile gösterilemeyen fraktal yapıdaki 1/*f* süreçler, doğal yaşamda ya da yapay yani insan ürünü olan yapılarda olmak üzere farklı alanlarda karşımıza çıkabilmektedir. Bunlara ise DNA çiftlerinin dizilimi, kalp atışı ritminin değişkenlikleri, sualtı ortam gürültüleri, elektromanyetik sinyaller, jeofizik ve jeodezik çalışmaları, trafik seyrindeki değişkenlikler ve borsa endeksleri gibi çok sayıda örnek verilebilir.

1/*f* süreçler, özbenzeşikliğin doğal bir getirisi olan karakteristik ölçek içermemekle birlikte gözlemlenen bir sürecin ölçeklenmiş küçük bir parçası ölçekten bağımsız olarak ve aynı istatistiksel davranışları içererek sürecin tümünde ortaya çıkmaktadır. Özbenzeşimlilik kavramının daha iyi anlaşılabilmesi adına bu kavram birtakım geometrik şekil aracılığıyla gösterilmek istenirse, elde edilen bu geometrik şekle ait bir parça büyütülerek incelendiğinde, şeklin bütününe ait özelliklerin aynısı gözlemleniyor ise o zaman bu şekil bir özbenzeşimli şekildir denir. Özbenzeşimlilik doğada hazır halde bulunan ağaç dalları, kar taneleri, nehir kıvrımları ve eğrelti otları gibi pek çok yerde karşımıza çıkabilmekteyken bu özbenzeşimli süreçler veya şekiller insanlar tarafından yapay olarak da elde edilebilirler. Bu şekillerin elde edilmesi ise belirli bir kural dâhilinde olmaktadır. Bu bağlamda oluşturulan bu şekillere "belirli (deterministic) özbenzeşimli" şekiller adı verilmektedir. Koch eğrisi, Sprinsky contası, Cantor kümesi gibi şekiller ise gerekirci özbenzeşik sinyallere örnek gösterilebilir. Şekillerin üretilmesiyle ilgili izlenilmesi gereken bu kurallar aşağıda daha ayrıntılı anlatılıp örneklerle gösterilmiştir.

[1] Euclid geometrisi ile bir denklemin çözümü, denklemi sağlayan bileşenlerin kümelerinin seçilen bir çember, parabol, elips vb. şekillerle biçimlenerek, belirli bir büyüklük ve orana sahip basit matematiksel formüllerle gösterilebilir.

Koch eğrisinin üretilmesi için ilk önce bir doğru parçası üç parçaya bölünür ve bunlardan ortadaki parça, eldeki doğru ile iki eşit açı oluşturmasına dikkat edilerek yukarı kaldırılarak birleştirilir ve üçgen biçiminde bir geometrik şekil oluşturulur. Daha sonra aynı işlem yanındaki diğer doğru parçalarına uygulanır ve bunları izleyen adımlarda bu işlem her doğru parçasına tekrar tekrar uygulanır. Böylelikle belirli özbenzeşimli bir şekle sahip Koch eğrisi üretilmiş olur.



Şekil 3.7. Koch eğrisi üretimindeki adımlar (Bektaş, 2007).

Sierpinski üçgeninin üretilmesinde adından da anlaşıldığı üzere öncelikle büyük bir ana üçgen seçilir ve üçgenin kenarlarının orta noktaları belirlenir ve bu noktalar birleştirilerek büyük üçgen içinde, daha küçük bir üçgen oluşturularak şeklin ortasından ayrılır. Sonraki adımda ise aynı işlem geriye kalan üçgen parçalarına uygulanır ve bunları izleyen adımlarda bu işlem tekrar tekrar uygulanarak belirli özbenzeşimli bir şekle sahip Sierpinski üçgeni üretilmektedir.



Şekil 3.8. Sierpinski üçgeni üretimindeki adımlar (Bektaş, 2007).

Özbenzeşimli süreçler (3.21)'de verilen eşitlikteki ölçekleme yapısına sahiptirler (Wornell, 1995).

$$x(t)^p = c^{-H}x(ct) \tag{3.21}$$

Bu eşitlikte verilen 'p' istatistiksel davranış (statistical sense) olmakla birlikte istatistiksel açıdan eşdeğerliliği temsil etmekte, *c* herhangi bir pozitif gerçel sayı, *H* ise Hurst parametresi (özbenzeşim parametresi) olup $0 < H < 1$ aralığında değerler alır. Bu eşitlikten de görüldüğü üzere $x(t)$ süreci ile $c^{-H}x(ct)$ süreci olasılık yoğunluk fonksiyonları bakımından özdeştir.

Özbenzeşik bir süreçte gerçekleştirilecek olan ölçeklemenin ifadesi ise sürecin ortalaması $\mu_x(t)$ ve özdeğişintisi $R_{xx}(t_1, t_2)$ ve *E*[.] beklenen değer ifadeleri ile aşağıda verilen eşitliklerle gösterilebilir (Baykut, 2012):

$$\mu_x(t) = E[x(t)] = c^{-H}\mu_x(ct) \tag{3.22}$$

$$R_{xx}(t_1, t_2) = E[x(t_1)x(t_2)] = c^{-2H}R_{xx}(ct_1, ct_2) \tag{3.23}$$

1/*f* süreçler özbenzeşimli süreç özellikleri gösterdiklerinden güç izge yoğunlukları, birkaç on kat (decade) süresince $|\omega|^{-\gamma}$ ile orantılı olacak şekilde güç yasası ilişkisini sağlarlar. Güç izgeleri eşitlik (3.24) ile ifade edilebilen rasgele süreçlere ise "1/*f* gürültü" denilmektedir.

$$S_x(\omega) \sim \frac{\sigma_x^2}{|\omega|^\gamma} \tag{3.24}$$

Burada $S_x(\omega)$, $x(t)$ sürecinin güç izgesini, ω açısal frekansı, γ sabit gerçel bir sayı olan izgesel üstel parametresini ve σ_x^2 ise sürecin değişintisini göstermektedir (Wornell, 1995; Baykut, 2004). Verilen bu bağıntıya "Güç Yasası İlişkisi" de denir. Bağıntıdan da anlaşılacağı üzere güç, frekans ile ters orantılı olarak değişim gösterdiğinden bu süreçler "$1/f$" adını almışlardır (Wornell, 1995).

(3.24)'te belirtilen güç izge davranışı, frekans bölgesinin tüm alanlarında değil belli bir frekans bandında izlenmektedir. Bu bandın alt sınırları sinyalin boyu, üst sınırları ise verilerin çözünürlüğüyle ilişkilidir (Wornell, 1993).

3.6.1 Uzun ve kısa süreli bağımlılık

Bir sürecin uzun veya kısa süreli bağımlılık özelliklerinden hangisini gösterdiğinin tespit edilebilmesi, bu sürece ait özilişki fonksiyonunun oluşturduğu sonuca (yavaş veya hızlı düşüş) açıklık getirilmesiyle gerçekleştirilir. (3.22)'te verilen eşitlikteki güç izgesinin Fourier dönüşüm çifti sıfır değerinden büyük ($\gamma > 0$) ve tamsayı olmayan γ değerlerinde aşağıdaki gibi olmaktadır (Wornell, 1993):

$$\frac{|\tau|^{\gamma-1}}{2\Gamma(\gamma)\cos(\gamma\pi/2)} \longleftrightarrow \frac{1}{|f|^{\gamma}} \tag{3.25}$$

Burada $\Gamma(.)$ standart gama işlevi, τ ise aralık olmak üzere, görüldüğü gibi sürecin özilişki işlevi güç yasası ilişkisine uymaktadır. Özilişki işlevi $R_x(\tau)$, $\tau \rightarrow \infty$ olmak üzere:

$$R_x(\tau) \sim |\tau|^{\gamma-1} \tag{3.26}$$

biçimindeki güç yasası ilişkisini sağlayan bir $\{x(t), t \in \Re\}$ rasgele süreçte γ izgesel üstel parametresi $0 < \gamma < 1$ aralığında ise süreç "uzun süreli bağımlı", $-1 < \gamma < 0$ aralığında ise süreç "kısa süreli bağımlı" olarak tanımlanmaktadır (Beran, 1994). Aralık (τ) değeri artma gösterdikçe özilişki fonksiyonun değeri, yavaş bir şekilde düşme gösteriyorsa bu sürecin uzun süreli bağımlı, hızlı düşüş gösteriyorsa bu da sürecin kısa süreli bağımlı olduğunu ifade eder (Baykut, 2012).

3.6.2 Fraktal boyut ve pürüzlülük

Klasik Euclid geometrisiyle açıklanamayacak kadar düzensiz bir halde bulunan süreçleri ifade edebilmek amacıyla Mandelbrot (1975) tarafından bir fraktal yapısı geliştirilmiştir. Genel olarak rasgele süreçlerde özbenzeşik fraktalın topolojik boyutları kesirli değerler alır ve bu dinamik boyutlar "fraktal boyut (D) (Hausdorff Besicovitch)" olarak isimlendirilir. Yani fraktal boyut bir sürecin (ya da işlevin) düzensizliğinin ve pürüzlülüğünün bir ölçütü olmakta ve matematiksel olarak farklı şekillerle gösterilebilmektedir. $1/f$ süreçlerde fraktal boyut (D) ile Hurst parametresi (H) arasında aşağıdaki gibi bir ilişki bulunmaktadır (Wornell, 1995):

$$D = \mathrm{E} + 1 - H \tag{3.27}$$

Buradaki E Euclid boyutu olmak üzere H ile D ters orantılıdır ve D büyüdükçe pürüzlülük artan bir özellik gösterir. Eğer D'nin değeri küçük olursa H parametresi büyük olacağından buradan elde edilecek sinyal grafiklerinde yüksek frekans bölgelerindeki gücün, düşük frekans bölgelerindeki güce kıyasla az olmasından kaynaklı daha yumuşak geçişler gözlenir. Eğer D büyük bir değer olursa tam ters H parametresi küçük olacağından bu durum ise karmaşıklığın ve pürüzlülüğün artmasına neden olacaktır.

3.7 $1/f$ Süreçlerdeki Modeller

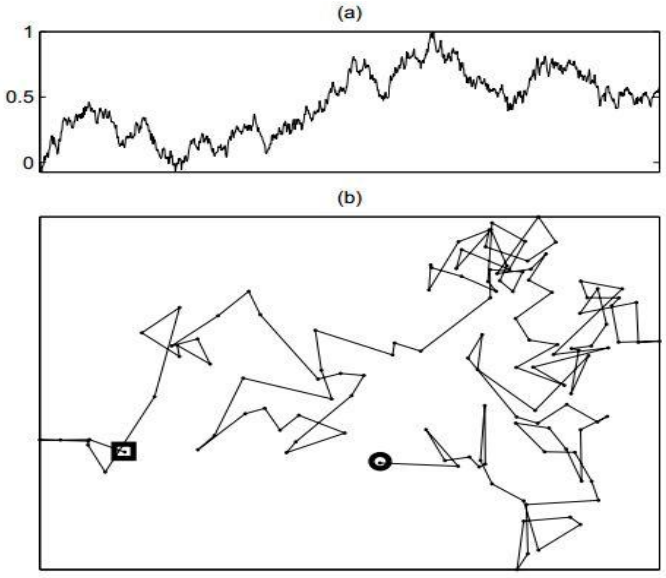
$1/f$ süreçlerin modellenmesi için kullanılan modellere kesirli Gauss gürültüleri ve kesirli Brown hareketi modellerinin yanında ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) ve FARIMA (Fractional Autoregressive Integrated Moving Average) gibi süreç modelleri de örnek olarak verilebilir. Bu tez çalışmasında $1/f$ süreç modellerinden klasik Brown hareketi ve rasgele yürüyüş ile kesirli Gauss gürültüsü ve kesirli Brown hareketine değinilecektir.

3.7.1 Klasik Brown hareketi ve rasgele yürüyüş

Klasik Brown hareketi (devinimi), ilk kez 1820'li yıllarda bitki polenlerinin düzensiz hareketleri ile ilgili araştırmalar yapan bitki bilimci Robert Brown tarafından ortaya atılmış ve kendisi modele adını da vermiştir. Bu model ile içinde belirsizlik

barındıran süreçleri modellemek mümkündür. Klasik Brown hareketi (Brownian motion - Bm) sıfır ortalamalı, Gauss dağılımlı, sürekli zamanlı olan süreçten oluşur (Baykut ve Akgül, 2004). Klasik Brown hareketlerinde başka bir deyişle Wiener süreçlerinde gözlenen süreç rasgele ve süreklilik özelliği taşımalarına rağmen herhangi bir zaman noktasında türevi bulunmamaktadır. Bu süreçler daha iyi irdelendiğinde ise özbenzeşik fraktal yapıları açıkça görülebilmektedir.

Rasgele Yürüyüş ise Brown hareketinin ayrık bir zamanda özdeşiğine eşit olan ve ayrık bir istatistiksel süreçtir. Bu süreçlerde, 0 noktası başlangıç olarak belirlenip üretilmeye başlanır ve her aşamada bir önceki değerine Gauss dağılımı olan rasgele bir değerin eklenmesiyle devam ettirilir. Rasgele yürüyüş ve Brown hareketi çok sayıda alanda veri modellemesinde uygulanmaktayken çoğu doğal sürecin modellenme çalışmalarında ise yetersiz kalmaktadır bu sebeptendir ki uygulamalarda genellikle modelleme için "kesirli Brown hareketi" kullanılmaktadır (Baykut ve Akgül, 2004). Şekil 3.9'da örnek olarak bir ve iki boyutlu Brown hareketleri gösterilmiştir (Baykut, 2012).



Şekil 3.9. (a) Bir boyutlu, (b) İki boyutlu Brown hareketleri (Baykut, 2012).

3.7.2 Kesirli Brown hareketi

Kesirli Brown hareketi (fBm), $1/f$ süreçlerin nasıl davranış gösterdiklerinin tespiti amacıyla etkili bir şekilde kullanılan bir modeldir. Kesirli Brown hareketinde süreç $B_H(t)$ ile gösterilirse; $\{B_H(t), t \in \Re, 0 < H < 1\,; B_H(0) = 0\}$ olmak üzere

istatistiksel anlamda H ile özbenzeşik, sıfır ortalamalı $(E\{B_H(t)\} = 0, t > 0)$, durağan artımlara sahip ve Gauss dağılımlı tek süreç modelidir (Wornell, 1995).

fBm'lerin özilişki işlevi, $\sigma^2 = var\big(B_H(1)\big) = \Gamma(1-2H)\frac{\cos(\pi H)}{\pi H}$ ve t_1,$t_2 > 0$ olmak üzere aşağıda verilen (3.28) eşitliği gibi olmaktadır (Mandelbrot, 1968).

$$R_{B_H}(t_1, t_2) = E\{B_H(t_1)B_H(t_2)\} = \frac{\sigma^2}{2}(|t_1|^{2H} + |t_2|^{2H} - |t_1 - t_2|^{2H}) \quad (3.28)$$

fBm süreçlerdeki güç izgesi, yüksek frekans bölgelerinden ziyade düşük frekans bölgelerinde daha fazla görülmektedir ve bu süreçler ile ilgili tek özbenzeşiklik parametresi olan $\gamma \in (1,3)$ ile bilgi edinilebilmektedir. γ izgesel üstel parametresi ile Hurt parametresi H arasındaki ilişki ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Wornell, 1995).

$$\gamma = 2H + 1 \quad (3.29)$$

fBm süreçler de $1/f$ süreçlerin sağladıkları güç yasası ilişkilerindeki γ izgesel üstel parametresi $1 < \gamma < 3$ aralığındaki değerleri almaktadır. γ'nın yaklaşık 2 olduğu özel durum süreci olan klasik Bm ile fBm arasındaki temel farklılık, fBm'in artımları uzun veya kısa süreli bağımlı süreçler şeklinde ortaya çıkarken, Bm'nin artımları ise bağımsız beyaz gürültü süreci olmaktadır.

Şekil 3.10'da örnek olarak farklı H parametresi değerlerine sahip fBm süreçler, fGn süreçler ile birlikte verilmiştir.

3.7.3 Kesirli Gauss gürültüsü

Kesirli Gauss gürültüsü (fGn), $1/f$ süreçlerin yani güç yasası ilişkisi süreçlerinin modellenmesi için sıklıkla uygulanan bir modeldir. Kesirli Gauss gürültüsü (fGn) modelleri, $1/f$ süreçlerin modellenmesi için kullanılan ve yukarda da anlatılan kesirli Brownian hareketi (fBm) modellerinin artımları ile sağlanmaktadır.

Kesirli Gauss gürültülerinde bir fGn süreç, $G_H(t)$ gösterilmek üzere $\{G_H(t), \mathrm{t} \in \Re;\ 0 < H < 1\}$ olmak üzere istatistiksel anlamda H ile özbenzeşik, sıfır ortalamalı

$(E\{G_H(t)\} = 0, t > 0)$, Gauss dağılımına sahip, fBm süreçlerin (3.30) eşitliğinde verilen şekilde artımlarla oluşan, durağan özellikteki $1/f$ süreç modelidir (Wornell, 1995).

$$G_{H,\Delta}(t) = \frac{1}{\Delta}[B_H(t+\Delta) - B_H(t)] \tag{3.30}$$

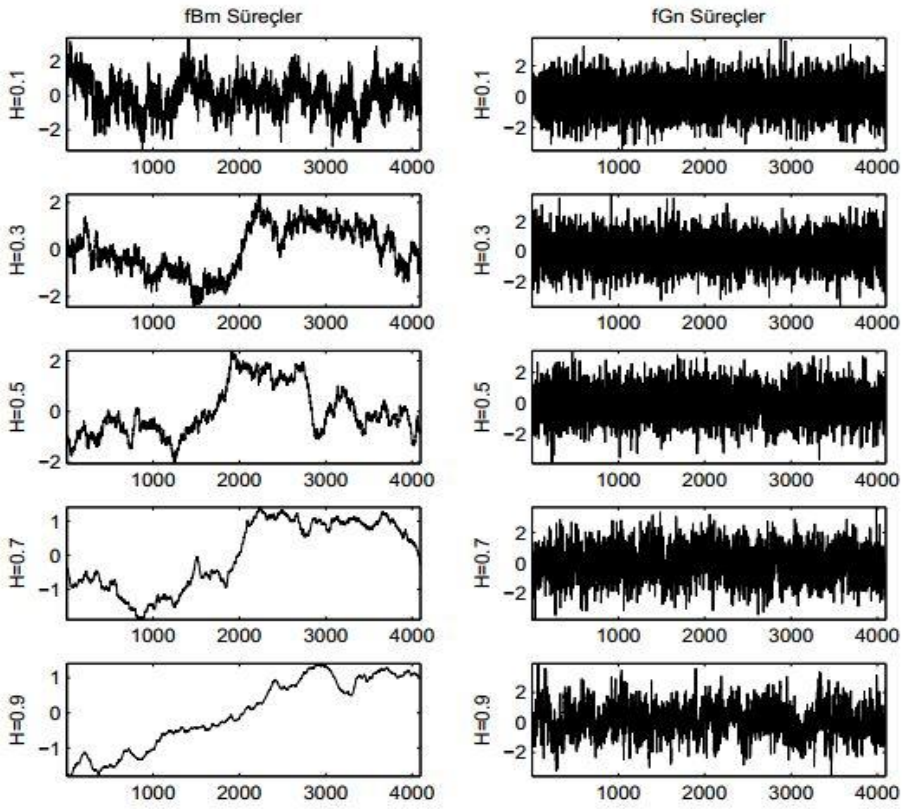
Yeterli büyüklüğe sahip aralık (τ) değerlerine göre fGn süreçlerdeki özilişki işlevleri ise (3.31) eşitliğiyle gösterilebilmektedir (Wornell, 1995).

$$\begin{aligned} E\{G_{H,\Delta}(t+\tau)G_{H,\Delta}(t)\} &= \frac{\sigma^2}{2}(|\tau+1|^{2H} - 2\tau^{2H} + |\tau-1|^{2H}) \\ &\underset{\tau\to\infty}{\approx} \sigma^2 H(2H-1)\tau^{2H-2} \end{aligned} \tag{3.31}$$

fGn süreçlerdeki güç izgesi yoğunlukları, düşük frekans bölgelerinden ziyade yüksek frekans bölgelerinde daha fazla görülmektedir ve -1 < γ < 1 aralığında olan γ özbenzeşiklik parametresi ile yapıları hakkında bir bilgi edinilebilmektedir. γ = 0 olan özel durum ise durağan beyaz Gauss gürültüsüdür. fGn süreçler için γ ile *H* arasındaki ilişki aşağıda gösterilmiştir (Wornell, 1995).

$$\gamma = 2H - 1 \tag{3.32}$$

Şekil 3.10'da örnek olarak farklı *H* parametresi değerlerine sahip fGn süreçler verilmiştir. fGn süreçlerde birikimli toplama sayesinde fBm süreçlere dönüşüm sağlanırken, fBm'den fGn'e dönüşüm ise türev aracılığıyla gerçekleştirilir (Baykut, 2012).



Şekil 3.10. Değişik *H* değerleri için süreç gösterimleri (soldaki şekil fBm, sağdaki şekil fGn süreçleri göstermektedir) (Baykut, 2012).

4. 1/*f* SÜREÇ ANALİZ YÖNTEMLERİ

Özbenzeşiklik ölçütü olan Hurt parametresi (H) veya γ izgesel parametresi (renkli gürültü indeksi), 1/*f* süreç özelliklerinin gösterdikleri istatistiksel davranışlara açıklık getirmektedir. Gözlenen verilerdeki özbenzeşiklik parametresinin kestirimi için literatürde bulunan çeşitli yöntemler önerilmektedir. Bu yöntemlerden zaman bölgesi yöntemlerinde genel olarak kümeleme işlemiyle, sinyallerin değişik ölçeklerine erişmeye çalışılarak sinyal özelliklerinin, ölçek boyutunda gösterdiği davranışlar yapılan parametre kestirimleriyle açıklanmaya çalışılır. Bu tür yöntemlere örnek olarak Kümelenmiş değişintiler yöntemi, Mutlak değerler yöntemi, R/S yöntemi ve Higuchi yöntemi verilebilir.

Frekans bölgesi yöntemlerinde ise 1/*f* süreçlerin güç izgesi özelliklerinden faydalanılarak parametre kestirimleri gerçekleştirilmektedir. İlk olarak analizleri yapılacak süreçlerin (3.22) eşitliğiyle verilen bağlantıdaki güç yasası ilişkisine uydukları varsayılarak güç izgelerinin kestirimleri belli bir yöntem kullanılarak yapılır. Bu işlemden sonra ise bunlara logaritmik ölçekte bir doğru uydurularak γ parametresi elde edilmeye çalışılır. Bu yöntemlere örnek olarak ise Periyodogram yöntemi ve Whittle kestirim yöntemi verilebilirken genel olarak en çok uygulanan yöntem ise Periyodogram tabanlı yöntemdir.

Bu tezde ise 1/*f* süreçlerin analizleri için önerilen ve bir frekans bölgesi yöntemi olan Periyodogram Tabanlı Yöntem ile diğer bir süreç analiz yöntemi olan Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntem açıklanmaya çalışılmıştır.

4.1 Periyodogram Tabanlı Yöntem

Periyodogram Tabanlı Yöntem (PTY), yaygın olarak kullanılan parametre kestirim yöntemlerinden biridir. Yönteme göre analizi yapılmak istenen bir fGn süreç $\{x[n], 1 \leq n \leq N\}$ için güç izgesinin kestirimi Periyodogram ile (4.1)'de verilen eşitlikle gerçekleştirilir (Taqqu, 1995).

$$S(f) = \frac{1}{2\pi N} \left| \sum_{n=1}^{N} x[n] e^{j2\pi f n} \right|^2 \tag{4.1}$$

Bu eşitlikte $S(f)$ sinyaldeki güç izgesini, f frekans bileşenini, N verinin uzunluğunu ve $x[n]$ ise renkli gürültü indeksi belirlenecek veriyi temsil etmektedir.

Bir sinyalin kestiriminden elde edilen güç izgesi yoğunluğunda, $1/f$ süreçlerin güç yasası ilişkisi gözlenebilmektedir. Bu bağlamda gözlenen sinyal, $1/f$ süreç özelliğine sahip ise bu sinyal için güç izge yoğunluğu (4.2) eşitliğiyle verilen güç yasası ilişkisine uymaktadır.

$$S(f) \sim \sigma_s^2 |f|^{-\gamma} \tag{4.2}$$

Burada $S(f)$ güç izge yoğunluğunu ifade ederken, f frekans, σ_s^2 sabit gerçel bir sayı ve γ ise renkli gürültü indeksidir. (4.2) eşitliğinde verilen bağlantıda her iki tarafın 10 tabanında logaritması alınırsa aşağıda verilen (4.3)'deki gibi bir eşitlik elde edilmiş olur (Bektaş, 2007).

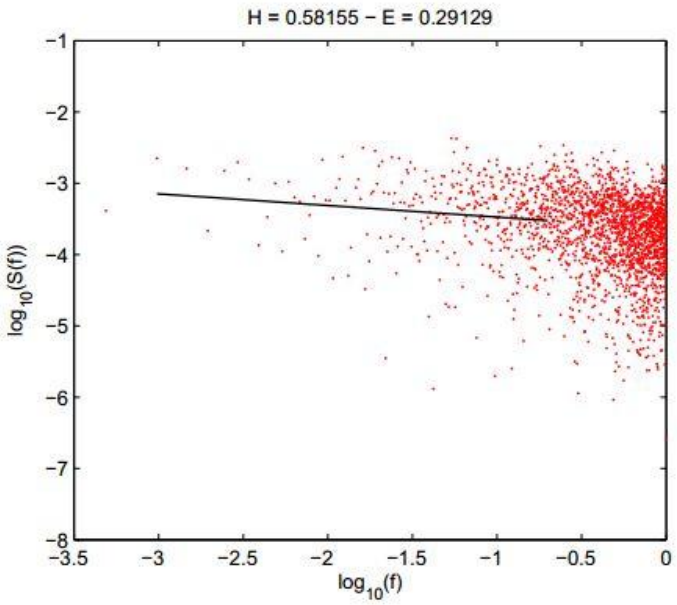
$$\begin{aligned} \log_{10}(S(f)) = \log_{10}(\sigma_s^2\ |f|^{-\gamma}) &= \log_{10}\sigma_s^2 + \log_{10}|f|^{-\gamma} \\ &= \log_{10}\sigma_s^2 - \gamma\log_{10}|f| \end{aligned} \tag{4.3}$$

Buradaki verilen eşitlikten hareketle $y = at + b$ şeklinde bir doğru denklemi oluşturulabilir. Buna göre $y = \log_{10}(S(f))$, $t = \log_{10}|(f)|$, $a = -\gamma$ ve $b = \log_{10}\sigma_s^2$ dir. Bu doğru denklemi eksenleri $\log_{10}(S(f))$ ve $\log_{10}|(f)|$ olan iki boyutlu bir şekil ile çizdirilirse a değeri doğrunun eğimini verecektir. Bu sayede belirli eğim değerine göre sıralanan yani 10 tabanında logaritması alınan güç izgesi değerleri elde edilmiş olur. Belirlenen bu değerlere En Küçük Kareler Yöntemi uygulanarak bir doğru uydurulur. Renkli gürültü indeksi γ parametresinin kestirimi ise bu doğrunun eğiminin bulunmasıyla gerçekleştirilir. Ancak hesaplanan bu eğim ise $-\gamma$ değerini vermektedir. Bunun için eğim değerinin ters işaretlisi alınarak renkli gürültü indeksi γ değeri kestirilmektedir. Renkli gürültü indeksi belirlendikten sonra, sürecin belirlenmiş modeline göre, H parametresi de kolaylıkla elde edilebilir. Örneğin, süreç bir fGn süreç ile modellenmekteyse, $\gamma = 2H - 1$ ilişkisinden yola çıkılarak H parametresi kestirimi yapılabilir.

Periyodogram yönteminde parametre kestirimi yapılırken uygun bir doğru uydurulması için frekans bölgesinin ilk bölümünü oluşturan kısım yani yaklaşık

olarak %10'u kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise uzun süreli bağımlılık özelliklerinin düşük frekans bölgelerinde yüksek frekans bölgelerine oranla da daha fazla gözlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yöntemde log-log ölçekte yüksek frekans bölgelerinde daha çok görülmekte olan izge bileşenleri önce logaritmik olarak eşit pencerelere ayrılır ve bu pencerelerin ortalamaları alınır daha sonrasında ise doğrusal uydurma yapılmaktadır.

Şekil 4.1'de örnek olarak H = 0.6 olan bir fGn sinyale uygulanan Periyodik tabanlı yöntemle elde edilen kestirim sonuçları ve log-log ölçekteki grafiği verilmiştir. Burada Hurst parametresi $\widehat{H}$=0.582 ve doğru uydurma hatası E = 0.291 olarak hesaplanmıştır (Baykut, 2012).



Şekil 4.1. Bir fGn sinyalin periyodogram ile kestirim sonuçları (Baykut, 2012).

4.2 Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntem

Dalgacık Tabanlı Yöntem (DTY), 1/f süreçlerin renkli gürültü indeksi γ değerlerinin kestirilmesi amacıyla uygulanan en gürbüz ve güvenilir yöntemlerden biridir. Yöntemde dalgacık dönüşümü sayesinde belirlenen dalgacık katsayılarının içerdikleri bilgilerden faydalanarak çıkarımlarda bulunulmaktadır. Bunun için öncelikle renkli gürültü indeksi γ kestirilmekte daha sonrada oluşturulan modele göre γ ve H parametresi arasında bulunan ilişkiden yararlanılarak H parametresi tespit edilebilmektedir. Dalgacık dönüşümü, özbenzeşik 1/f süreçlerde yapılan analizler

için ölçek-zaman özelliği uyarınca uygun bir yöntem olmakla birlikte analizleri yapılan sinyallerin durağan özellikte olmasını gerektirmemesi açısından da önemlidir. Dalgacık dönüşümü, Fourier dönüşümleri ile aynı derecede önem arz etmektir. Biri yani dalgacık dönüşümü, ölçekleme ile bir değişme göstermeyen ve durağan dışı olan sinyaller için diğeri ise yani Fourier dönüşümü, zaman içinde bir değişme göstermeyen ve durağan olan sinyaller için uygulanabilen bir dönüşüm yöntemidir.

Dalgacık dönüşümünün elde edilmesi, bir sinyalin pencerelenmesi için kullanılan dalgacık tabanlarının ötelenmesi ve ölçeklenmesi ile olmaktadır. *x*(*k*) ayrık zamanlı bir sinyal olmak üzere bu sinyale ait dalgacık dönüşümü aşağıda verilen eşitlik ile gösterilebilmektedir (Bektaş, 2007).

$$x_n^m = \sum_k x(k)\, \psi_n^m(k) \tag{4.4}$$

Burada, *m* ölçekleme ve *n* öteleme parametrelerini ifade eder. $\psi_n^m(k)$ ise $\psi(k)$ ana dalgacık tabanının normalize edilen ötelenmesi ve ölçeklenmesiyle oluşturulan dalgacık tabanını göstermektedir. (4.4) eşitliğiyle tespit edilen x_n^m'ler ise dalgacık katsayılarıdır. Dalgacık katsayıları değişintilerinin, yapılan analizler sayesinde söz konusu süreçlerin izgesel davranışlarını karakterize etmede kullanılabileceği görülmüştür. Uygulamalarda yaygın olarak ikici birimdik adı verilerek oluşturulmuş dalgacık tabanları kullanılmaktadır. Bahsedilen bu dalgacık tabanı (4.5)'de verilen eşitlikle gösterilmiştir.

$$\psi_n^m(k) = 2^{m/2}\, \psi(2^m k - n) \tag{4.5}$$

Yapılan uygulama için dalgacık tabanı olarak ikici (diadic) birimdik dalgacık tabanı ile çalışılırsa (4.4) ile verilen eşitlik yeniden düzenlenerek aşağıdaki gibi gösterilebilir (Mallat, 1998; Baykut, 2004):

$$x_n^m = 2^{m/2} \sum_k x(k)\, \psi(2^m k - n) \tag{4.6}$$

Ötelenmiş ve ölçeklenmiş dalgacık tabanlarının ağırlıklandırılmış toplamları ile ifade edilebilen bir ayrık zamanlı $x(k)$ sinyali aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$x(k) = \sum_m \sum_n x_n^m \psi_n^m(k) \tag{4.7}$$

Dalgacık dönüşümü katsayılarının daha hızlı belirlenebilmesi için önerilen yarım bant geçiren süzgeçlerden meydana gelen bir yapı kullanılmaktadır (Mallat, 1991). Bu yapı ile farklı ölçeklerdeki detay (x_n^m) ve yaklaşıklık (a_n^m) katsayıları bir "süzgeçle-örnekle" işlemi sayesinde belirlenir. Bu bağlamda, dalgacık dönüşümü bant genişliği 2'nin katları olarak değişebilen süzgeç topluluğu ile ifade edilebilir. Bir sinyalin yüksek frekans bölgelerinin analizini yapmak amacıyla sinyal bir yüksek geçiren süzgeçler topluluğundan geçirilerek "detay (x_n^m)" dalgacık katsayıları elde edilirken alçak frekans bölgelerinin analizi için de sinyal bir alçak geçiren süzgeçler topluluğundan geçirilerek "yaklaşıklık (a_n^m)" dalgacık katsayıları tespit edilir.

$1/f$ süreçlerde yapılan analizlerle elde edilen x_n^m dalgacık katsayıları, aynı ölçek boyunca ve ölçekler arasında ilişkisiz ya da zayıf ilişkili, sıfır ortalamalı, normal dağılım gibi özellikler sergileyen rasgele değişkenlerdir (Wornell, 1995; Baykut, 2004). Dalgacık katsayılarının tespiti yapılırken birçok farklı dalgacık tabanı kullanılabilmektedir. Bu çalışmada ise $1/f$ süreçlerin fraktallı yapısına uygunluk göstermesi açısından ikici, birimdik dalgacık tabanı olan 5. dereceden Daubechies dalgacığı kullanılmaktadır. $1/f$ süreçlerin dalgacık katsayılarının değişintileri ise (4.8)'de verilen eşitlik ile ifade edilebilir.

$$var(x_n^m) \sim \sigma^2 2^{-\gamma m} \tag{4.8}$$

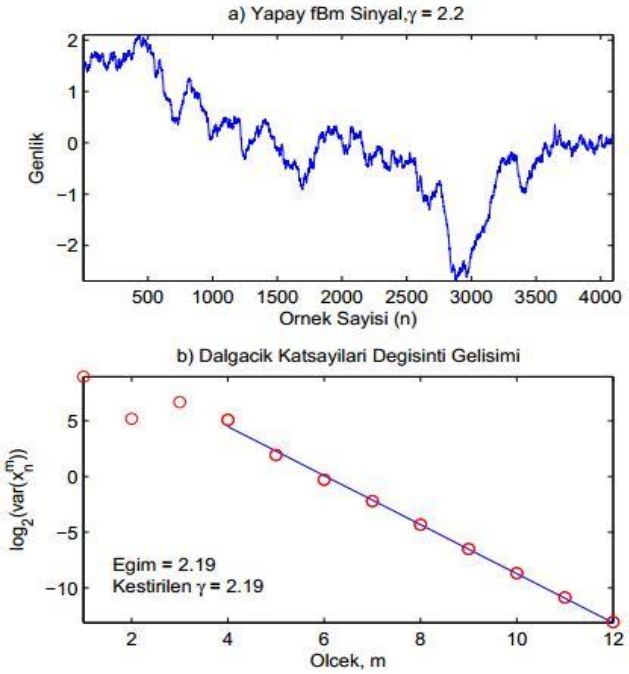
Burada x_n^m dalgacık katsayılarını, σ^2 sabit bir sayıyı, m dalgacık katsayılarının hesaplanmasında kullanılan ölçeği, $var(.)$ değişinti operatörünü ve γ ise renkli gürültü indeksini temsil etmektedir. x_n^m'lerin yani dalgacık katsayıları değişintilerinin logaritmik eksende bir doğrunun üzerinde sıralandığı bilinmektedir. Yani, $1/f$ süreçlerin sağladığı özellik olan güç yasası ilişkisi dalgacık katsayılarının değişinti gelişimlerinde kendini göstermektedir (Wornell, 1995; Baykut, 2004).

Yukarıda verilen (4.8) eşitliğinin her iki tarafının 2 tabanında logaritması alınır ise ortaya bir doğru denklemi çıkmaktadır:

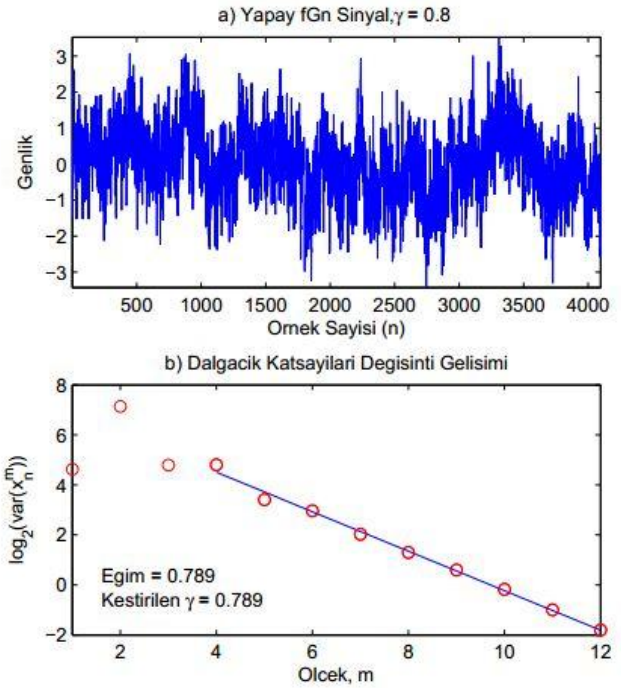
$$\log_2\left(var(x_n^m)\right) \sim \log_2(\sigma^2 2^{-\gamma m}) = 2\log_2(\sigma^2) - \gamma m \qquad (4.9)$$

Burada, $y = \log_2(var\{x_n^m\})$, $t = m$, $a = -\gamma$ ve $b = 2\log_2(\sigma^2)$ olarak kabul edildiğinde $y = at + b$ şeklinde bir doğru denklemi oluşturulabilir. Bu şekilde bir denklem, iki boyutlu olarak çizdirildiğinde bu doğrunun eğim değerinin ters işaretlisi γ'nın kestirimini yani renkli gürültü indeksinin değerini verecektir. Kestirim sonucunda elde edilen bu renkli gürültü indeksi γ'nın kullanılmasıyla H parametresi elde edilmesi aralarındaki ilişkiyle sağlanır örneğin modellenen süreç bir fGn süreç ise, H parametresi, $\gamma = 2H - 1$ eşitliğinden yararlanılarak belirlenebilir. Dalgacık dönüşümünde genellikle ilk ölçeklerde az sayıda dalgacık katsayısı bulunmasından dolayı bu yöntemde eğim değeri hesaplanırken ilk ölçeklerdeki katsayılar hesaba katılmamaktadır. Düşük frekans bölgelerinde küçük ölçekler görülürken, yüksek frekans bölgelerinde ise tam tersi büyük ölçekler görülmektedir.

DTY'de gözlenen verilerin uzunluğu analizler sırasında kestirimler üzerinde etkili olmakta ve uzun verilerden daha doğru kestirim sonuçları ortaya çıkarılmaktadır. Şekil 4.2'de örnek olarak γ = 2.2 değerine sahip bir yapay fBm sinyali ve dalgacık katsayıları değişintilerinin logaritmaları gösterilmiştir. DTY ile renkli gürültü indeksi değeri $\hat{\gamma}$ = 2.19 kestirilmiştir. DTY fGn süreçlerin özbenzeşiklik parametrelerinin kestiriminde de kullanılmaktadır. Şekil 4.3'de ise γ = 0.8 değerine sahip olan yapay bir fGn sinyal ve dalgacık katsayıları değişintilerine ait grafiği verilmiştir. Bu işlem sonucunda ise renkli gürültü indeksi değeri $\hat{\gamma}$ = 0.79 olarak kestirilmiştir. Uygulanan bu çalışmaların kestirimleri Daubechies-5 dalgacık tabanı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4.2. Yapay bir fBm sinyalinin dalgacık tabanı ile kestirimi (Baykut, 2012).



Şekil 4.3. Yapay bir fGn sinyalinin dalgacık tabanı ile kestirimi (Baykut, 2012).

Bu tez çalışmasında yapılan GNSS istasyonlarının zaman serileri analizlerinde, γ renkli gürültü indeksi parametresinin kestirimi amacıyla uygulanan Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntemde genellikle ilk ölçeklerdeki dalgacık katsayılarının az olması sebebiyle 2.ölçekten sonraki dalgacık katsayıları dikkate alınacaktır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; GNSS istasyonları zaman serilerindeki gürültü tiplerinin belirlenmesi amacıyla Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarından; AKHR, AKSI, AKSR, ANRK, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KIRS, KLUU, NEVS ve NIGD istasyonlarının N (Kuzey), E (Doğu) ve U (Yükseklik) günlük koordinatları zaman serileri kullanılmıştır. GNSS zaman serileri içindeki uyuşumsuz ölçüler ve veri boşlukları giderilerek, seriler modellemeye hazır bir hale getirilmiştir. Serilere uygulanan bir lineer ve trigonometrik fonksiyon ile belirlenen trend (hız değerleri) ve periyodik bileşen etkileri serilerden giderildikten sonra gürültü verileri elde edilmiştir. Zaman serilerine uygulanan analizler ile istatistiksel anlamda özbenzeşik $1/f$ gürültü süreci, parametre kestirimi için önerilen frekans bölgesi yöntemlerinden biri olan Periyodogram Tabanlı Yöntem ve Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntem ile incelenmiştir.

5.1 Çalışma Alanı ve Veriler

Bu tez çalışmasında 11 tanesi Konya Kapalı Havzası'nda (AKHR, AKSR, ANRK, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KLUU, NEVS ve NIGD), 1 tanesi Orta Kızılırmak Havzası'nda (KIRS), 1 tanesi de Akdeniz Havzası'nda (AKSI) olmak üzere toplam 13 TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonunun günlük zamana bağlı ITRF96 koordinat verileri kullanılmıştır. İstasyonların konumları Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. GNSS istasyonlarının konumları.

Çalışmada kullanılan GNSS istasyonları ile ilgili ayrıntılı bilgiler Çizelge 5.1'de verilmiştir. İstasyonlardan alınan verilerde, ortaya çıkabilen antendeki bozukluklar, bilgisayar arızaları gibi sebeplerden kaynaklı olarak birtakım veri eksikleri ve büyük boşluklar oluşabilmektedir. GNSS istasyonlara ait verilerin başlangıç-bitiş tarihleri ile veri adedi ve eksik veri yüzdelikleri ise Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. GNSS İstasyonları ile ilgili genel bilgiler.

İstasyon adı	İl/ilçe	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Yükseklik (m)
AKHR	Konya/Akşehir	38.3693	31.4297	1046.3983
AKSI	Antalya/Akseki	37.0477	31.7875	1193.4362
AKSR	Aksaray/Merkez	38.3704	33.9981	1005.7896
ANRK	Ankara/ Merkez	39.8560	32.8462	1231.2783
BEYS	Konya/Beyşehir	37.6773	31.7466	1187.4602
CIHA	Konya/Cihanbeyli	38.6504	32.9224	1012.7128
HYMN	Ankara/Haymana	39.4347	32.4957	1261.5391
KAMN	Karaman/Merkez	37.1932	33.2202	1057.0068
KAPN	Konya/Karapınar	37.7147	33.5269	1039.5111
KIRS	Kırşehir/Merkez	39.1646	34.1555	1063.6400
KLUU	Konya/Kulu	39.0791	33.0654	1052.3153
NEVS	Nevşehir/Merkez	38.6166	34.7029	1292.4533
NIGD	Niğde/Merkez	37.9588	34.6794	1252.3260

Çizelge 5.2. GNSS İstasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri, veri sayısı ve eksik veri yüzdelikleri.

İstasyon Adı	Başlangıç	Bitiş	Veri sayısı	Eksik veri (%)
AKHR	01.10.2008	26.09.2015	2223	12.9
AKSI	09.11.2008	18.09.2015	2077	17.1
AKSR	11.10.2008	26.09.2015	2217	12.8
ANRK	27.07.2008	26.09.2015	2094	20.0
BEYS	09.11.2008	26.09.2015	2162	14.0
CIHA	01.10.2008	26.09.2015	2280	10.7
HYMN	27.07.2008	26.09.2015	2124	18.9
KAMN	09.11.2008	26.09.2015	2168	13.7
KAPN	09.11.2008	26.09.2015	2210	12.1
KIRS	29.08.2008	26.09.2015	2095	19.0
KLUU	27.07.2008	26.09.2015	2096	16.7
NEVS	10.10.2008	26.09.2015	2225	12.5
NIGD	09.11.2008	26.09.2015	2172	13.6

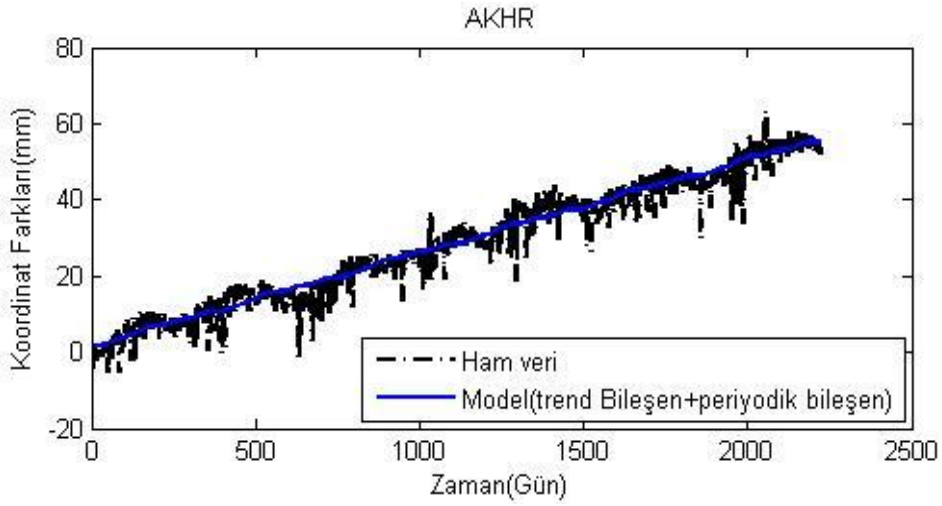
5.2 GNSS İstasyonları Zaman Serileri Analizi

Günümüzde GNSS istasyonları yardımı ile konum verilerindeki yaşanan farklılıklar, zaman fonksiyonlu incelenebilmektedir. Bu verilerden genellikle yer kabuğunun gösterdiği kayma hareketleri incelenip takip edilirken ve yer yüzeyi kayma hızları belirlenirken faydalanılabilmektedir (Langbein ve Johnson, 1997; Williams vd., 2004). GNSS gözlemlerinin bir modele uyduğu varsayılmaktadır. Bu model ise doğrusal kayma, yarıyıllık ve yıllık salınımlar, yaşanılan depremler sonrası logaritmik salınım ve bir başlangıç noktası gibi bileşenlerin yanı sıra gürültü bileşenini de bünyesinde barındırmaktadır. Kestirilen model parametrelerinin doğru olması verinin daha uygun bir şekilde modellenebilmesi için uygun modelleme de gürültü sinyalinin (kalıntı sinyali, model ile veri arasındaki fark, modelleme veya gözlem hatası) hangi çeşitte bir gürültü olduğunun doğru (sağlam; gürbüz) kestirilmesi için önemlidir. GNSS verilerine ait gürültü, zamandan bağımsız beyaz gürültü ve zamana bağımlı renkli gürültünün birleşimi olarak varsayılmaktadır (Langbein ve Johnson, 1997; Williams vd., 2004). Beyaz gürültü bileşeni yapılan ölçümlerdeki hatalardan kaynaklanabilirken, renkli $1/f$ gürültü bileşeni ise GNSS

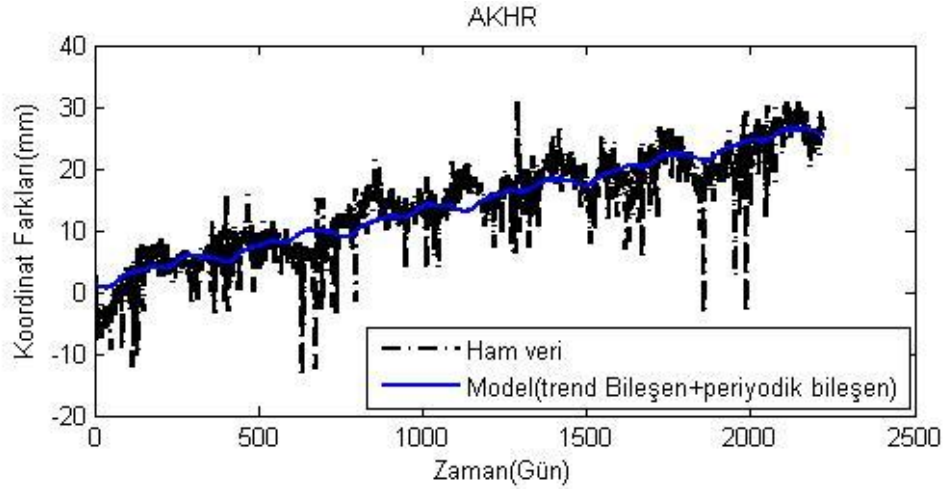
alıcısının konuşlandığı yerin kararsızlığından kaynaklanmaktadır (Langbein ve Johnson, 1997).

GNSS verileri modellenmeden önce, istasyonlara ait tüm N (Kuzey), E (Doğu) ve U (Yükseklik) koordinatlarından ilk koordinat değerleri çıkartılarak ham koordinat zaman serileri oluşturuldu. Böylelikle ham koordinatların başlangıca göre değişimleri belirlenmiş oldu. Daha sonra seri içindeki ölçüm hatalarından kaynaklanan uyuşumsuz ölçüler giderildi ve eksik ölçümlerden kaynaklanan veri boşlukları (3.16)'da verilen eşitlikle yeniden oluşturuldu. Ön işlemlerden geçirilen bu veriler daha öncesinde belirlenmiş, yıllık ve yarıyıllık değişimlerin ve yerkabuğunun yer değiştirme hızlarının tanımlandığı (3.16) eşitliğiyle verilen matematiksel modele dayandırılarak model parametreleri kestirildi.

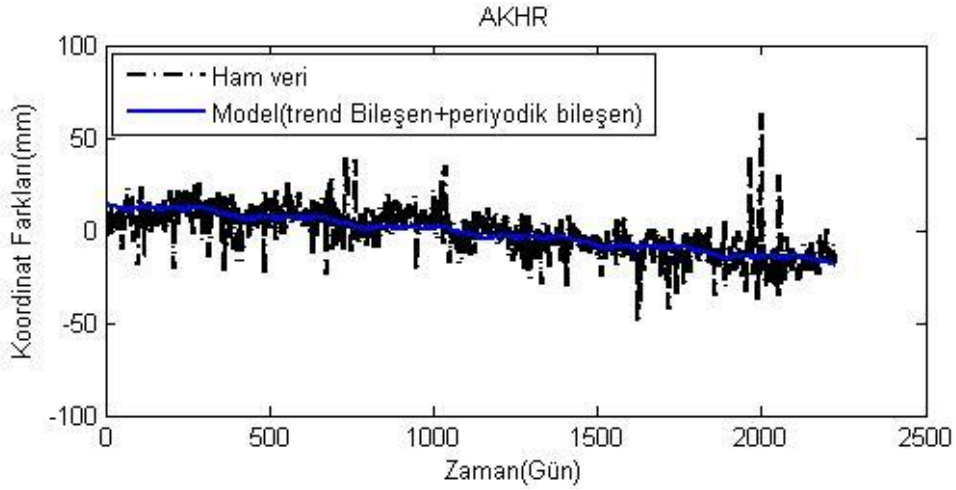
Aşağıda AKHR istasyonunun kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerine uygulanan bu işlemler sırasıyla Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de gösterilmiştir. Tüm istasyonların her bir koordinat bileşenleri için elde edilen grafikleri ise Ek A'da verilmiştir.



Şekil 5.2. AKHR istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



Şekil 5.3. AKHR istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



Şekil 5.4. AKHR istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.

5.2.1 Trend bileşeni analizi

GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerinin zaman serilerinden elde edilen verilerindeki lineer değişimleri yani hız değerlerini belirlemek için, lineer fonksiyon eşitlik (3.14)'de verilen trend bileşeninde *m=2* alınarak belirlenmiştir. Bu eşitlik ile verilen $y = c_1 + c_2 t$ amaç fonksiyonunun c_1 ve c_2 parametreleri ve bu parametrelerin standart sapmaları EKKY göre hesaplanmıştır.

Eşitlik (3.14)'deki her bir parametrenin anlamlı olup olmadığı α=0.05 yanılma olasılığı ile t-dağılımı güven sınırına göre karar verilmiştir. Burada önemli olan *t*'ye (zaman: gün olarak alındı) bağlı c_2 parametresinin anlamlı olup olmamasıdır. Çünkü

değişimi yani hızı ve hızın yönünü belirlemede kullanılacak olan parametre c_2'dir. Örneğin; herhangi bir noktadaki yıllık değişimi (hızı) belirlemek için; "Hız $=c_2*365.25$" şeklinde hesaplanmaktadır.

Tüm istasyonlar için %95 güven düzeyinde f serbestlik derecesine göre t-dağılım tablo değerleri (f >500 için; $t_{500,1-0.05/2}=1.96$) $t_{f,1-\alpha/2}=1.96$'dır. Burada;

Test büyüklüğü $(T_{c2}=c_2/m_{c2})> t_{f,1-\alpha/2}=1.96$ için azalan ya da artan yönde lineer hareket t-dağılımına göre istatistiksel olarak $\alpha=0.05$ yanılma olasılığında anlamlıdır.

Ya da

Test büyüklüğü $(T_{c2}=c_2/m_{c2})<t_{f,1-\alpha/2}=1.96$ için azalan ya da artan yönde lineer hareket t-dağılımına göre istatistiksel olarak $\alpha=0.05$ yanılma olasılığında anlamsızdır.

Tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri için, t-dağılım tablosundan alınan değerler ile (3.17) eşitliği ile hesaplanan test büyüklüğü (test büyüklüğü=parametre/ parametrenin standart sapması) değerleri karşılaştırılmış ve test büyüklüğü değerlerinin %95 güven düzeyinde tablo değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Böylelikle, tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği yani istasyonlarda lineer bir hareketin var olduğu sonucuna varılmıştır. Çizelge 5.3, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'de sırasıyla tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait lineer trend bileşen fonksiyonları, bu modelden hesaplanan yıllık lineer değişimleri ve parametre testleri verilmiştir.

Çizelge 5.3. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşenlerine ait lineer trend bileşeni modelleri, parametre testi ve hız değerleri.

İstasyon Adı	**Model** $y(t_i)=c_1+c_2.t_i$	**Test Büyüklüğü** T_{c1}	T_{c2}	**Hız (mm/yıl)** $(c_2*365.25)$	**Açıklama** $t_{f,1-0.05/2=1.96}$
AKHR	$y(t_i)= 1.754+0.024t$	16.059	282.703	8.912	Anlamlı
AKSI	$y(t_i)= 14.072+0.030t$	66.533	171.179	11.031	Anlamlı
AKSR	$y(t_i)= -0.817+0.051t$	-11.029	886.401	18.774	Anlamlı
ANRK	$y(t_i)= 1.181+0.043t$	13.433	587.701	15.633	Anlamlı
BEYS	$y(t_i)= 1.611+0.031t$	13.593	327.822	11.396	Anlamlı
CIHA	$y(t_i)= -2.786+0.042t$	-22.651	447.769	15.304	Anlamlı
HYMN	$y(t_i)= 4.445+0.036t$	38.707	385.501	13.186	Anlamlı
KAMN	$y(t_i)= 2.534+0.051t$	25.108	632.808	18.664	Anlamlı
KAPN	$y(t_i)= 0.046+0.057t$	0.170	268.516	20.819	Anlamlı
KIRS	$y(t_i)= 7.917+0.049t$	64.078	479.981	17.897	Anlamlı
KLUU	$y(t_i)= 5.300+0.043t$	44.976	445.935	15.852	Anlamlı
NEVS	$y(t_i)= 1.236+0.054t$	14.401	800.098	19.577	Anlamlı
NIGD	$y(t_i)= -0.726+0.055t$	-6.756	640.668	20.089	Anlamlı

Çizelge 5.4. GNSS İstasyonlarının doğu bileşenlerine ait lineer trend bileşeni modelleri, parametre testi ve hız değerleri.

İstasyon Adı	**Model** $y(t_i)=c_1+c_2.t_i$	**Test Büyüklüğü** T_{c1}	T_{c2}	**Hız (mm/yıl)** $(c_2*365.25)$	**Açıklama** $t_{f,1-0.05/2=1.96}$
AKHR	$y(t_i)= 1.722+0.011t$	12.981	108.663	4.091	Anlamlı
AKSI	$y(t_i)= -0.437+0.041t$	-1.864	207.515	14.829	Anlamlı
AKSR	$y(t_i)= 1.326+0.023t$	17.730	392.693	8.401	Anlamlı
ANRK	$y(t_i)= 1.583+0.012t$	23.198	203.784	4.200	Anlamlı
BEYS	$y(t_i)= 3.118+0.028t$	34.842	393.204	10.300	Anlamlı
CIHA	$y(t_i)= -2.955+0.019t$	-38.441	327.673	6.976	Anlamlı
HYMN	$y(t_i)= -0.991+0.015t$	-9.332	171.883	5.442	Anlamlı
KAMN	$y(t_i)= 4.705+0.039t$	49.879	517.416	14.281	Anlamlı
KAPN	$y(t_i)= 3.261+0.041t$	7.258	116.721	15.048	Anlamlı
KIRS	$y(t_i)= -1.034+0.019t$	-12.138	273.039	7.013	Anlamlı
KLUU	$y(t_i)= 1.143+0.020t$	12.498	260.164	7.195	Anlamlı
NEVS	$y(t_i)= 1.692+0.026t$	22.869	445.834	9.387	Anlamlı
NIGD	$y(t_i)= 1.071+0.034t$	12.260	479.338	12.236	Anlamlı

Çizelge 5.5. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşenlerine ait lineer trend bileşeni modelleri, parametre testi ve hız değerleri.

İstasyon Adı	**Model** $y(t_i)=c_1+c_2.t_i$	**Test Büyüklüğü** T_{c1}	T_{c2}	**Hız (mm/yıl)** $(c_2*365.25)$	**Açıklama** $t_{f,1-0.05/2=1.96}$
AKHR	$y(t_i)$= 14.442-0.014t	51.803	-65.543	-5.223	Anlamlı
AKSI	$y(t_i)$= 22.796-0.006t	60.446	-20.217	-2.338	Anlamlı
AKSR	$y(t_i)$= -1.523-0.010t	-6.892	-58.907	-3.726	Anlamlı
ANRK	$y(t_i)$= -8.379+0.002t	-31.378	10.315	0.840	Anlamlı
BEYS	$y(t_i)$= 5.130-0.002t	21.890	-12.764	-0.877	Anlamlı
CIHA	$y(t_i)$= 3.619-0.004t	19.525	-25.384	-1.315	Anlamlı
HYMN	$y(t_i)$= -0.106-0.004t	-0.460	-19.413	-1.315	Anlamlı
KAMN	$y(t_i)$= -9.961-0.040t	-30.700	-153.624	-14.573	Anlamlı
KAPN	$y(t_i)$= 5.733-0.020t	16.502	-73.027	-7.268	Anlamlı
KIRS	$y(t_i)$= -8.418-0.002t	-33.802	-11.832	-0.877	Anlamlı
KLUU	$y(t_i)$= -5.703+0.002t	-25.212	9.566	0.657	Anlamlı
NEVS	$y(t_i)$= 5.215-0.001t	22.150	-3.366	-0.219	Anlamlı
NIGD	$y(t_i)$= 10.095+0.001t	44.031	3.504	0.219	Anlamlı

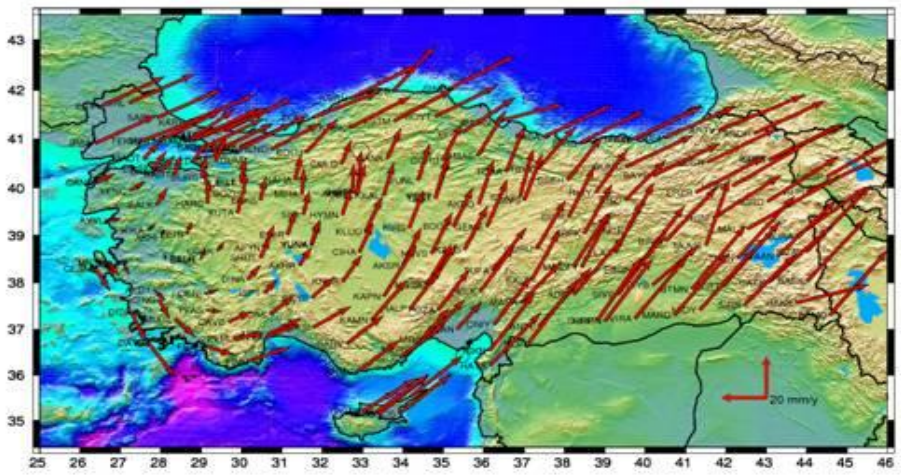
Çizelgelerde verilen trend fonksiyonu parametresinin (+) veya (-) olması sırası ile hareketin artış ve azalış yönünü ifade etmektedir. Bu parametreler kullanılarak istasyonlardaki lineer değişimleri veya hareketleri, hareketin yönü ile beraber tespit etmek mümkün olmaktadır. Buna göre yatayda (+) yöndeki değişimler istasyonların kuzey ve doğu yönlerindeki hareketlerini, (-) yöndeki değişimler ise güney ve batı yönlerindeki hareketlerini göstermektedir. Düşeyde ise (+) değişimler yüksekliğin arttığını, (-) değişimler ise yüksekliğin azaldığını belirtmektedir.

Çizelge 5.3'de görüldüğü gibi GNSS istasyonlarının lineer hareketleri kuzey ve doğu yönündedir. İstasyonların yatay konumdaki lineer hareketleri; kuzey yönündeki en büyük lineer hareket 20.82 mm/yıl ile KAPN istasyonunda, kuzey yönündeki en küçük lineer hareket ise 8.91 mm/yıl ile AKHR istasyonunda görülmüştür. Çizelge 5.4'de görüldüğü üzere doğu yönündeki en büyük lineer hareket 15.05 mm/yıl ile KAPN istasyonunda, en küçük lineer hareket ise 4.09 mm/yıl ile AKHR istasyonunda tespit edilmiştir.

Çizelge 5.5'de görüldüğü gibi istasyonların yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketlere bakıldığında ANRK, KLUU, NIGD istasyonlarında (+) yönde lineer hareketler gözlenmiş yani yükseklikleri artmıştır. Bu yönde en büyük lineer hareket

0.84 mm/yıl değeri ile ANRK istasyonunda ve en düşük lineer hareket 0.22 mm/yıl değeri ile NIGD istasyonunda görülmüştür. AKHR, AKSI, AKSR, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KIRS ve NEVS istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler (-) yöndedir. En büyük lineer hareket -14.57 mm/yıl değeri ile KAMN istasyonunda ve en küçük lineer hareket -0.22 mm/yıl değeri ile NEVS istasyonunda tespit edilmiştir.

GNSS istasyonlarının zaman serilerindeki trend bileşeni analizinden elde edilen yataydaki lineer değişim veya hareketler, Şekil 5.5'de verilen Cingöz vd., (2013)'nin yaptığı çalışma ile tespit ettikleri hız alanı ve $20\ mm/yıl$ hız değeri ile uyuşumlu bir sonuç göstermiştir.



Şekil 5.5. TUSAGA-Aktif nokta hızları (ITRF) (Cingöz vd., 2013).

5.2.2 Periyodik bileşen analizi

GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait zaman serilerindeki trend bileşeni giderildikten sonra, seride var olan uzun zamanlı periyodik bileşenlerin belirlenip seriden ayrıştırılması gerekmektedir. Bunun için (3.15) eşitliğiyle verilen trigonometrik fonksiyon yani harmonik analiz ile fonksiyona ait bilinmeyen parametreler ve bu parametrelerin standart sapmaları EKKY göre (3.8), (3.9) ve (3.11)'de verilen eşitliklerle tespit edilmiştir. Tespit edilen bu parametrelerin anlamlı olup olmadıkları ise lineer fonksiyondaki parametrelerin test edilmesine benzer şekilde (3.12) eşitliği ile parametrelere ait test büyüklükleri belirlenmiştir. Belirlenen bu test büyüklüklerinin anlamlılık düzeyleri, α=0.05 için t dağılımının güven sınırı $\pm t_{f,1-0.05/2}$=1.96 için "0" beklenen değerinden sapmalarının anlamlı olup olmadıkları

test edilmiş ve güven sınırından büyük olan katsayılara ait frekanslar ya da periyodik hareketler anlamlı kabul edilirken, güven sınırından küçük olan test büyüklüklerinin katsayıları da anlamsız kabul edilmiştir. Sonuçlar ise istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri için sırasıyla Çizelge 5.6, Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşenlerine ait periyodik bileşen frekansları ve test büyüklükleri.

İstasyon Adı	Periyodik Bileşen Frekansları (Periyotları)			Test Büyüklükleri			
	f_1(1/gün) (yıllık)	f_2(1/gün) (Yarıyıllık)	f_3(1/gün) (Mevsimsel)	T_{f1}	T_{f2}	T_{f3}	Açıklama $t_{f,1-0.05/2=1.96}$
AKHR	0.002738	0.005476	0.010951	0.439	1.202	1.062	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
AKSI	0.002738	**0.005476**	0.010951	0.631	7.046	0.419	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamsız
AKSR	**0.002738**	0.005476	0.010951	23.450	0.206	1.422	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
ANRK	**0.002738**	0.005476	0.010951	2.006	0.205	0.301	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
BEYS	0.002738	**0.005476**	0.010951	1.257	12.345	1.423	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamsız
CIHA	0.002738	0.005476	**0.010951**	1.114	0.719	2.100	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamlı
HYMN	0.002738	**0.005476**	0.010951	0.622	20.359	0.286	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamsız
KAMN	0.002738	0.005476	**0.010951**	0.486	0.715	254.870	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamlı
KAPN	**0.002738**	0.005476	**0.010951**	2.094	0.543	3.372	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamlı
KIRS	0.002738	0.005476	0.010951	0.084	0.367	1.273	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
KLUU	0.002738	**0.005476**	**0.010951**	0.143	8.079	4.398	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamlı
NEVS	**0.002738**	0.005476	0.010951	16.393	1.312	0.223	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
NIGD	**0.002738**	0.005476	**0.010951**	28.131	1.603	2.956	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamlı

Çizelge 5.7. GNSS İstasyonlarının doğu bileşenlerine ait periyodik bileşen frekansları ve test büyüklükleri.

İstasyon Adı	Periyodik Bileşen Frekansları (Periyotlar)			Test Büyüklükleri			
	f_1(1/gün) (Yıllık)	f_2(1/gün) (Yarıyıllık)	f_3(1/gün) (Mevsimsel)	T_{f1}	T_{f2}	T_{f3}	Açıklama $t_{f,1-0.05/2=1.96}$
AKHR	0.002738	0.005476	0.010951	1.375	1.940	0.101	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
AKSI	0.002738	**0.005476**	0.010951	0.949	3.198	0.574	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamsız
AKSR	**0.002738**	**0.005476**	**0.010951**	18.837	2.734	10.166	f_1 Anlamlı f_2 Anlamlı f_3 Anlamlı
ANRK	0.002738	**0.005476**	**0.010951**	0.410	65.556	3.031	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamlı
BEYS	**0.002738**	0.005476	**0.010951**	22.902	0.996	2.473	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamlı
CIHA	**0.002738**	0.005476	0.010951	2.884	0.082	0.949	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
HYMN	0.002738	0.005476	0.010951	1.017	0.511	0.437	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
KAMN	0.002738	0.005476	0.010951	0.817	0.323	0.044	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
KAPN	**0.002738**	0.005476	0.010951	2.730	0.734	0.023	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
KIRS	0.002738	0.005476	0.010951	0.254	0.369	0.516	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
KLUU	0.002738	0.005476	0.010951	0.036	0.131	1.209	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
NEVS	**0.002738**	**0.005476**	0.010951	19.795	5.101	0.069	f_1 Anlamlı f_2 Anlamlı f_3 Anlamsız
NIGD	0.002738	0.005476	0.010951	0.999	0.464	1.461	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız

Çizelge 5.8. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşenlerine ait periyodik bileşen frekansları ve test büyüklükleri.

İstasyon Adı	Periyodik Bileşen Frekansları (Periyotlar)			Test Büyüklükleri			
	f_1(1/gün) (Yıllık)	f_2(1/gün) (Yarıyıllık)	f_3(1/gün) (Mevsimsel)	T_{f1}	T_{f2}	T_{f3}	Açıklama $t_{f,1-0.05/2=1.96}$
AKHR	**0.002738**	**0.005476**	**0.010951**	4.191	2.418	3.359	f_1 Anlamlı f_2 Anlamlı f_3 Anlamlı
AKSI	0.002738	0.005476	0.010951	0.170	0.281	0.973	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
AKSR	0.002738	**0.005476**	**0.010951**	0.093	2.140	2.397	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamlı
ANRK	0.002738	**0.005476**	**0.010951**	0.557	5.832	4.704	f_1 Anlamsız f_2 Anlamlı f_3 Anlamlı
BEYS	**0.002738**	0.005476	0.010951	4.063	0.443	0.453	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
CIHA	**0.002738**	0.005476	0.010951	49.582	0.046	1.864	f_1 Anlamlı f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
HYMN	0.002738	0.005476	**0.010951**	0.413	1.579	112.119	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamlı
KAMN	0.002738	0.005476	0.010951	0.808	0.796	0.912	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
KAPN	0.002738	0.005476	0.010951	0.584	0.335	0.450	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız
KIRS	**0.002738**	**0.005476**	0.010951	6.560	3.318	0.519	f_1 Anlamlı f_2 Anlamlı f_3 Anlamsız
KLUU	0.002738	0.005476	**0.010951**	0.143	0.765	2.561	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamlı
NEVS	**0.002738**	**0.005476**	**0.010951**	2.273	5.236	12.650	f_1 Anlamlı f_2 Anlamlı f_3 Anlamlı
NIGD	0.002738	0.005476	0.010951	0.529	0.127	0.076	f_1 Anlamsız f_2 Anlamsız f_3 Anlamsız

Analiz sonucunda anlamlı frekans yani periyodik hareket verilerden giderildikten sonra, zaman serisinin stokastik kısmı (gürültü verileri) elde edilmiştir.

Tüm GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait elde edilen trend ve periyodik modelleri ise sırasıyla Çizelge 5.9, Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.9. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşenleri için trend ve periyodik modelleri.

İstasyon Adı	**Trend Ve Periyodik Model**
AKHR	$y(t_i) = 1.775+0.024\ t -0.166\sin(2\pi f_1 t_i) -0.372\cos(2\pi f_1 t_i) -0.213\sin(2\pi f_2 t_i)+0.176\cos(2\pi f_2 t_i) -0.142\sin(2\pi f_3 t_i) +0.134\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
AKSI	$y(t_i) = 14.072+0.030t+0.343\sin(2\pi f_1 t_i) -0.537\cos(2\pi f_1 t_i)+ 0.480\sin(2\pi f_2 t_i)-0.069\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.057\sin(2\pi f_3 t_i) -0.135\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
AKSR	$y(t_i) = -0.817+0.051t +0.478\sin(2\pi f_1 t_i) -0.020\cos(2\pi f_1 t_i) -0.030\sin(2\pi f_2 t_i)+0.147\cos(2\pi f_2 t_i) - 0.076\sin(2\pi f_3 t_i) -0.054\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
ANRK	$y(t_i) = 1.181+0.043t +0.315\sin(2\pi f_1 t_i) +0.156\cos(2\pi f_1 t_i) +0.010\sin(2\pi f_2 t_i)+0.048\cos(2\pi f_2 t_i) - 0.012\sin(2\pi f_3 t_i) -0.038\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
BEYS	$y(t_i) = 1.611+0.031t -0.385\sin(2\pi f_1 t_i) -0.308\cos(2\pi f_1 t_i) -0.475\sin(2\pi f_2 t_i) -0.039\cos(2\pi f_2 t_i) - 0.126\sin(2\pi f_3 t_i) +0.088\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
CIHA	$y(t_i) = -2.786+0.042t +0.438\sin(2\pi f_1 t_i) -0.392\cos(2\pi f_1 t_i) +0.138\sin(2\pi f_2 t_i)-0.192\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.196\sin(2\pi f_3 t_i) +0.093\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
HYMN	$y(t_i) = 4.445+0.036t +0.464\sin(2\pi f_1 t_i) +0.751\cos(2\pi f_1 t_i) -0.856\sin(2\pi f_2 t_i) -0.042\cos(2\pi f_2 t_i) -0.040\sin(2\pi f_3 t_i) -0.140\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KAMN	$y(t_i) = 2.534+0.051t +0.191\sin(2\pi f_1 t_i) +0.395\cos(2\pi f_1 t_i) -0.238\sin(2\pi f_2 t_i)+0.334\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.138\sin(2\pi f_3 t_i) +0.001\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KAPN	$y(t_i) = 0.046+0.057t +1.826\sin(2\pi f_1 t_i) +0.860\cos(2\pi f_1 t_i) -0.535\sin(2\pi f_2 t_i)+0.978\cos(2\pi f_2 t_i) -0.057\sin(2\pi f_3 t_i) +0.017\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KIRS	$y(t_i) = 7.917+0.049t -0.058\sin(2\pi f_1 t_i) +0.695\cos(2\pi f_1 t_i) +0.147\sin(2\pi f_2 t_i) -0.403\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.071\sin(2\pi f_3 t_i) +0.056\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KLUU	$y(t_i) = 5.300+0.043t +0.118\sin(2\pi f_1 t_i) +0.824\cos(2\pi f_1 t_i) -0.391\sin(2\pi f_2 t_i) -0.049\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.177\sin(2\pi f_3 t_i) -0.040\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
NEVS	$y(t_i) = 1.236+0.054t +0.286\sin(2\pi f_1 t_i) -0.017\cos(2\pi f_1 t_i) +0.130\sin(2\pi f_2 t_i)+0.098\cos(2\pi f_2 t_i) -0.046\sin(2\pi f_3 t_i) -0.208\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
NIGD	$y(t_i) = -0.726+0.055t +0.501\sin(2\pi f_1 t_i) -0.018\cos(2\pi f_1 t_i) -0.096\sin(2\pi f_2 t_i)+0.060\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.135\sin(2\pi f_3 t_i) -0.046\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$

Çizelge 5.10. GNSS İstasyonlarının doğu bileşenleri için trend ve periyodik modelleri.

İstasyon Adı	Trend Ve Periyodik Model
AKHR	$y(t_i)= 1.722+0.011t -0.517\sin(2\pi f_1 t_i) -0.370\cos(2\pi f_1 t_i) -0.523\sin(2\pi f_2 t_i)-0.268\cos(2\pi f_2 t_i) -0.022\sin(2\pi f_3 t_i) +0.216\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
AKSI	$y(t_i)= -0.437+0.041t -0.817\sin(2\pi f_1 t_i) +0.851\cos(2\pi f_1 t_i)+ 1.275\sin(2\pi f_2 t_i)+0.401\cos(2\pi f_2 t_i) -0.134\sin(2\pi f_3 t_i) +0.234\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
AKSR	$y(t_i)= 1.326+0.023t +0.431\sin(2\pi f_1 t_i) -0.023\cos(2\pi f_1 t_i) -0.262\sin(2\pi f_2 t_i) -0.095\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.061\sin(2\pi f_3 t_i) +0.006\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
ANRK	$y(t_i)= 1.583+0.012t +0.140\sin(2\pi f_1 t_i) +0.340\cos(2\pi f_1 t_i) -0.221\sin(2\pi f_2 t_i)+0.003\cos(2\pi f_2 t_i) -0.094\sin(2\pi f_3 t_i) +0.031\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
BEYS	$y(t_i)= 3.118+0.028t -0.233\sin(2\pi f_1 t_i) +0.010\cos(2\pi f_1 t_i) -0.034\sin(2\pi f_2 t_i)-0.035\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.050\sin(2\pi f_3 t_i) -0.020\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
CIHA	$y(t_i)= -2.955+0.019t +0.418\sin(2\pi f_1 t_i) -0.145\cos(2\pi f_1 t_i) +0.028\sin(2\pi f_2 t_i)+0.344\cos(2\pi f_2 t_i) -0.070\sin(2\pi f_3 t_i) +0.074\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
HYMN	$y(t_i)= -0.991+0.015t +0.278\sin(2\pi f_1 t_i) +0.275\cos(2\pi f_1 t_i) +0.047\sin(2\pi f_2 t_i)+0.092\cos(2\pi f_2 t_i) -0.019\sin(2\pi f_3 t_i) -0.044\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KAMN	$y(t_i)= 4.705+0.039t +0.338\sin(2\pi f_1 t_i) +0.415\cos(2\pi f_1 t_i) -0.043\sin(2\pi f_2 t_i) -0.135\cos(2\pi f_2 t_i) -0.004\sin(2\pi f_3 t_i) -0.083\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KAPN	$y(t_i)= 3.261+0.041t +3.224\sin(2\pi f_1 t_i) -1.165\cos(2\pi f_1 t_i) -0.316\sin(2\pi f_2 t_i)+0.428\cos(2\pi f_2 t_i) -0.007\sin(2\pi f_3 t_i) +0.307\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KIRS	$y(t_i)= -1.034+0.019t +0.043\sin(2\pi f_1 t_i) +0.168\cos(2\pi f_1 t_i) +0.092\sin(2\pi f_2 t_i)+0.252\cos(2\pi f_2 t_i) -0.049\sin(2\pi f_3 t_i) -0.094\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KLUU	$y(t_i)= 1.143+0.020t +0.035\sin(2\pi f_1 t_i) +0.973\cos(2\pi f_1 t_i) +0.049\sin(2\pi f_2 t_i)-0.371\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.157\sin(2\pi f_3 t_i) -0.129\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
NEVS	$y(t_i)= 1.692+0.026t +0.747\sin(2\pi f_1 t_i) -0.037\cos(2\pi f_1 t_i) -0.475\sin(2\pi f_2 t_i)+0.093\cos(2\pi f_2 t_i) -0.003\sin(2\pi f_3 t_i) -0.050\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
NIGD	$y(t_i)= 1.071+0.034t +0.153\sin(2\pi f_1 t_i) +0.153\cos(2\pi f_1 t_i) +0.073\sin(2\pi f_2 t_i)-0.157\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.101\sin(2\pi f_3 t_i) -0.069\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$

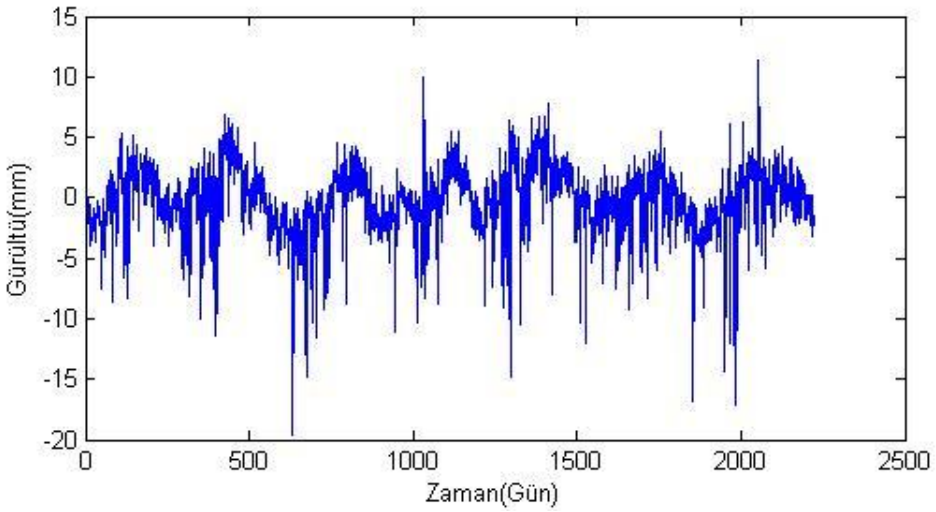
Çizelge 5.11. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşenleri için trend ve periyodik modelleri.

İstasyon Adı	Trend Ve Periyodik Model
AKHR	$y(t_i)= 14.442-0.014t -1.376\sin(2\pi f_1 t_i) -0.323\cos(2\pi f_1 t_i) -0.516\sin(2\pi f_2 t_i)-0.212\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.460\sin(2\pi f_3 t_i) +0.137\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
AKSI	$y(t_i)= 22.796-0.006t +0.197\sin(2\pi f_1 t_i) -1.145\cos(2\pi f_1 t_i) -0.399\sin(2\pi f_2 t_i)-1.428\cos(2\pi f_2 t_i) -0.699\sin(2\pi f_3 t_i) -0.720\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
AKSR	$y(t_i)= -1.523-0.010t -0.041\sin(2\pi f_1 t_i) +0.438\cos(2\pi f_1 t_i) -0.046\sin(2\pi f_2 t_i) -0.021\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.748\sin(2\pi f_3 t_i) -0.313\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
ANRK	$y(t_i)= -8.379+0.002t -0.103\sin(2\pi f_1 t_i) +0.184\cos(2\pi f_1 t_i) +1.672\sin(2\pi f_2 t_i)+0.288\cos(2\pi f_2 t_i) -0.652\sin(2\pi f_3 t_i) -0.138\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
BEYS	$y(t_i)= 5.130-0.002t +0.573\sin(2\pi f_1 t_i) -0.142\cos(2\pi f_1 t_i) -0.102\sin(2\pi f_2 t_i) -0.230\cos(2\pi f_2 t_i) -0.259\sin(2\pi f_3 t_i) -0.571\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
CIHA	$y(t_i)= 3.619-0.004t -0.271\sin(2\pi f_1 t_i) +0.005\cos(2\pi f_1 t_i) -0.023\sin(2\pi f_2 t_i)+0.506\cos(2\pi f_2 t_i) -0.536\sin(2\pi f_3 t_i) +0.287\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
HYMN	$y(t_i)= -0.106-0.004t -0.412\sin(2\pi f_1 t_i) +1.005\cos(2\pi f_1 t_i) -0.483\sin(2\pi f_2 t_i)+0.304\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.243\sin(2\pi f_3 t_i) +0.002\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KAMN	$y(t_i)= -9.961-0.040t +0.530\sin(2\pi f_1 t_i) -0.658\cos(2\pi f_1 t_i) +0.420\sin(2\pi f_2 t_i) -0.531\cos(2\pi f_2 t_i) -0.185\sin(2\pi f_3 t_i) +0.203\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KAPN	$y(t_i)= 5.733-0.020t +0.392\sin(2\pi f_1 t_i) -0.663\cos(2\pi f_1 t_i) -0.348\sin(2\pi f_2 t_i) -1.031\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.563\sin(2\pi f_3 t_i) +1.252\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KIRS	$y(t_i)= -8.418-0.002t -1.772\sin(2\pi f_1 t_i) -0.269\cos(2\pi f_1 t_i) +0.575\sin(2\pi f_2 t_i)+0.174\cos(2\pi f_2 t_i) -0.219\sin(2\pi f_3 t_i) +0.422\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
KLUU	$y(t_i)= -5.703+0.002t -0.096\sin(2\pi f_1 t_i) +0.667\cos(2\pi f_1 t_i) +0.376\sin(2\pi f_2 t_i) -0.493\cos(2\pi f_2 t_i) -0.625\sin(2\pi f_3 t_i) +0.244\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
NEVS	$y(t_i)= 5.215-0.001t +0.576\sin(2\pi f_1 t_i) +0.249\cos(2\pi f_1 t_i) -0.195\sin(2\pi f_2 t_i)+0.037\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.838\sin(2\pi f_3 t_i) +0.066\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$
NIGD	$y(t_i)= 10.095+0.001t +0.437\sin(2\pi f_1 t_i) +0.828\cos(2\pi f_1 t_i) -0.094\sin(2\pi f_2 t_i) -0.743\cos(2\pi f_2 t_i)+ 0.026\sin(2\pi f_3 t_i) +0.336\cos(2\pi f_3 t_i)+ v(t_i)$

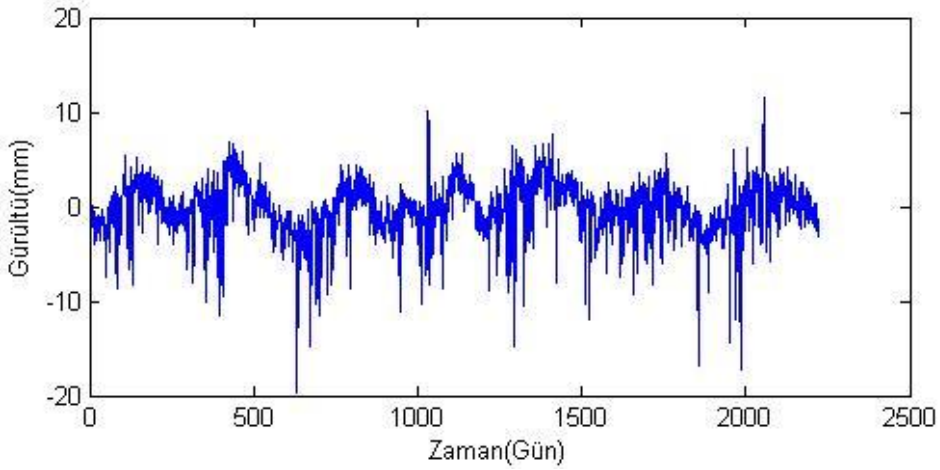
5.3 Gürültü Analizi

İstasyonlardan elde edilen gürültü verilerine frekans bölgesi kestiricilerden, Periyodogram tabanlı kestirim yöntemi ve Dalgacık tabanlı kestirim yöntemi uygulanarak, GNSS zaman serisi gürültü bileşenlerinden renkli gürültü indeksi γ (izgesel parametre; spektral indis) değerleri belirlenmiştir.

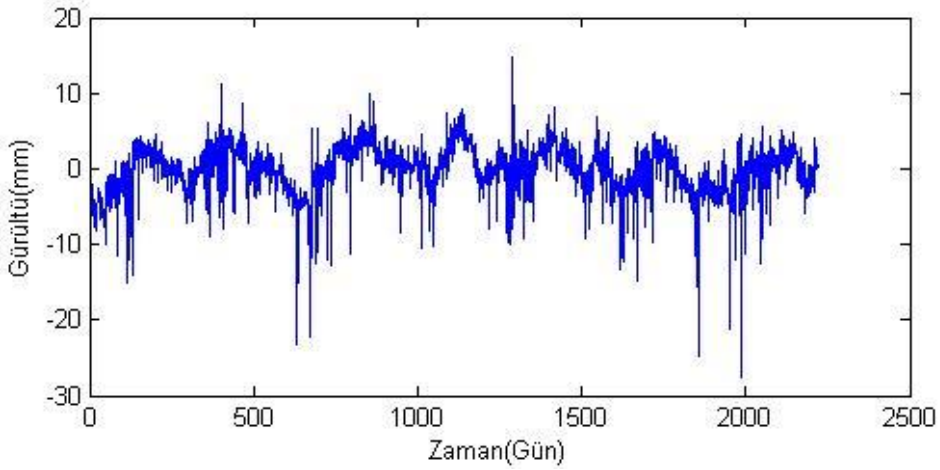
Aşağıda AKHR istasyonunun kuzey, doğu ve yükseklik koordinatlarına ait gürültü-zaman grafikleri sırasıyla Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Tüm istasyonların her bir koordinat bileşenine ait gürültü-zaman grafikleri ise Ek B'de verilmiştir.



Şekil 5.6. AKHR istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



Şekil 5.7. AKHR istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.

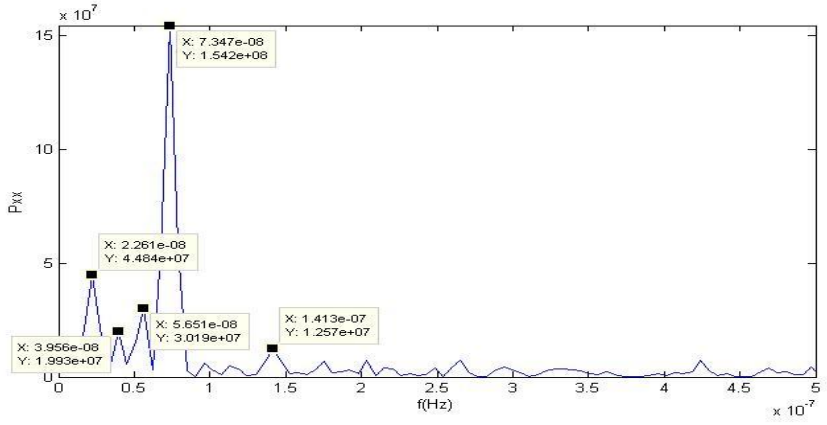


Şekil 5.8. AKHR istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.

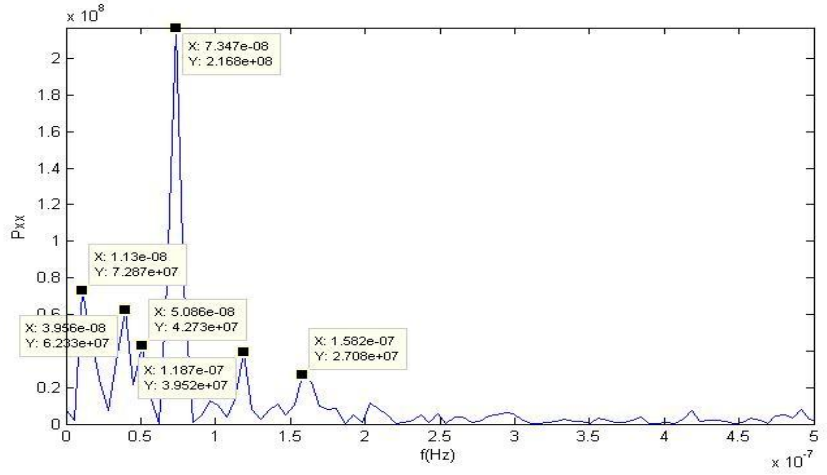
Periyodogram Tabanlı Yöntemde (PTY) sinyallerin güç izgeleri (4.1)'de verilen eşitlik ile kestirilmektedir. GNSS istasyonlarından elde edilen gürültü verilerine bu yöntem uygulanarak sinyallerin içerisinde açık veya saklı halde bulunabilen periyodik bileşen ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda tüm istasyonların her bir koordinat bileşeni için Periyodogram yöntemi uygun MATLAB program koduyla ayrı ayrı uygulanmıştır. Uygulama sonucu elde edilen güç izgeleri incelendiğinde sinyallerde var olan periyodik bileşenin genlikleri ile orantılı olacak şekilde bazı frekanslarda tepe (peak) ürettiği görülmüştür. Bu tepeler tüm istasyonlar için oluşturulan güç izgesi–frekans grafiklerinde işaretlenmiştir.

Şekil 5.9'da AKHR istasyonunun kuzey bileşeninin, Şekil 5.10'da doğu bileşeninin güç izgesi–frekans grafiği verilmiştir. Aynı şekilde AKHR istasyonunun yükseklik

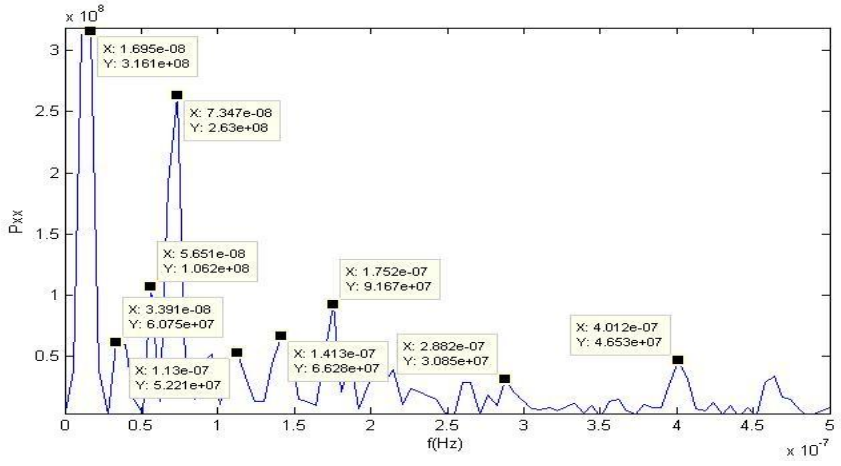
bileşeninin güç izgesi–frekansı da Şekil 5.11'de verilmiştir. Tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait güç izgesi–frekans grafikleri ise Ek C'de verilmiştir.



Şekil 5.9. AKHR istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



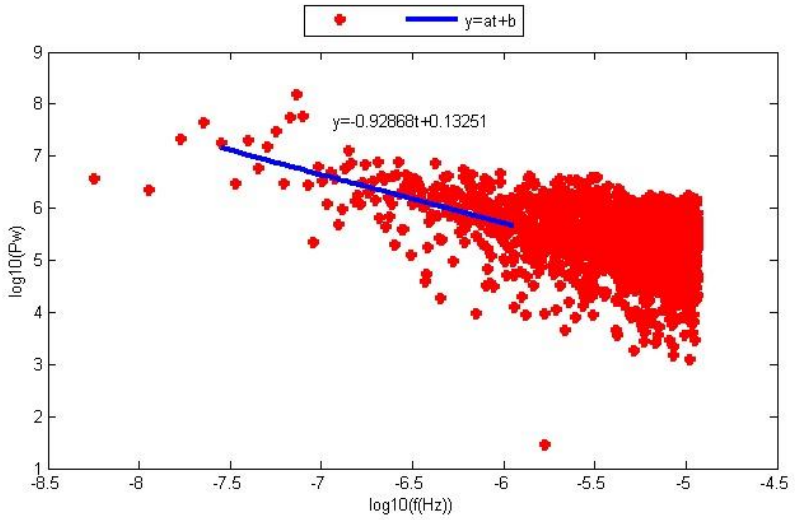
Şekil 5.10. AKHR istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



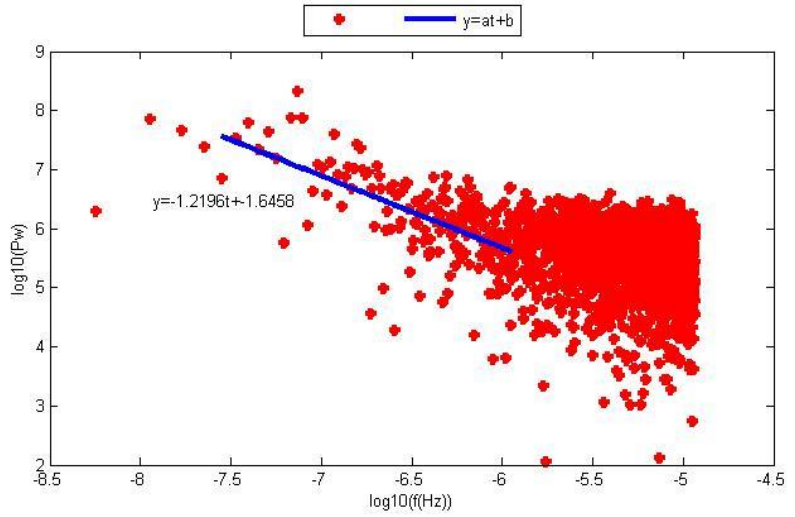
Şekil 5.11. AKHR istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.

Periyodogram yöntemi ile belirlenen güç izgesi, frekans ile güç yasası ilişkisi gereğince (4.2) eşitliğindeki gibi değişmektedir. Bu ilişki doğrultusunda Bölüm 4.1'de anlatıldığı üzere (4.3)'de verilen eşitlikten elde edilecek "$y = at+b$" şeklindeki bir doğru denklemi, eksenleri y = $\log_{10}(P_w)$ ve x = $\log_{10}|(f)|$ olan iki boyutlu bir şekil ile çizdirildiğinde, belli bir eğim boyunca sıralanan güç izgesi değerleri elde edilmiş olacaktır. Elde edilen değerlere "En Küçük Kareler (least squares)" yöntemi kullanılarak bir doğru uydurulmuştur. $1/f$ davranışı genellikle düşük frekans bölgelerinde gözlendiği için doğrusal uydurma ölçeğin ilk %10'luk bölümünde uygulanmıştır. Daha sonra ise bu doğrunun eğimi, -γ değerini verdiğinden eğim değerlerinden γ renkli gürültü indeksi değerleri kestirilmiştir. PTY ile kestirilen bu γ renkli gürültü indeksi değerleri ise Çizelge 5.21, 5.22 ve 5.23'de Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yöntemle elde edilen değerler ile birlikte verilmiştir.

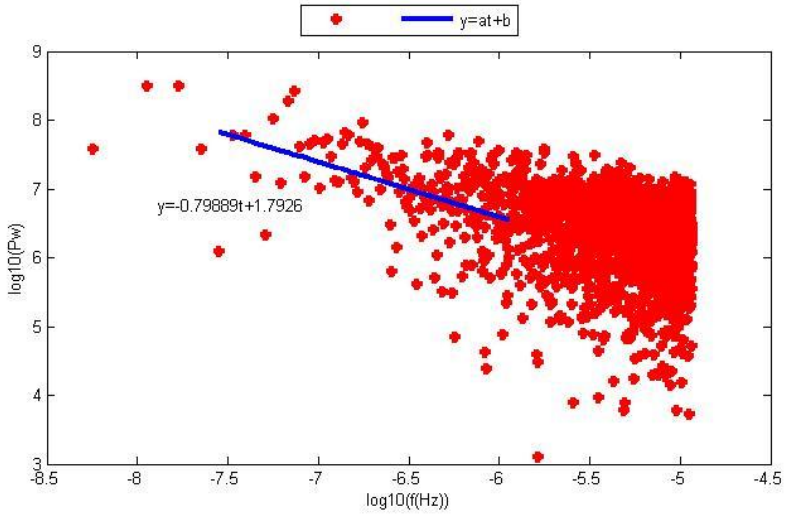
Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te ise sırasıyla AKHR istasyonun kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine uygulanan Periyodik Tabanlı Yöntemin log-log ölçekli grafikleri verilmiştir. Oluşturulan bu grafiklerde çoğunlukla baskın tepeler düşük frekans bölgelerinde (-7.5 ve -7 arası) gözlenmiştir. Tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait PTY ile parametre kestirimi grafikleri Ek D'de verilmiştir.



Şekil 5.12. AKHR istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



Şekil 5.13. AKHR istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



Şekil 5.14. AKHR istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.

GNSS İstasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine Periyodogram Tabanlı Yöntem uygulanarak kestirilen gürültü parametresi değerinin belirlenmesi için uydurulan lineer fonksiyonların parametreleri sırasıyla Çizelge 5.12, Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14 verilmiştir. m_o dengeleme sonucu elde edilen birim ağırlıklı standart sapma ve m_k ise sırası ile a ve b parametrelerinin standart sapmalarıdır.

Çizelge 5.12. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşeninin PTY ile kestirimi sonucu lineer fonksiyon katsayıları ve standart sapmaları.

İstasyon Adı	a	b	m_o	m_k	
AKHR	-0.9287	0.1325	0.5135	0.1042	0.6621
AKSI	-1.6026	-3.8326	0.5533	0.1123	0.7135
AKSR	-1.0572	-1.1714	0.6167	0.1252	0.7952
ANRK	-1.0030	-0.7538	0.5327	0.1081	0.6868
BEYS	-1.2178	-1.9901	0.6789	0.1378	0.8754
CIHA	-1.1835	-1.8827	0.5879	0.1193	0.7581
HYMN	-1.1641	-1.6483	0.5767	0.1170	0.7435
KAMN	-1.3726	-1.3726	0.5461	0.1108	0.7041
KAPN	-2.0402	-6.9053	0.5948	0.1207	0.7669
KIRS	-1.1830	-1.8900	0.6544	0.1328	0.8438
KLUU	-1.3194	-2.7125	0.5622	0.1141	0.7249
NEVS	-0.9168	-0.1471	0.5466	0.1109	0.7048
NIGD	-0.8563	0.1793	0.5961	0.1210	0.7686

Çizelge 5.13. GNSS İstasyonlarının doğu bileşeninin PTY ile kestirimi sonucu lineer fonksiyon katsayıları ve standart sapmaları.

İstasyon Adı	a	b	m_o	m_k	
AKHR	-1.2196	-1.6458	0.5795	0.1176	0.7471
AKSI	-2.1309	-7.1839	0.5291	0.1074	0.6822
AKSR	-1.0596	-1.1227	0.5957	0.1209	0.7680
ANRK	-0.6744	1.2489	0.5602	0.1137	0.7223
BEYS	-1.0596	-1.0450	0.5901	0.1197	0.7608
CIHA	-0.9175	-0.2389	0.5042	0.1023	0.6501
HYMN	-0.9637	-0.4452	0.5489	0.1114	0.7078
KAMN	-1.4641	-3.4505	0.5537	0.1123	0.7139
KAPN	-2.0186	-6.4899	0.5513	0.1119	0.7108
KIRS	-0.9432	-0.3508	0.5777	0.1172	0.7449
KLUU	-1.3569	-2.9243	0.5421	0.1100	0.6990
NEVS	-0.9566	-0.4165	0.5874	0.1192	0.7574
NIGD	-1.0535	-0.9783	0.5549	0.1126	0.7155

Çizelge 5.14. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşeninin PTY ile kestirimi sonucu lineer fonksiyon katsayıları ve standart sapmaları.

İstasyon Adı	a	b	m_o	m_k	
AKHR	-0.7989	1.7926	0.5953	0.1208	0.7676
AKSI	-1.3245	-1.2751	0.4966	0.1008	0.6403
AKSR	-0.9646	0.5156	0.5365	0.1089	0.6918
ANRK	-0.8907	1.2304	0.5000	0.1015	0.6447
BEYS	-0.9124	0.8047	0.5344	0.1084	0.6890
CIHA	-0.7534	1.6457	0.5004	0.1015	0.6452
HYMN	-0.9622	0.4725	0.4990	0.1013	0.6433
KAMN	-1.0142	0.3064	0.5402	0.1096	0.6965
KAPN	-1.1810	-0.8783	0.6829	0.1386	0.8805
KIRS	-1.0206	0.0444	0.6028	0.1223	0.7773
KLUU	-0.9471	0.5050	0.5681	0.1153	0.7326
NEVS	-1.0047	0.2502	0.5823	0.1182	0.7508
NIGD	-0.6776	2.2061	0.5941	0.1206	0.7660

$1/f$ süreçlerin dalgacık katsayılarının değişintileri güç yasası ilişkisi gereğince değişmektedir. Bu özellikten yararlanan dalgacık tabanlı parametre kestirim yönteminde (DTY) parametre kestirimi (4.8) eşitliğiyle verilen ilişkiyle sağlanmaktadır. Bölüm 4.2'de de anlatıldığı üzere (4.9)'da verilen eşitlikten edinilecek "$y = at + b$" şeklindeki bir doğru denklemi, eksenleri $y = \log_2(var\{x_n^m\})$ ve $x = m$ olan iki boyutlu bir şekil ile çizdirildiğinde belirli bir eğim boyunca sıralanan dalgacık katsayıları varyansı değerleri elde edilmiştir. Daha sonra ise elde edilen değerlere "En Küçük Kareler (least squares)" yöntemi ile bir doğru uydurulmuştur. Uygulamada bu doğrusal uydurma için ilk iki ölçek hesaba katılmamıştır. Sonrasında bu doğrunun eğimi, -γ değerini verdiğinden bu değerlerin ters işaretlisi alınarak γ renkli gürültü indeksi değerleri kestirilmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.21, 5.22 ve 5.23'de Periyodik Tabanlı Yöntem ile elde edilen parametre değerleri ile birlikte verilmiştir.

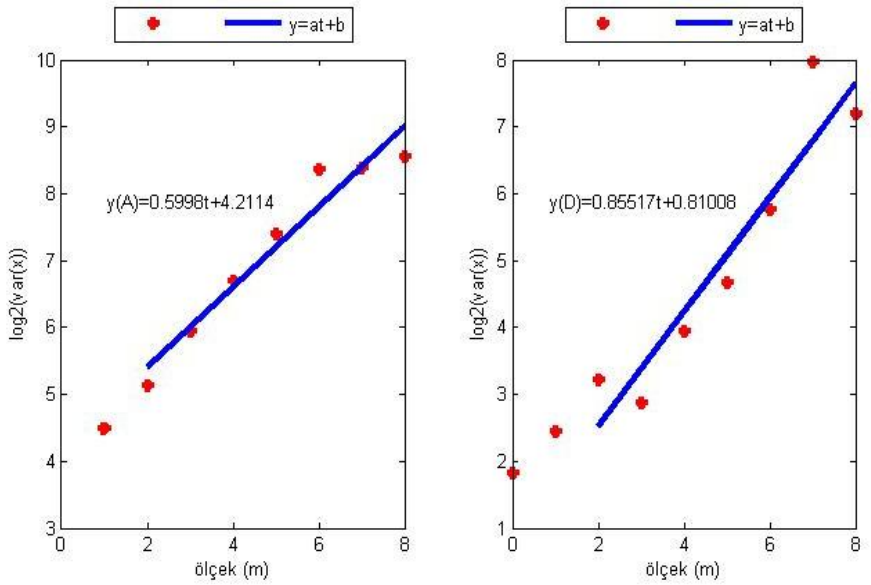
Şekil 5.15'te AKHR istasyonun kuzey bileşenine Dalgacık Tabanlı Yöntem uygulanarak elde edilen yaklaşıklık ve detay dalgacık katsayıları değişintilerinin ölçek boyutunda gösterdiği farklılıklar grafiklerle verilmiştir. Grafiklere bakıldığında yaklaşıklık katsayısına ait grafikte değerler yaklaşık bir doğru üzerinde dizilirken

6’ncı ölçekte dalgacık katsayıları değişintilerinde bir artma olduğu tespit edilmiştir. Detay katsayılarına ait grafikte ise dalgacık katsayıları değişintileri yaklaşık olarak doğrusal devam ederken 6-8 arası ölçekte bir artış göstermiştir.

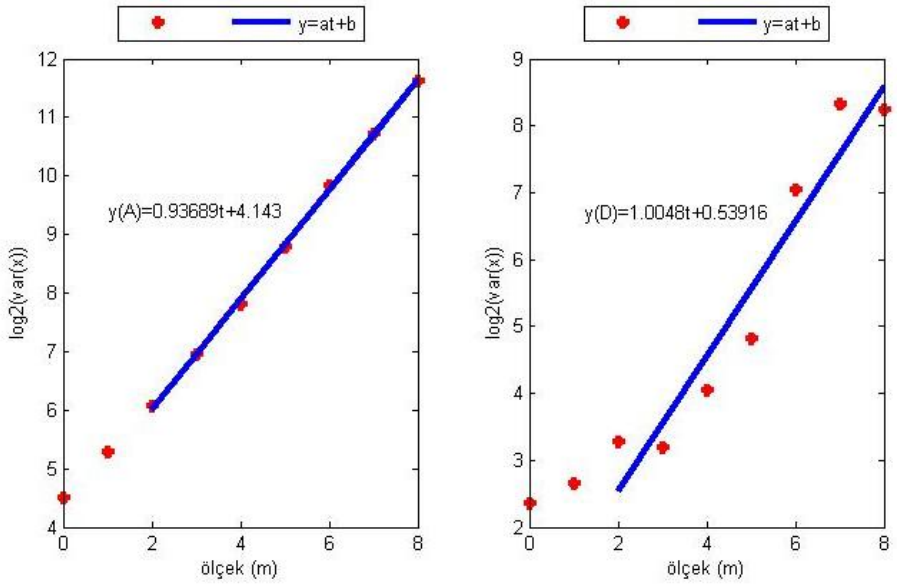
AKHR istasyonunun doğu bileşenine ait elde edilen yaklaşıklık ve detay dalgacık katsayıları değişintileri grafikleri ise Şekil 5.16’da verilmiş olup grafikler incelendiğinde yaklaşıklık katsayılarına ait grafikte görüldüğü üzere değerler bir doğru üzerinde dizilmektedir. Detay katsayıları grafiğinde ise değerler yaklaşık olarak doğruya yakın olurken 6-8 arası ölçekte bir artış gerçekleştirmiştir.

Şekil 5.17’de verilen AKHR istasyonu yükseklik bileşeninin yaklaşıklık dalgacık katsayıları değişintileri değerlerinin genel olarak bir doğru üzerinde dizildiği görülmektedir. Diğer grafikte ise detay dalgacık katsayı değerleri doğrusal olarak devam ederken 6’ncı ölçekte bir artma olduğu tespit edilmiştir.

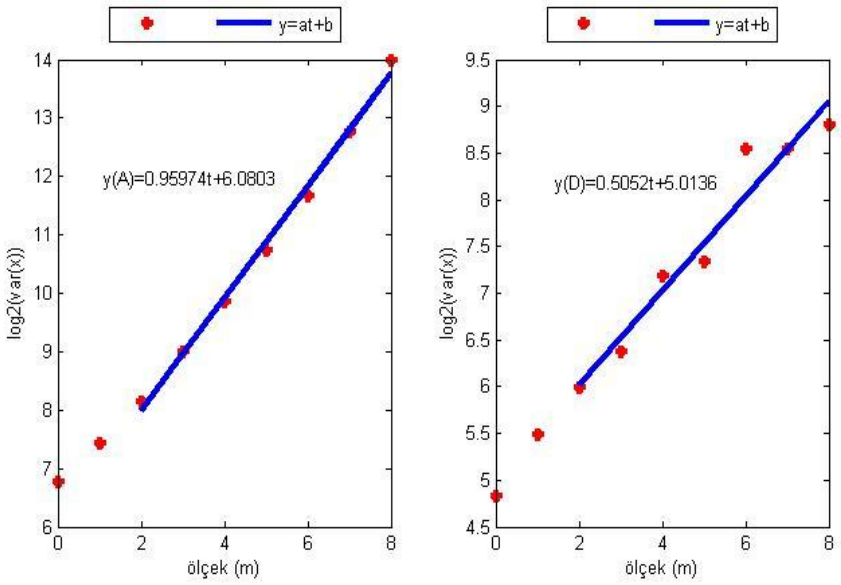
Sonuç olarak AKHR istasyonun dalgacık katsayıları değişinti değerlerine ait doğrusallıktan sapmalar, yaklaşıklık katsayıları değişintilerinde daha az gözlenmiştir. Tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait DTY ile parametre kestirimi sonucu elde edilen yaklaşıklık ve detay dalgacık katsayıları değişintilerinin ölçek boyutunda gösterim grafikleri Ek E’de verilmiştir.



Şekil 5.15. AKHR istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



Şekil 5.16. AKHR istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



Şekil 5.17. AKHR istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).

Dalgacık Tabanlı Yöntem uygulanarak kestirilen parametreler tüm istasyonların yaklaşıklık ve detay katsayılarına ait sonuçları sırasıyla kuzey bileşeni için Çizelge 5.15 ve Çizelge 5.16'da, doğu bileşeni için Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18'de, yükseklik bileşeni için de Çizelge 5.19 ve Çizelge 5.20'de verilmiştir. m_o dengeleme sonucu elde edilen birim ağırlıklı standart sapma ve m_k ise sırası ile a ve b parametrelerinin standart sapmalarıdır.

Çizelge 5.15. GNSS İstasyonları kuzey bileşeninin DTY ile kestirilen yaklaşıklık katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri.

İstasyon Adı	a	b	m_o	mk	
AKHR	0.5998	4.2114	0.3569	0.0674	0.3632
AKSI	0.9946	6.5284	0.0924	0.0175	0.0941
AKSR	0.7416	2.3355	0.2287	0.0432	0.2327
ANRK	0.6260	3.1102	0.3756	0.0710	0.3822
BEYS	0.7322	4.4461	0.2198	0.0415	0.2237
CIHA	1.0292	3.2622	0.3803	0.0719	0.3870
HYMN	1.1365	1.5049	0.5210	0.0985	0.5302
KAMN	1.0385	3.1118	0.1690	0.0319	0.1720
KAPN	0.7343	7.2018	0.5307	0.1003	0.5401
KIRS	1.2408	1.2676	0.4113	0.0777	0.4186
KLUU	1.2011	1.3698	0.3109	0.0588	0.3164
NEVS	0.9502	1.1334	0.4721	0.0892	0.4805
NIGD	0.9338	2.2135	0.1795	0.0339	0.1826

Çizelge 5.16. GNSS İstasyonları kuzey bileşeninin DTY ile kestirilen detay katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri.

İstasyon Adı	a	b	m_o	mk	
AKHR	0.8552	0.8101	0.7252	0.1370	0.7380
AKSI	1.6377	-1.5812	0.4708	0.0890	0.4791
AKSR	1.0022	-1.4337	0.2751	0.0520	0.2799
ANRK	1.1895	-2.0110	0.4994	0.0944	0.5082
BEYS	1.1498	-1.2474	1.4785	0.2794	1.5047
CIHA	1.2722	-2.3482	0.8084	0.1528	0.8227
HYMN	0.9600	-0.6739	0.7071	0.1336	0.7196
KAMN	1.2344	-2.0555	0.6556	0.1239	0.6672
KAPN	1.9413	-3.3617	0.8858	0.1674	0.9015
KIRS	0.9374	-0.6446	0.6789	0.1283	0.6909
KLUU	0.9228	-0.6072	0.6694	0.1265	0.6813
NEVS	0.8228	-0.4443	0.2617	0.0495	0.2663
NIGD	1.2132	-1.9219	0.5499	0.1039	0.5596

Çizelge 5.17. GNSS İstasyonları doğu bileşeninin DTY ile kestirilen yaklaşıklık katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri.

İstasyon Adı	a	b	m_o	mk	
AKHR	0.9369	4.1430	0.0599	0.0113	0.0610
AKSI	0.4261	7.4694	0.5281	0.0998	0.5375
AKSR	0.6790	2.4137	0.1432	0.0271	0.1458
ANRK	0.6858	1.4149	0.2820	0.0533	0.2870
BEYS	0.8048	3.1359	0.1004	0.0190	0.1021
CIHA	0.9078	1.6148	0.1686	0.0319	0.1716
HYMN	1.0295	0.8658	0.5202	0.0983	0.5294
KAMN	0.9507	3.8715	0.0688	0.0130	0.0700
KAPN	0.8952	6.9224	0.1243	0.0235	0.1265
KIRS	0.5630	2.6405	0.1523	0.0288	0.1550
KLUU	0.1891	5.0359	1.1507	0.2175	1.1711
NEVS	0.5952	2.0849	0.5236	0.0989	0.5328
NIGD	0.5710	3.0596	0.3199	0.0604	0.3255

Çizelge 5.18. GNSS İstasyonları doğu bileşeninin DTY ile kestirilen detay katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri.

İstasyon Adı	a	b	m_o	m_k	
AKHR	1.0048	0.5392	0.6885	0.1301	0.7007
AKSI	1.6056	-1.2376	1.0688	0.2020	1.0877
AKSR	0.8507	-0.6150	0.5216	0.0986	0.5309
ANRK	0.5808	0.0904	0.2644	0.0500	0.2691
BEYS	0.9297	-0.5617	0.6761	0.1278	0.6881
CIHA	1.0710	-1.6255	0.5000	0.0945	0.5089
HYMN	0.7947	-0.1017	0.2764	0.0522	0.2813
KAMN	1.2153	-1.4457	0.7213	0.1363	0.7340
KAPN	1.8459	-2.1106	1.0853	0.2051	1.1045
KIRS	0.7975	-0.2261	0.3758	0.0710	0.3824
KLUU	1.2022	-1.6442	0.5826	0.1101	0.5929
NEVS	0.6352	0.3658	0.4484	0.0847	0.4564
NIGD	0.9409	-0.6634	0.1714	0.0324	0.1744

Çizelge 5.19. GNSS İstasyonları yükseklik bileşeninin DTY ile kestirilen yaklaşıklık katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri.

İstasyon Adı	a	b	m_o	m_k	
AKHR	0.9597	6.0803	0.1643	0.0310	0.1672
AKSI	0.9779	7.4532	0.2798	0.0529	0.2848
AKSR	0.2767	6.6411	0.8530	0.1612	0.8681
ANRK	0.5794	6.6235	0.2345	0.0443	0.2387
BEYS	0.1460	7.0632	0.7717	0.1458	0.7854
CIHA	0.8009	4.8996	0.2412	0.0456	0.2455
HYMN	0.2837	6.8074	0.7982	0.1508	0.8123
KAMN	1.1640	5.8215	0.1799	0.0340	0.1831
KAPN	0.6447	7.2300	0.3450	0.0652	0.3511
KIRS	0.4618	6.5884	0.4475	0.0846	0.4554
KLUU	0.1669	7.5017	0.9823	0.1856	0.9997
NEVS	0.5693	6.3527	0.3001	0.3001	0.3054
NIGD	0.5094	5.5204	0.7290	0.7290	0.7419

Çizelge 5.20. GNSS İstasyonları yükseklik bileşeninin DTY ile kestirilen detay katsayıları için lineer regresyon katsayıları değerleri.

İstasyon Adı	a	b	m_o	m_k	
AKHR	0.5052	5.0136	0.2829	0.0535	0.2879
AKSI	0.8261	5.0064	0.7318	0.1383	0.7447
AKSR	0.8314	2.7484	0.4370	0.0826	0.4448
ANRK	0.8570	3.3781	0.2589	0.0489	0.2635
BEYS	0.7202	3.4448	0.4206	0.0795	0.4280
CIHA	0.8944	1.9591	0.5464	0.1033	0.5560
HYMN	0.9367	2.1629	0.3583	0.0677	0.3646
KAMN	0.7628	3.2462	0.2947	0.0557	0.2999
KAPN	1.2657	1.4844	0.8759	0.1655	0.8914
KIRS	0.9939	2.1035	0.5562	0.1051	0.5661
KLUU	0.9751	2.1860	0.6811	0.1287	0.6931
NEVS	0.9660	2.3981	0.7045	0.1331	0.7169
NIGD	0.7317	3.0890	0.5279	0.0998	0.5373

GNSS teknolojilerinin kullanıldığı özellikle jeodinamik çalışmalarda, doğru nokta hızları ve standart sapmalarının elde edilmesi oldukça önemlidir. GNSS zaman serilerinin zamandan bağımsız beyaz gürültü ve zamanla korelasyonlu $1/f$ renkli gürültü içerdiği de birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır.

GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine Dalgacık Tabanlı Yöntem ve Periyodik Tabanlı Yöntem uygulanarak doğruların eğiminden kestirilen renkli gürültü indeksi γ değerleri Çizelge 5.21, Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.23'de sırasıyla verilmiştir. Çizelge 5.21, 5.22 ve 5.23 incelendiğinde kesirli spektral indislerin -1'e yakın değerler olduğu görülmektedir. Kestirim sonuçlarında görülen farklılıklar ise verilerde periyodiklik etkisinin olduğunun bir göstergesidir.

Çizelge 5.21. GNSS İstasyonlarının kuzey bileşeni için Dalgacık tabanı ve Periyodogram yöntemi kullanılarak kestirilen γ renkli gürültü indeksi değerleri.

İstasyon Adı	**γ Renkli Gürültü İndeksi Değerleri**		
	PTY	**DTY Yaklaşım Değerleri için**	**DTY Detay Değerleri için**
AKHR	-0.9287	-0.5998	-0.8552
AKSI	-1.6026	-0.9946	-1.6377
AKSR	-1.0572	-0.7416	-1.0022
ANRK	-1.0030	-0.6260	-1.1895
BEYS	-1.2178	-0.7322	-1.1498
CIHA	-1.1835	-1.0292	-1.2722
HYMN	-1.1641	-1.1365	-0.9600
KAMN	-1.3726	-1.0385	-1.2344
KAPN	-2.0402	-0.7343	-1.9413
KIRS	-1.1830	-1.2408	-0.9374
KLUU	-1.3194	-1.2011	-0.9228
NEVS	-0.9168	-0.9502	-0.8228
NIGD	-0.8563	-0.9338	-1.2132

Çizelge 5.22. GNSS İstasyonlarının doğu bileşeni için Dalgacık tabanı ve Periyodogram yöntemi kullanılarak kestirilen γ renkli gürültü indeksi değerleri.

İstasyon Adı	γ Renkli Gürültü İndeksi Değerleri		
	PTY	DTY Yaklaşım Değerleri için	DTY Detay Değerleri için
AKHR	-1.2196	-0.9369	-1.0048
AKSI	-2.1309	-0.4261	-1.6056
AKSR	-1.0596	-0.6790	-0.8507
ANRK	-0.6744	-0.6858	-0.5808
BEYS	-1.0596	-0.8048	-0.9297
CIHA	-0.9175	-0.9078	-1.0710
HYMN	-0.9637	-1.0295	-0.7947
KAMN	-1.4641	-0.9507	-1.2153
KAPN	-2.0186	-0.8952	-1.8459
KIRS	-0.9432	-0.5630	-0.7975
KLUU	-1.3569	-0.1891	-1.2022
NEVS	-0.9566	-0.5952	-0.6352
NIGD	-1.0535	-0.5710	-0.9409

Çizelge 5.23. GNSS İstasyonlarının yükseklik bileşeni için Dalgacık tabanı ve Periyodogram yöntemi kullanılarak kestirilen γ renkli gürültü indeksi değerleri.

İstasyon Adı	γ Renkli Gürültü İndeksi Değerleri		
	PTY	DTY Yaklaşım Değerleri için	DTY Detay Değerleri için
AKHR	-0.7989	-0.9597	-0.5052
AKSI	-1.3245	-0.9779	-0.8261
AKSR	-0.9646	-0.2767	-0.8314
ANRK	-0.8907	-0.5794	-0.8570
BEYS	-0.9124	-0.1460	-0.7202
CIHA	-0.7534	-0.8009	-0.8944
HYMN	-0.9622	-0.2837	-0.9367
KAMN	-1.0142	-1.1640	-0.7628
KAPN	-1.1810	-0.6447	-1.2657
KIRS	-1.0206	-0.4618	-0.9939
KLUU	-0.9471	-0.1669	-0.9751
NEVS	-1.0047	-0.5693	-0.9660
NIGD	-0.6776	-0.5094	-0.7317

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde GNSS istasyonları yardımı ile konum bilgilerindeki değişimler, zamanın fonksiyonu şeklinde incelenebilmektedir. Bu tür verilerden genellikle yer kabuğunun gösterdiği kayma hareketlerinde gözlemler yapılması ve yerin kayma hızının kestirilmesi gibi amaçlar için yararlanılmaktadır. GNSS gözlemlerinin bir modele uyduğu varsayılmaktadır. Bu model ise içinde doğrusal kayma, yarıyıllık ve yıllık salınımlar, deprem sonrası logaritmik salınım ve bir başlangıç noktası bileşenlerinin yanı sıra bir de gürültü bileşenini barındırmaktadır. Modeldeki parametrelerin doğru olarak kestirilmesi verinin uygun modellenebilmesine, uygun bir modelleme ise gürültü sinyalinin nasıl bir gürültü olduğunun doğru kestirimine bağlıdır. GNSS verilerine ait gürültü, ölçüm hatalarından kaynaklanan zamandan bağımsız beyaz gürültü ve GNSS alıcısının bulunduğu yerin kararsızlığından kaynaklanan zamana bağımlı renkli $1/f$ gürültünün birleşimi olduğu varsayılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, GNSS zaman serilerinin analizi ve renkli $1/f$ gürültü indeksi γ'nın belirlenmesi için;

- GNSS verileri modellenmeden önce, seri içindeki ölçüm hatalarından kaynaklanan uyuşumsuz ölçüler giderilmiş ve eksik ölçümlerden kaynaklanan veri boşlukları modelden yeniden hesaplanmıştır. Daha sonra ise önceden belirlenmiş, yıllık, yarıyıllık ve mevsimsel değişimlerin ve yerkabuğunun yer değiştirme hızının tanımlandığı matematiksel modele dayandırılarak model parametreleri kestirildi. Başka bir ifade ile zaman serisinin bileşenleri ve bileşenlerin parametreleri belirlenmiştir.
- GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerinin zaman serilerinden serinin lineer değişimleri yani hız değerleri öngörülen lineer fonksiyon ile elde edilmiştir. Tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri için, t-dağılım tablosundan alınan değerler ile hesaplanan test büyüklüğü değerleri karşılaştırıldı ve test büyüklüğü değerlerinin %95 güven düzeyinde t dağılımı tablo değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Böylelikle, tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği yani istasyonlarda lineer bir hareketin var olduğu görülmüştür. İstasyonların konumlarındaki lineer hareketleri; kuzey yönündeki en büyük lineer hareket 20.82 mm/yıl ile KAPN istasyonunda, kuzey yönündeki en küçük lineer

hareket ise 8.91 mm/yıl ile AKHR istasyonunda görülmüştür. Doğu yönündeki en büyük lineer hareket ise 15.05 mm/yıl ile KAPN istasyonunda, en küçük lineer hareket ise 4.09 mm/yıl ile AKHR istasyonunda tespit edilmiştir. İstasyonların yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler incelendiğinde ANRK, KLUU, NIGD istasyonlarında (+) yönde lineer hareketler gözlenmiş yani yükseklikleri artmıştır. En büyük lineer hareket 0.84 mm/yıl değeri ile ANRK istasyonunda ve en düşük lineer hareket 0.22 mm/yıl değeri ile NIGD istasyonunda görülmüştür. AKHR, AKSI, AKSR, BEYS, CIHA, HYMN, KAMN, KAPN, KIRS ve NEVS istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler (-) yöndedir. En büyük lineer hareket -14.57 mm/yıl değeri ile KAMN istasyonunda ve en küçük lineer hareket -0.22 mm/yıl değeri ile NEVS istasyonunda tespit edilmiştir.

- GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait zaman serilerindeki trend bileşeni giderildikten sonra, seride var olan uzun zamanlı periyodik bileşenler belirlenip seriden ayrıştırılmıştır. Bunun için trigonometrik fonksiyon yani harmonik analiz ile fonksiyona ait bilinmeyen parametreler ve bu parametrelerin standart sapmaları EKKY'ye göre tespit edilmiştir. Belirlenen bu parametrelerin anlamlı olup olmadıkları ise lineer fonksiyondaki parametrelerin test edilmesine benzer şekilde test edilmiştir. Test sonucu, güven sınırından büyük olan katsayılara ait frekanslar ya da periyodik hareketler anlamlı kabul edilirken, güven sınırından küçük olan test büyüklüklerinin katsayıları da anlamsız kabul edilmiştir. Analiz sonucunda anlamlı frekans yani periyodik hareket verilerden giderildikten sonra, zaman serisinin stokastik kısmı (gürültü verileri) elde edilmiştir.
- İstasyonlardan elde edilen gürültü verilerine frekans bölgesi kestiricilerden, PTY ve DTY kestirim yöntemleri uygulanarak, GNSS zaman serisi gürültü bileşenlerinden renkli gürültü indeksi γ (izgesel parametre) değerleri belirlenmiştir.
- GNSS istasyonlarından elde edilen gürültü verilerine PTY yöntemi uygulanarak sinyallerin içerisinde açık veya saklı halde bulunabilen periyodik bileşen ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda tüm istasyonların her bir koordinat bileşeni için periyodogram yöntemi ayrı ayrı uygulanmıştır. Uygulama sonucu elde edilen güç izgeleri (*bir sinyalin gücünün frekans bölgelerine göre dağılımını verir*) incelendiğinde sinyallerde var olan periyodik bileşenin genlikleri ile

orantılı olacak şekilde bazı frekanslarda tepe (peak) ürettiği görülmüştür. Bu grafiklere uydurulan bir doğru denklemi ile belli bir eğim boyunca sıralanan güç izgesi değerleri elde edilmiştir. $1/f$ davranışı genellikle düşük frekans bölgelerinde gözlendiği için doğrusal uydurma ölçeğin ilk %10'luk bölümünde uygulanmıştır. Daha sonra ise bu doğrunun eğimi, $-\gamma$ değerini verdiğinden eğim değerlerinden renkli gürültü indeksi γ parametresinin değerleri kestirilmiştir.

- $1/f$ süreçlerde dalgacık katsayılarının varyansları güç yasası ilişkisi gereğince değişmektedir. Bu özellikten yararlanan Dalgacık tabanlı parametre kestirim yönteminde (DTY) parametre kestirimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen dalgacık katsayıları varyansı değerlerine uydurulan lineer fonksiyon ile fonksiyon parametreleri elde edilmiştir. Uygulamada bu doğrusal uydurma için ilk iki ölçek hesaba katılmamıştır. Sonrasında bu doğrunun eğimi, $-\gamma$ değerini verdiğinden bu değerlerin ters işaretlisi alınarak renkli gürültü indeksi γ değerleri kestirilmiştir.
- GNSS istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine Dalgacık Tabanlı Yöntem ve Periyodik Tabanlı Yöntem uygulanarak doğruların eğiminden kestirilen renkli gürültü indeksi γ izgesel parametre değerleri Çizelge 5.21, Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.23'de sırasıyla verilmiştir. Kestirim sonuçlarında görülen farklılıklar verilerde periyodiklik etkinin olduğunu göstermekte ve kesirli spektral indislerin -1'e yakın değerler olduğu görülmektedir. GNSS zaman serilerinin beyaz gürültü ve kesirli spektral indisli gürültü içerdiği ifade edilebilir.

KAYNAKLAR

Abry, P. ve Veich, D., 1998. Wavelet Based Analysis of Long-range Dependent Traffic, IEEE Transaction on Information Theory, 44, 1, 2–15.

Akdi Y., 2003. Zaman Serileri Analizi (Birim Kökler ve Kointegrasyon), Bıçaklar Kitabevi, Ankara.

Amiri-Simkooei, A.R., Tiberius, C.C.J.M. ve Teunis, P.J.G., 2007. Assessment of noise in GPS coordinate time series: Methodology and results, Journal of Geophysical Research, 112, B7.

Agnew, D.C., 1992. The time-domain behavior of power-law noises, Geophysical Research, 19, 333-336.

Ankışhan, H., 2007. Gürültülü Ses Sinyali İyileştirilmesine İkili Kalman Filtre Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Baykut, S., 2004. Ötümlü Konuşma Sesi Kalıntı Sinyallerinin $1/f$ Özelliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Baykut, S., Akgül, T. ve Ergintav, S., 2006. GPS Verilerinin Modellenmesi ve GPS Gürültüsü Analizi, 14. IEEE-Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, 17-19 Nisan, Antalya.

Baykut, S., 2012. Doğal Süreçlerde Gürültü Analizi Ve Sinyal Modellemeleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bektaş, C., 2007. Dünya Borsaları Getiri ve Mutlak Getiri Serilerinde Uzun-Dönemli Bağımlılık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Blewitt, G. ve Lavallee, D., 2002. Effect of Annual Signals on Geodetic Velocity, Journal of Geophysical Research, 107, B7.

Bos, M.S., Fernandes, R.M.S., Williams, S.D.P. ve Bastos, L., 2013. Fast error analysis of continuous GNSS observations with missing data, Journal of Geodesy, 87, 351-360.

Brillinger, D.R., 2002. John W. Tukey's work on time series and spectrum analysis, The Annuals of Statistics, 30, 1595-1618.

Calais, E., 1999. Continuous GPS measurements across theWestern Alps, 1996-1998. Geophysical Journal International, 138, 1, 221–230.

Cingöz, A., Erkan, Y., Kurt, Y.A. ve Peker, S., 2013. Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-(TUSAGA-Aktif) Sistemi, TMMOB Harita ve Kadastro

Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs, Ankara.

Dalğın S., 2009. Uzun Dönem GPS Zaman Serilerinin Analizi İle Kampanya Tipi GPS Ölçmelerinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Duman, H. ve Şanlı, D.U., 2017. GPS Zaman Serilerindeki Gürültü Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs, Ankara.

Erdoğan, H., 2006. Mühendislik yapılarındaki dinamik davranışların belirlenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erdoğan, H. ve Gülal, E., 2009. Boğaziçi Köprüsü Hareketlerinin Zaman Dizileri Analizi ile Belirlenmesi, HKM, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 1, 100.

Giorgi, G. ve Narduzzi, C., 2008. A Study of Measurement-Based Traffic Models for Network Diagnostics, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 57, 8.

Günel, A., 2003. Regresyon Denkleminin Başarısını Ölçmede Kullanılan Belirleme katsayısı ve Kritiği, Doğuş Üniversitesi Dergisi, 4, 2, 133-140.

Gülal, E., Erdoğan, H. ve Tiryakioğlu, İ., 2013. Research on the stability analysis of GNSS reference stations network by time series analysis, Elsevier, 13, 8, 1945-1957.

Güllüce H., 2015. Zaman Serileri Analizinde Hodrick Prescott Filtresinin Yeri ve Türkiye'nin GSYH Verileri için Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Harita Genel Komutanlığı, 2016. Türkiye Ulusal Jeodezi Programı, Ankara.

Kara, T., 2009. Sabit GPS İstasyonlarında Zaman Serileri Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Karakuş, F. ve Baki, A., 2011. İlköğretim 8. sınıf matematik öğretim programı ve ders kitaplarının fraktal geometri konusu kapsamında değerlendirilmesi. İlköğretim Online, 10, 3, 1081-1092.

Kazancı, Z.S., 2014. Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kurt, A.İ., 2009. Sabit GPS İstasyonları Zaman Serileri Analizinden Yararlanarak Kampanya Tipi GPS Ölçülerinin Hızlarının İyileştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kurt, A.İ. ve Deniz, R., 2009. Sabit GPS istasyonları zaman serileri analizi ile TUTGA hızlarının iyileştirilmesi, İTÜ Mühendislik Dergisi, 8, 3, 142-152.

Kurt, A.İ., 2017(a). TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonları Zaman Serilerinin Gürültü Özelliklerinin Analizi, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) Bilimsel Toplantısı-Sabit GNSS İstasyonları Uygulamaları 02-03 Kasım, İstanbul.

Kurt, A.İ., 2017(b). TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonları Zaman Serilerinin Gürültü Özelliklerinin Analizi, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) Bilimsel Toplantısı-Sabit GNSS İstasyonları Uygulamaları, Harita Genel Komutanlığı, özet Ankara.

Langbein, J. ve Johnson, H., 1997. Correlated Errors in Geodetic Time-series: Implications for Time Dependent Deformation, Journal of Geophysical Research, 102, 591-603.

Langbein, J., 2008. Noise in GPS displacement measurements from Southern California and Southern Nevada, Journal of Geophysical Research, 113, B5.

Langbein, J., 2012. Estimating rate uncertainty with maximum likelihood: differences between power-law and flicker–random-walk models, Journal of Geodesy, 86. 775-783.

Ljung, L., 1999. System Identification Theory for the User, Second Edition, Prentice Hall Ptr, Sweden.

Mallat, S., 1998. A Wavelet Tour on Signal Processing, Second Edition, Academic Pres, CA, USA.

Mandelbrot, B.B. ve Ness, J.W.V., 1968. Fractional Brownian Motions, Fractional Noise and Applications, SIAM Review, 10, 4, 422–437.

Mandelbrot, B.B., 1975. Les Objets fractals : Forme, Hasard et Dimension, Survol du Langage Fractal, Flammarion, Paris, France.

Mandelbrot, B.B., 1983. Fractal Geometry of Nature, W.H. Freeman and Company, NY, USA.

Manolakis, C.D.G., Ingle, V.K. ve Kogon, S.M., 2005. Statistical and Adaptive Signal Processing: Spectral Estimation, Signal Modeling, Adaptive Filtering, and Array Processing, ArtechHouse Inc., Norwood, MA.

Mao, A., Harrison, C.G.A. ve Dixon, T.H., 1999. Noise in GPS Coordinate Time series, Journal of Geophysical Research, 104, 2797-2896.

Nikolaidis, R., 2002. Observation of geodetic and seismic deformation with the Global Positioning System, PhD Thesis, University of California, San Diego.

Nistor, S. ve Buda, A.S., 2016. The Influence of Different Types of Noise on The Velocity Uncertainties in GPS Time Series Analysis, Acta Geodynamica et Geomaterialia, 13, 4, 387-394.

Oktar, O., 2015. Sabit GNSS İstasyonlarının Davranışlarının Dalgacık Dönüşümü ile Tanımlanması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Oktar, O. ve Erdoğan, H., 2016. GNSS İstasyonları Lineer Hareketlerinin Zaman Serileri Analizi İle Belirlenmesi, HKMO-Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 19-21 Ekim, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Özdemir, S., 2016. TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Hassas Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması Üzerine, Harita Dergisi, 155, 53-81.

Özek, T., 2010. Zaman Serisi Modelleri Üzerine Bir Simülasyon Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Ray, J., Griffiths J., Collilieux, X. ve Rebischung, P., 2013. Subseasonal GNSS positioning errors, Geophysical Research Letters, 40, 22, 5854–5860.

Santamaría-Gómez, A., Bouin, M.N., Collilieux, X. ve Woeppelmann, G., 2011. Correlated errors in GPS position time series: Implications for velocity estimates, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 116.

Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V. ve Lane, W.L., 1980. Applied Modeling of Hydrologic Time Series, Water Resources Publications, 484, Littleton, Colorado, USA.

Sevüktekin, S. ve Nargeleçekenler, M., 2005. Zaman Serileri Analizi, Nobel yayıncılık, Ankara.

Simav, M., Özlem, S., Demir, C. ve Yıldız, H., 2006. Sabit GPS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinin Analizi, Harita Dergisi, 136, 1-15.

Sincich, T., 1996. Business Statistics By Example, Prentice- Hall International Editions, 5, USA.

Şanlı, D.U., 2002. GPS zaman serilerinin analizi ve Türkiye için değerlendirmeler, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2002 Yılı Bilimsel Toplantısı, Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, İznik, Bildiriler ve Konuşma Tutanakları Kitabı, 216-225.

Taqqu, M.S., Teverovsky, V. ve Willinger, W., 1995. Estimators for Long-range Dependence: An Empirical Study, Fractals, 3, 4, 785–798.

Taqqu, M.S., 2003. Fractional Brownian Motion ve Long-Range Dependence. In Doukhan P., Oppenheim G. ve Taqqu M.S., editors,. Theory and Applications of Long-Range Dependence, 5-38, Birkhäuser, Basel.

Vaseghi, S.V., 2000. Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction, Second Edition, John Wiley and Sons.

Williams, S.D.P., 2003. The effect of coloured noise on the uncertainties of rates estimated from geodetic time series, Journal of Geodesy, 76, 483.

Williams, S.D.P., Bock Y., P. Fang P.J., Nikolaidis R.M., Prawirodirdjo L., Miller M. ve Johnson D.J., 2004. Error Analysis of Continuous GPS Position Time Series, Journal of Geophysical Research, 109, B03412.

Wornell, G.W., 1993. Wavelet-Based Representations for the 1/*f* Family of Fractal Processes, Proc. of IEEE, 81, 10, 1428–1450.

Wornell, G.W., 1995. Signal Processing With Fractals: A Wavelet-Based Approach, pp. 30-43, Prentice Hall, NJ. 5-3808.

Wyatt, F.K., 1982. Displacement of Surface Monuments: Horizontal Motion, Journal of Geophysical Research, 87, B2, 979-989.

Wyatt, F.K., 1989. Displacement of Surface Monuments: Vertical Motion , Journal of Geophysical Research, 94,B2, 1655-1664.

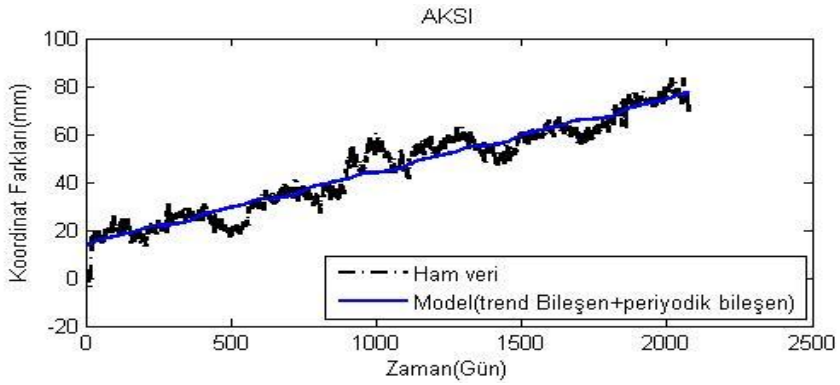
Yiğit, C.Ö., 2010. Yüksek Yapıların Farklı Sensörler ile Tam Ölçekli İzlenmesi ve Dinamik Parametrelerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Zhang, J., Bock, Y., Johnson, H., Fang, P., Williams, S., Genrich J., Wdowinski, S. ve Behr, J., 1997. Southern California Permanent GPS Geodetic Array: Error Analysis of Daily Position Estimates and Site Velocities, Journal of Geophysical Research, 102, 18,035-18,055.

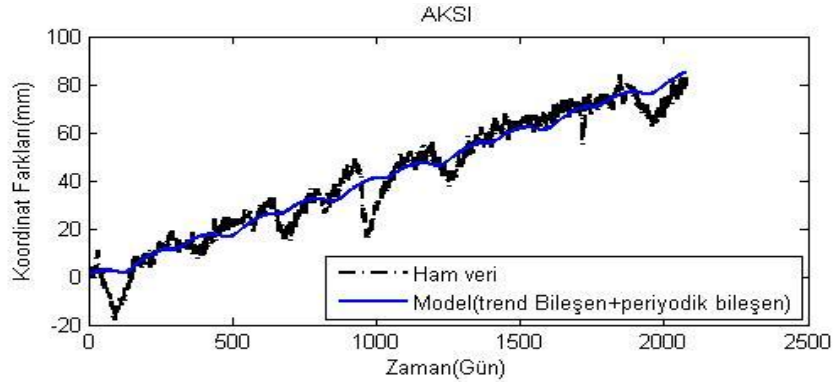
EKLER

EK A. İstasyonların ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.
EK B. İstasyonların gürültü- zaman grafikleri.
EK C. İstasyonların güç izgesi–frekans grafikleri.
EK D. İstasyonların Periyodogram tabanlı yöntem ile parametre kestirim sonuçları.
EK E. İstasyonların Dalgacık Dönüşümü tabanlı yöntem ile parametre kestirim sonuçları.

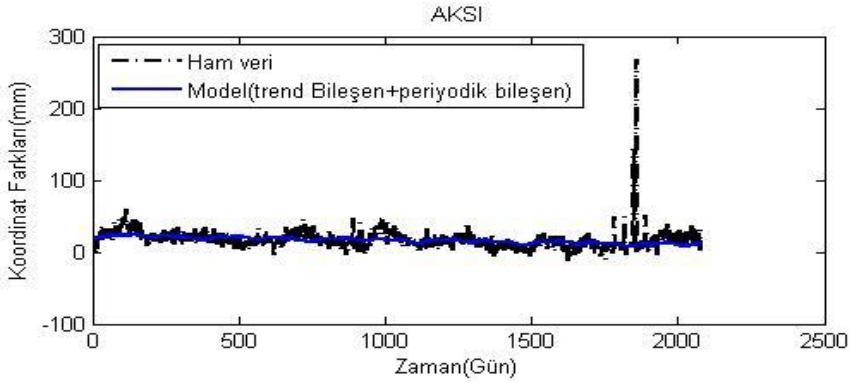
EK A. İstasyonların ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



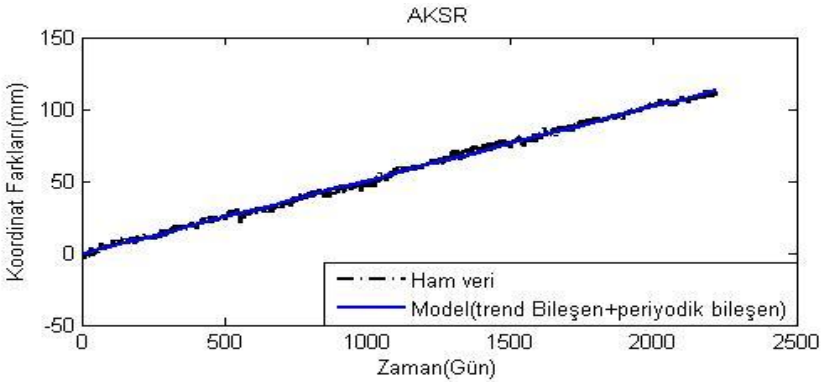
Şekil A.1. AKSI istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



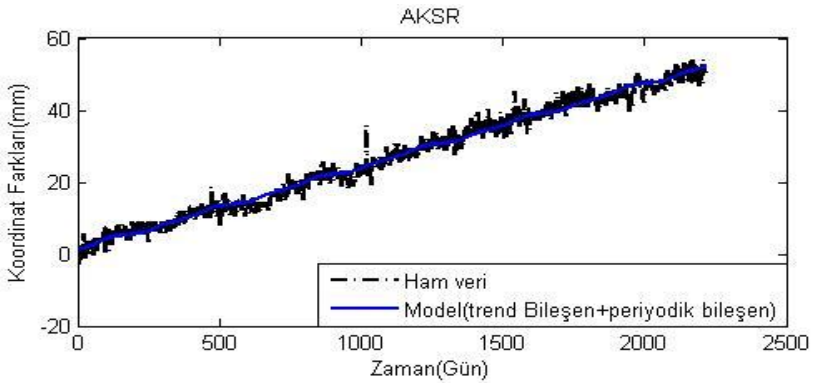
Şekil A.2. AKSI istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



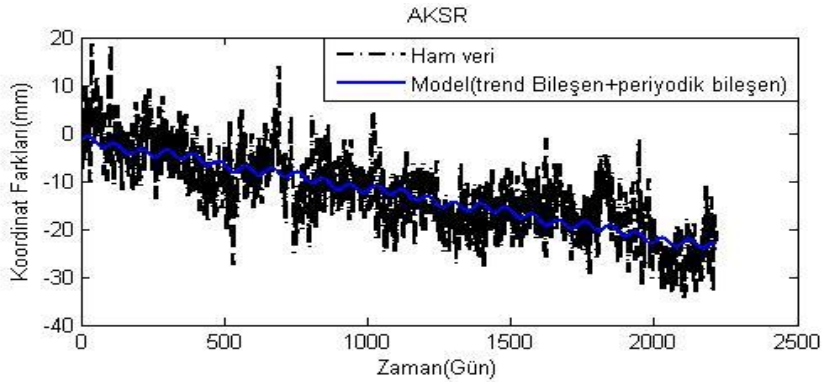
Şekil A.3. AKSI istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



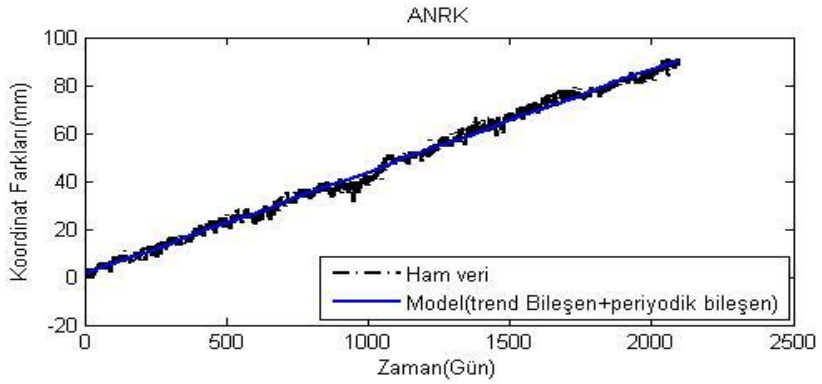
Şekil A.4. AKSI istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



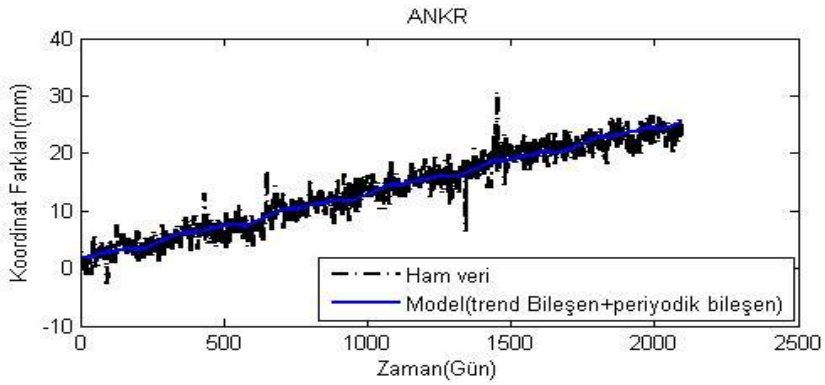
Şekil A.5. AKSI istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



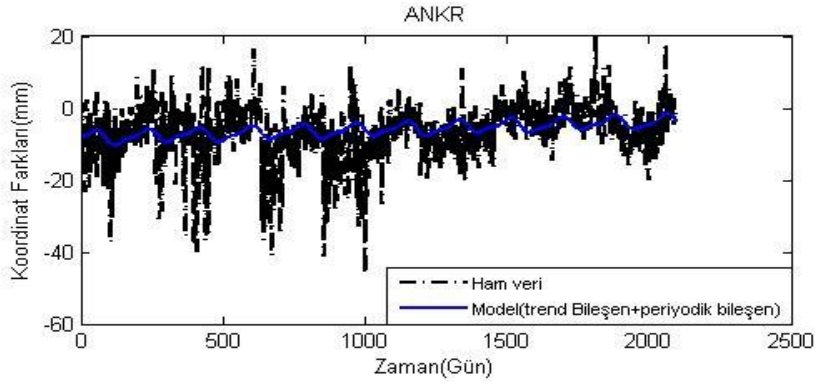
Şekil A.6. AKSI istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



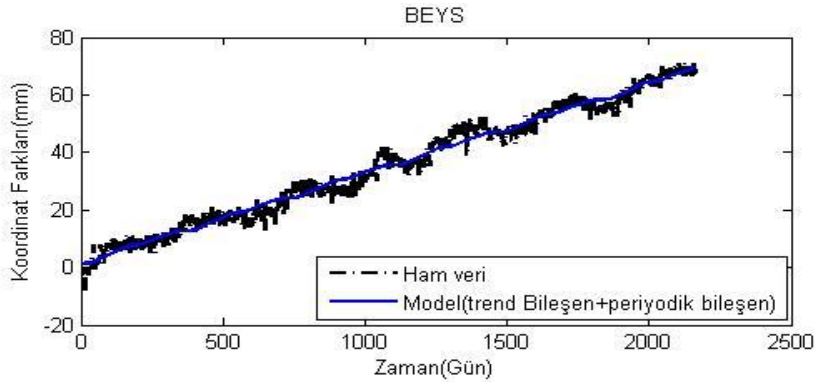
Şekil A.7. ANRK istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



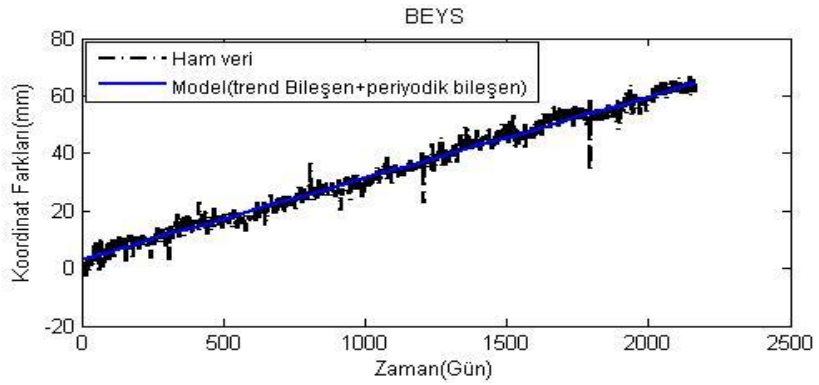
Şekil A.8. ANRK istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



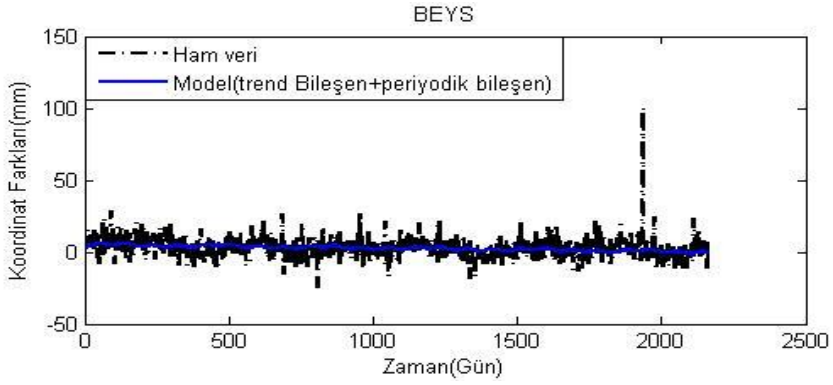
Şekil A.9. ANRK istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



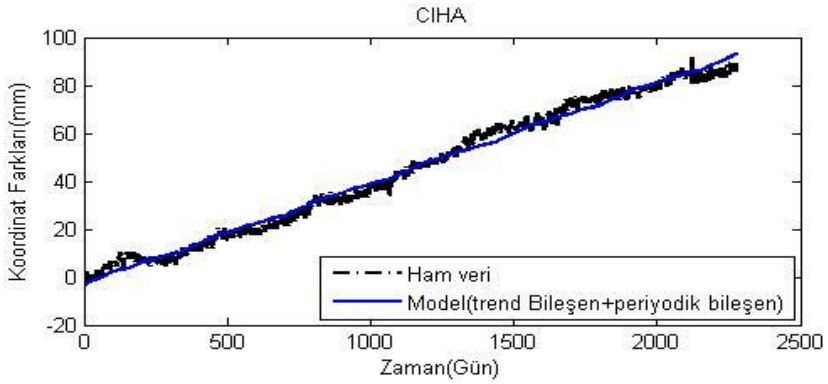
Şekil A.10. BEYS istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



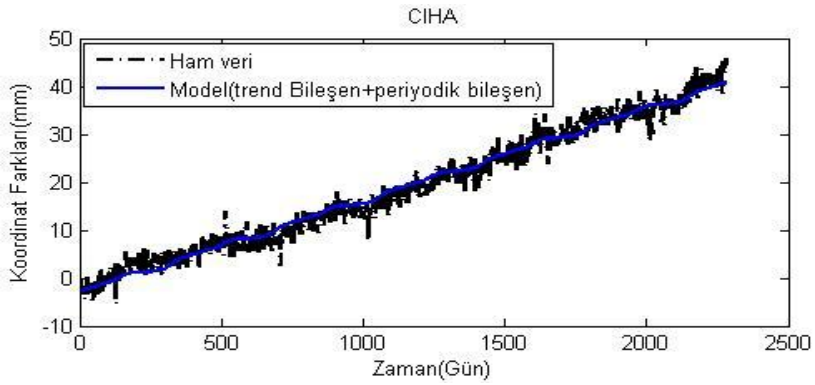
Şekil A.11. BEYS istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



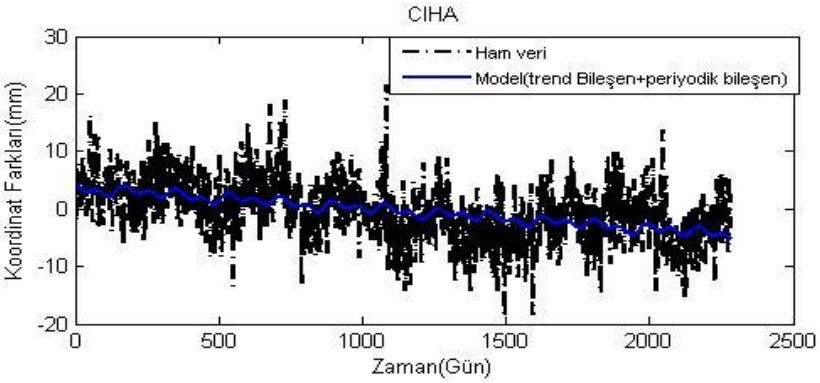
Şekil A.12. BEYS istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



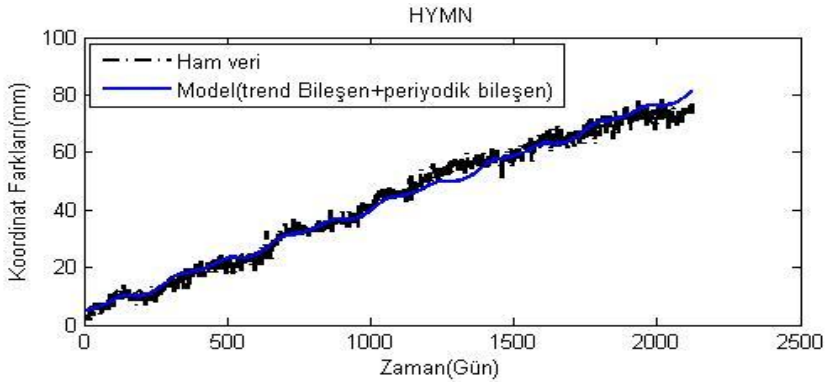
Şekil A.13. CIHA istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



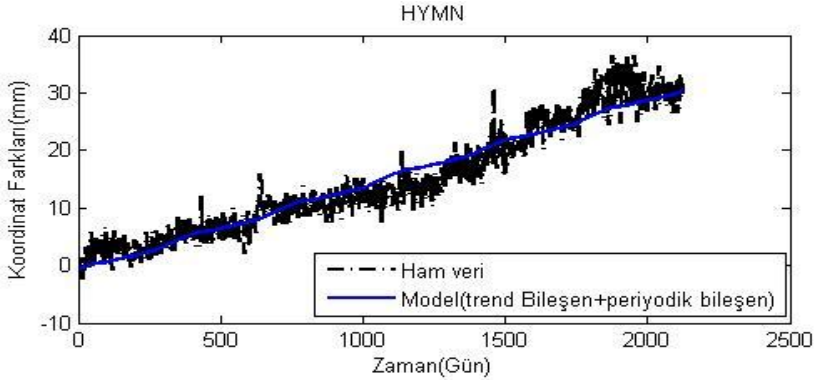
Şekil A.14. CIHA istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



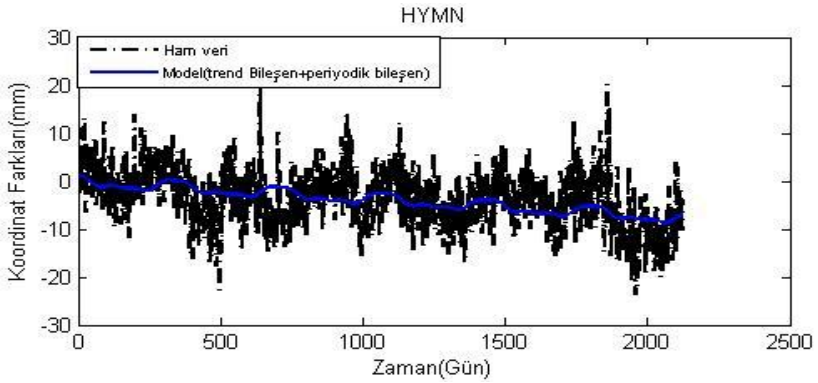
Şekil A.15. CIHA istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



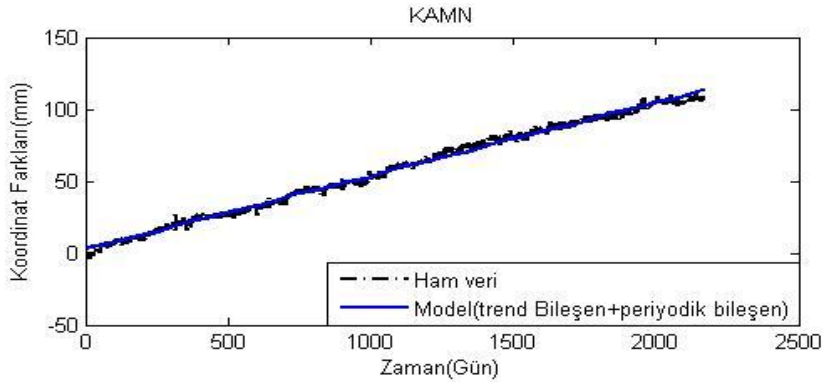
Şekil A.16. HYMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



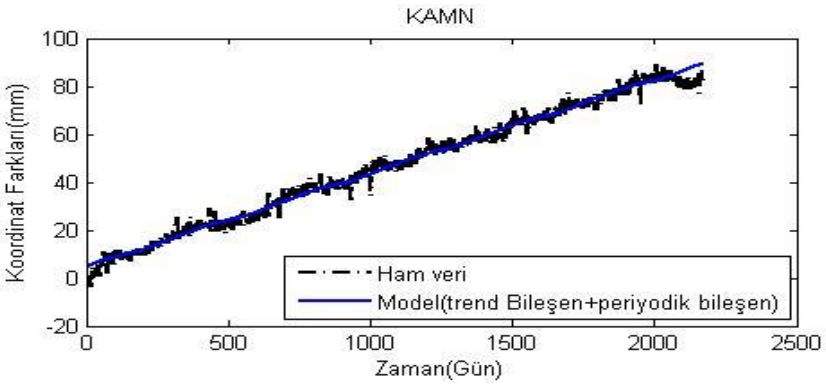
Şekil A.17. HYMN istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



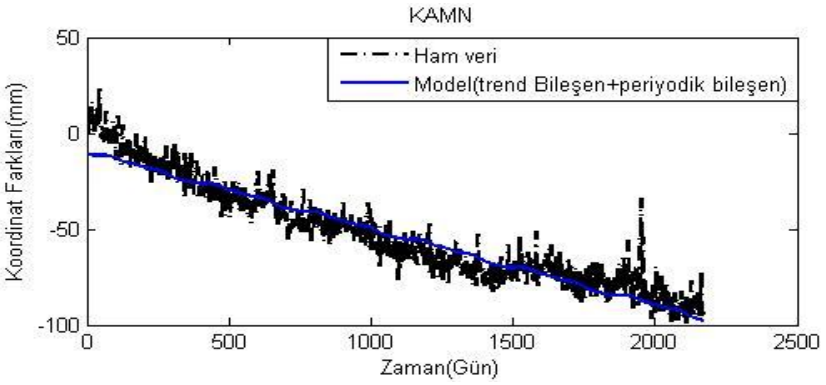
Şekil A.18. HYMN istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



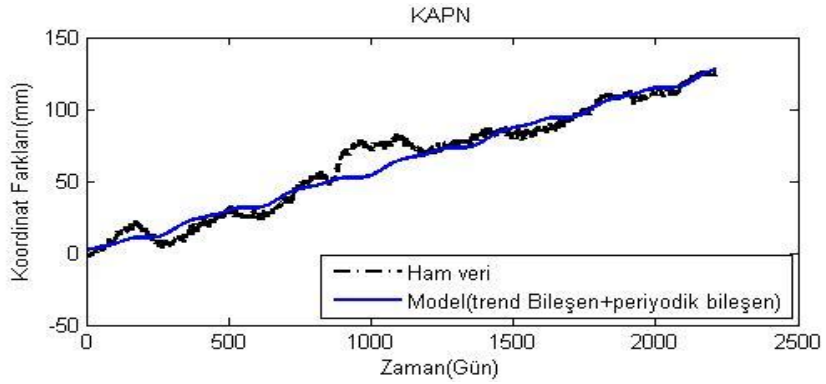
Şekil A.19. KAMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



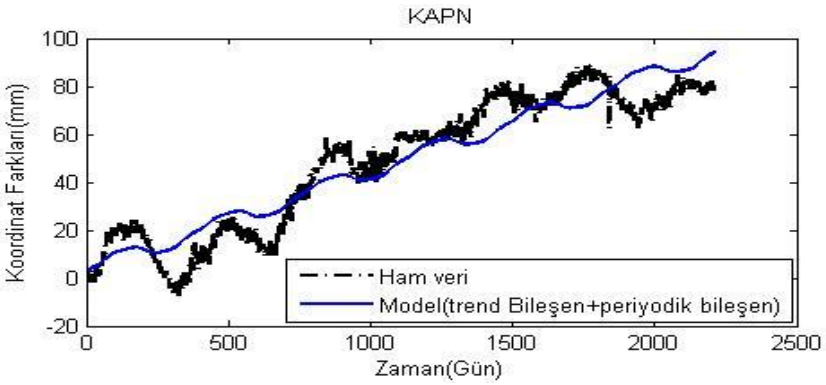
Şekil A.20. KAMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



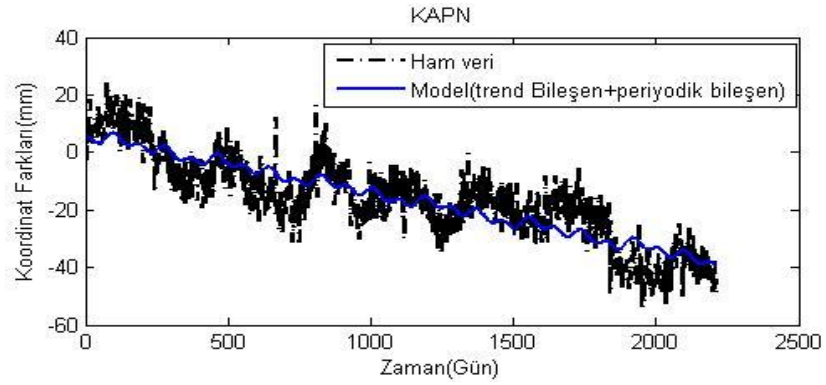
Şekil A.21. KAMN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



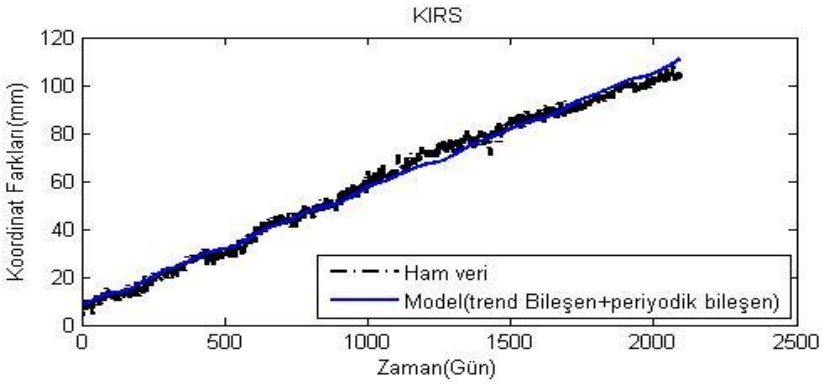
Şekil A.22. KAPN istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



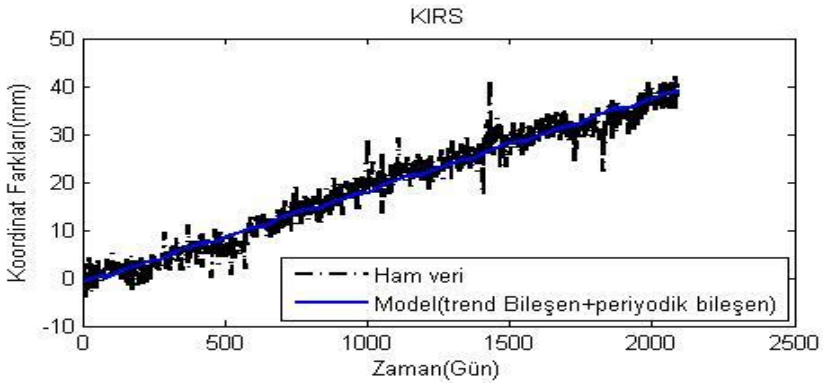
Şekil A.23. KAPN istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



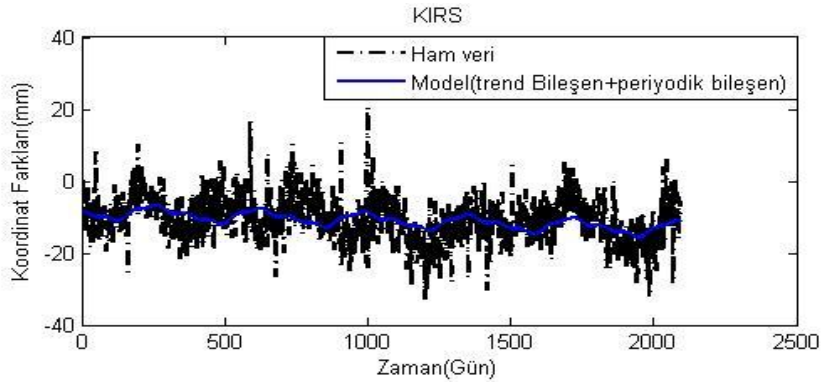
Şekil A.24. KAPN istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



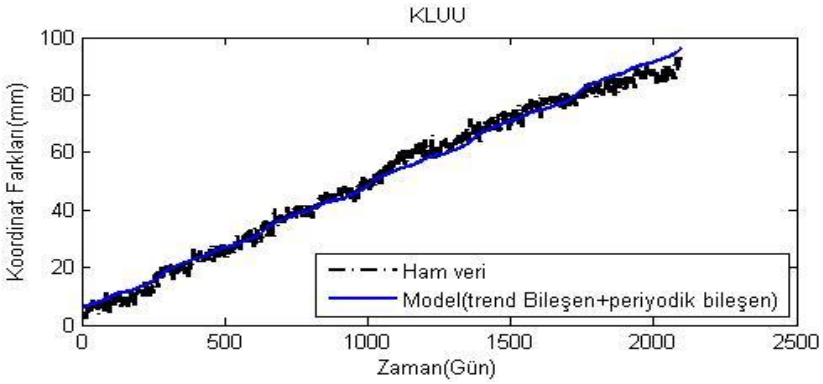
Şekil A.25. KIRS istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



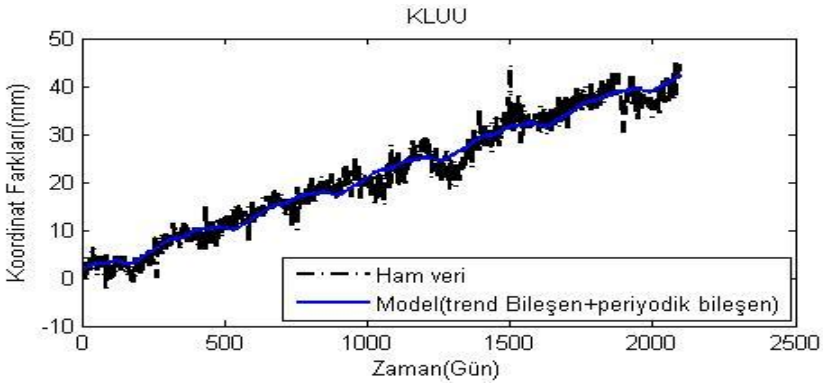
Şekil A.26. KIRS istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



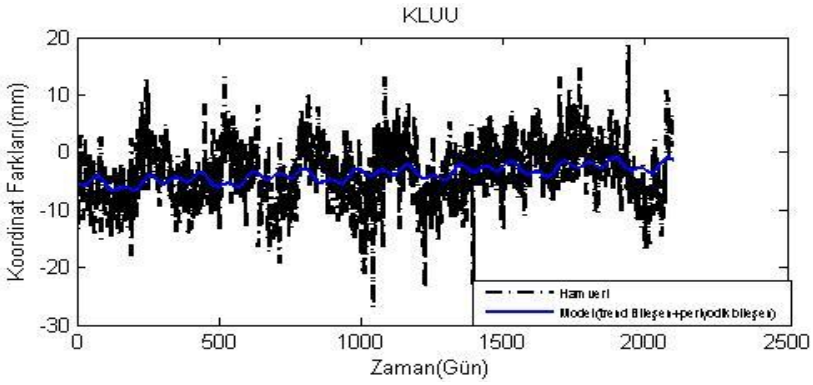
Şekil A.27. KIRS istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



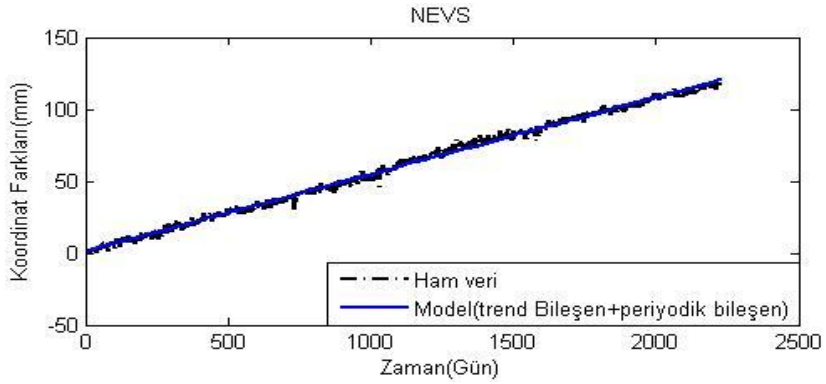
Şekil A.28. KLUU istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



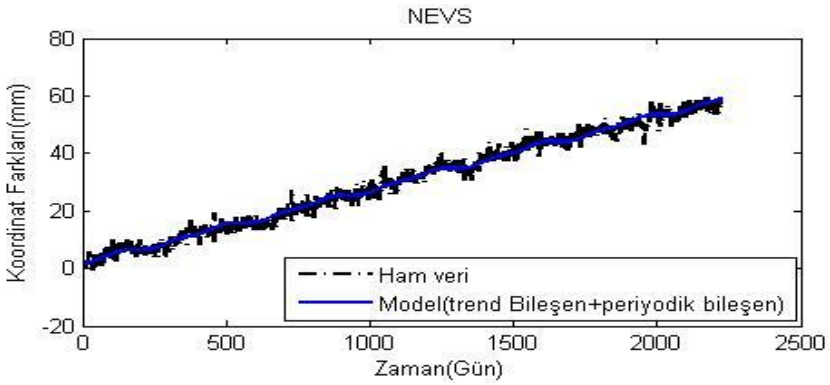
Şekil A.29. KLUU istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



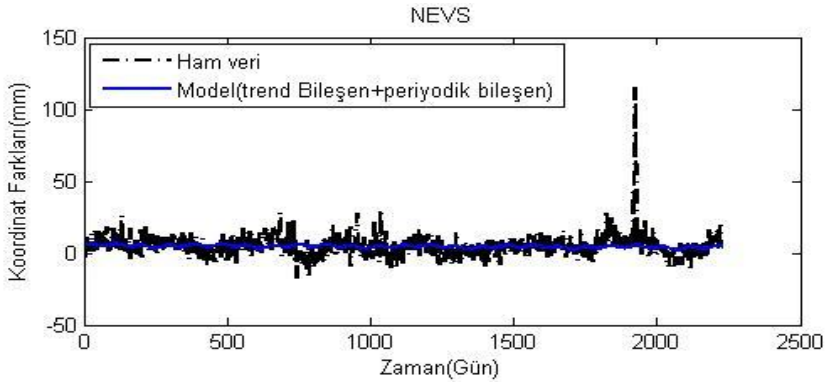
Şekil A.30. KLUU istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



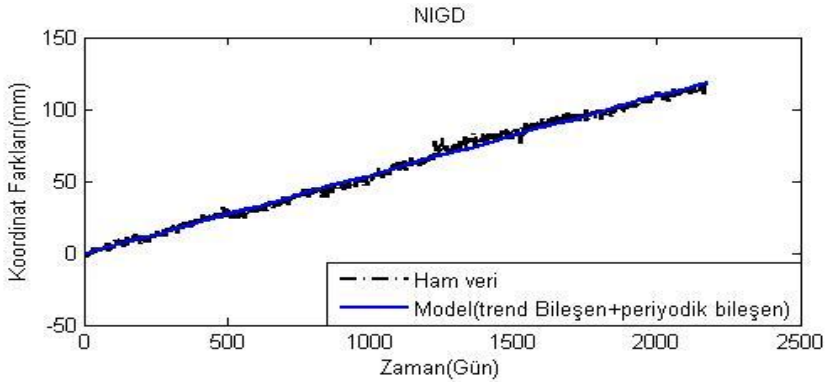
Şekil A.31. NEVS istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



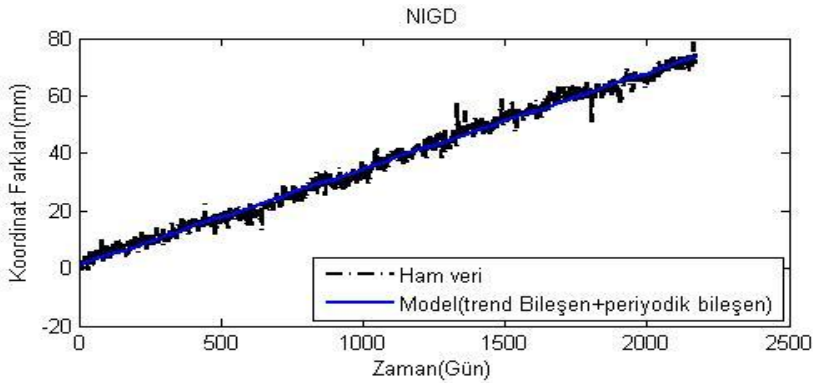
Şekil A.32. NEVS istasyonu doğu ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



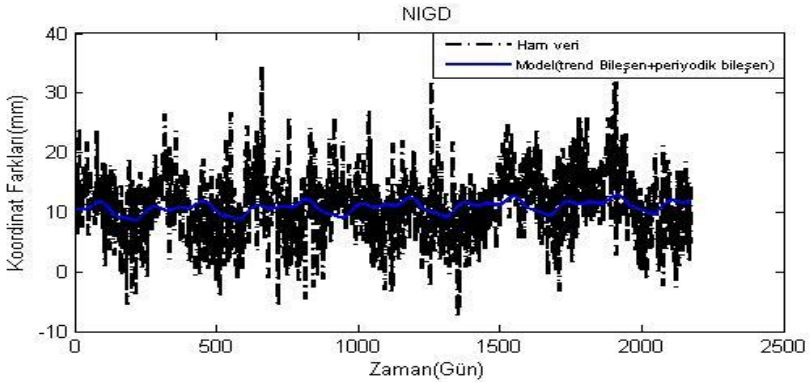
Şekil A.33. NEVS istasyonu yükseklik ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.



Şekil A.34. NIGD istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.

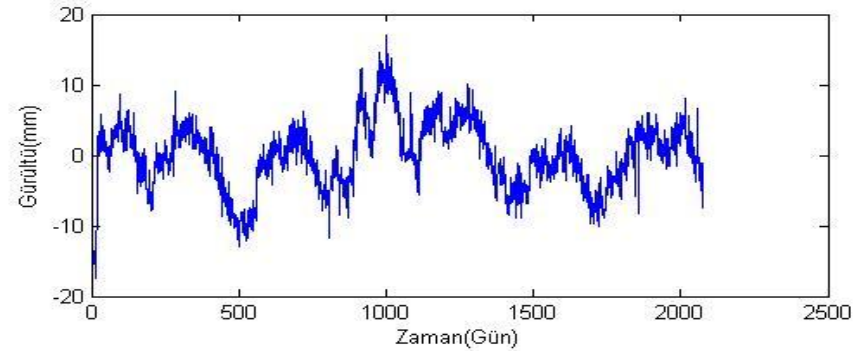


Şekil A.35. NIGD istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.

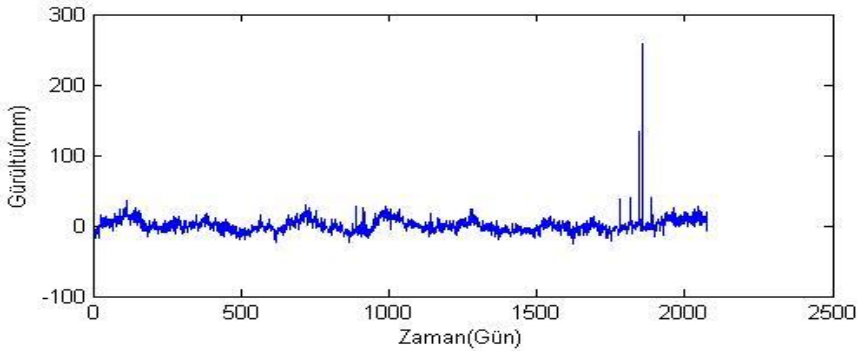


Şekil A.36. NIGD istasyonu kuzey ham koordinatları ve modelden elde edilen koordinatlar.

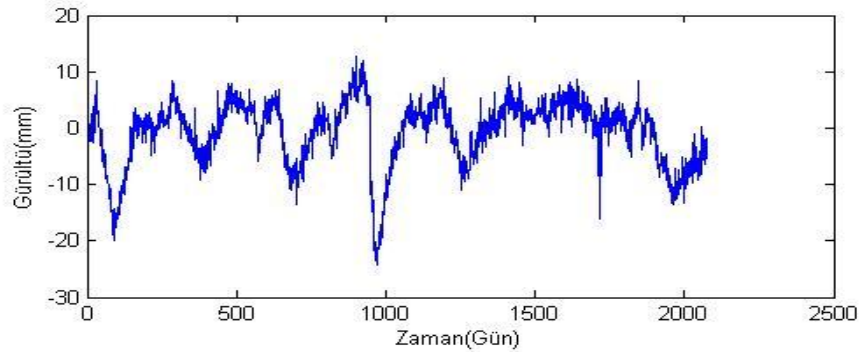
EK B. İstasyonların gürültü- zaman grafikleri.



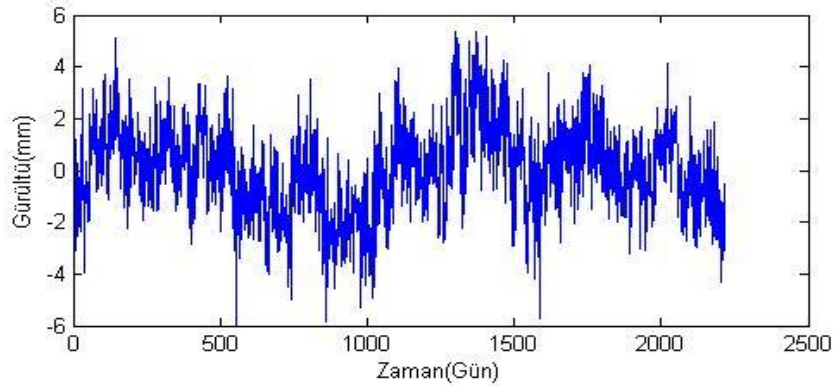
Şekil B.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



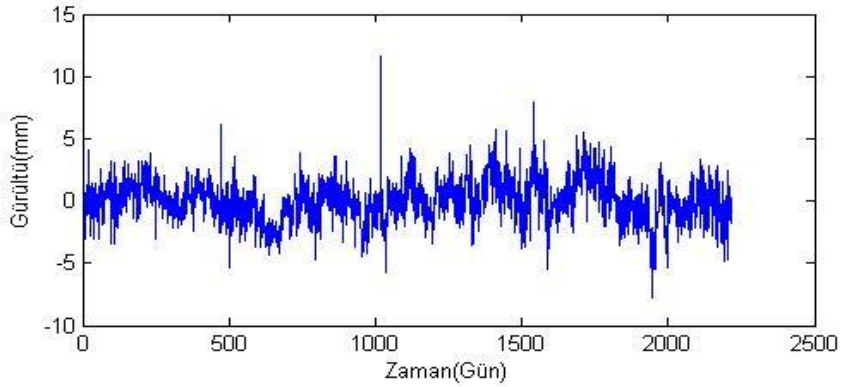
Şekil B.2. AKSI istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



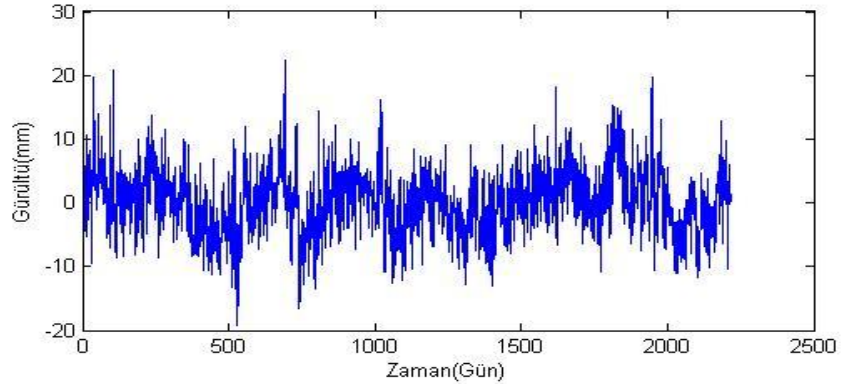
Şekil B.3. AKSI istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



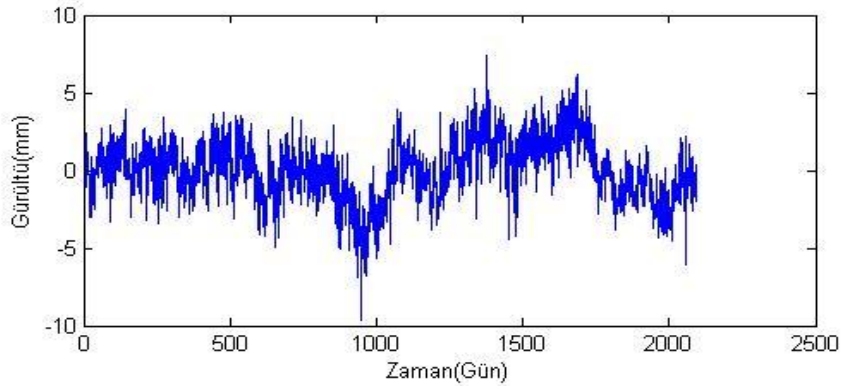
Şekil B.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



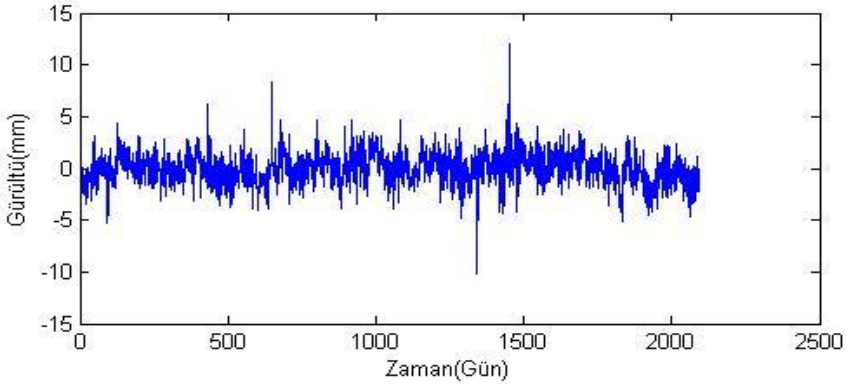
Şekil B.5. AKSR istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



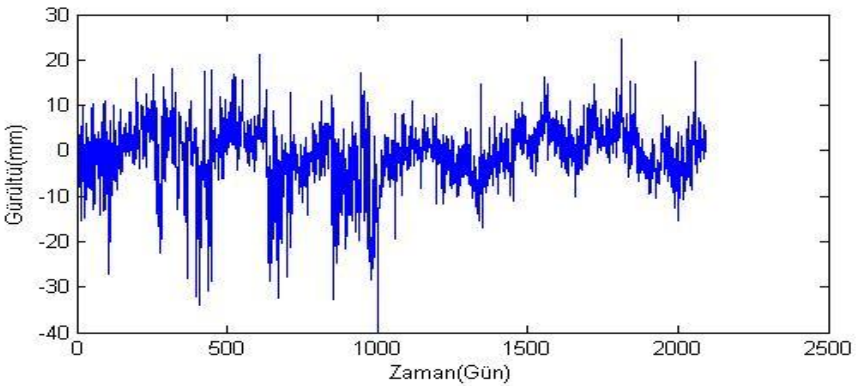
Şekil B.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



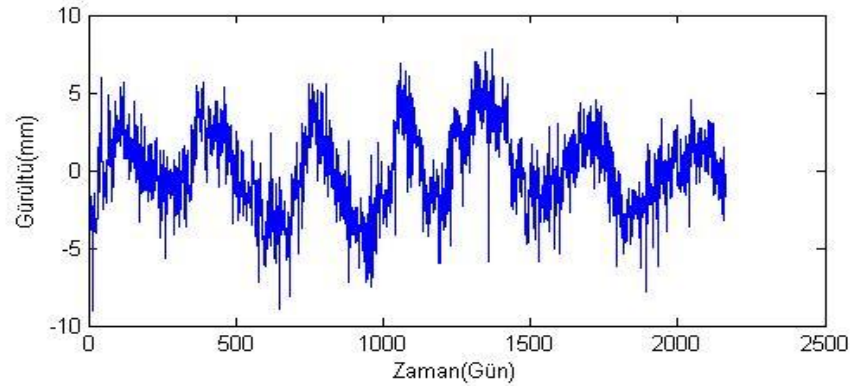
Şekil B.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



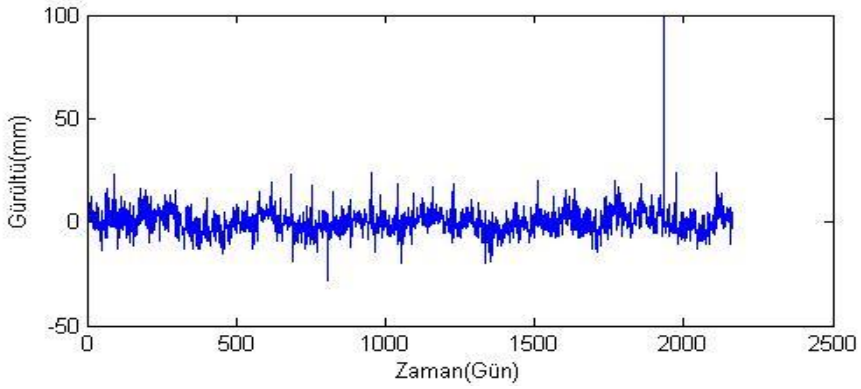
Şekil B 8. ANRK istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



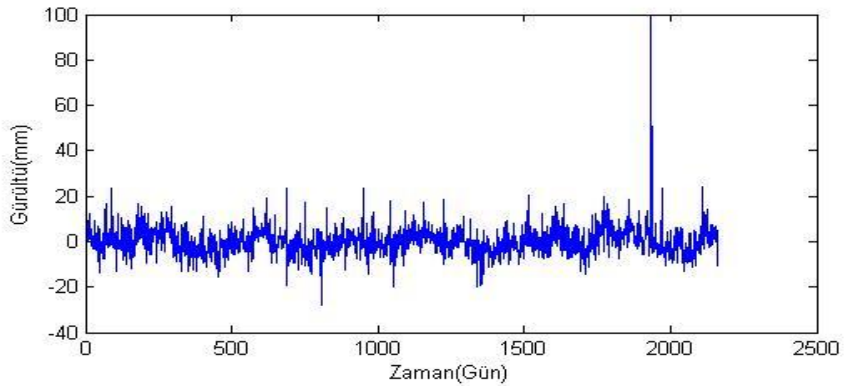
Şekil B.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



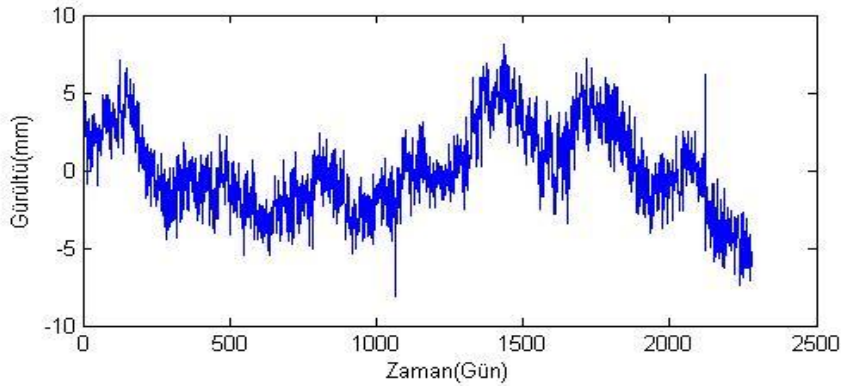
Şekil B.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



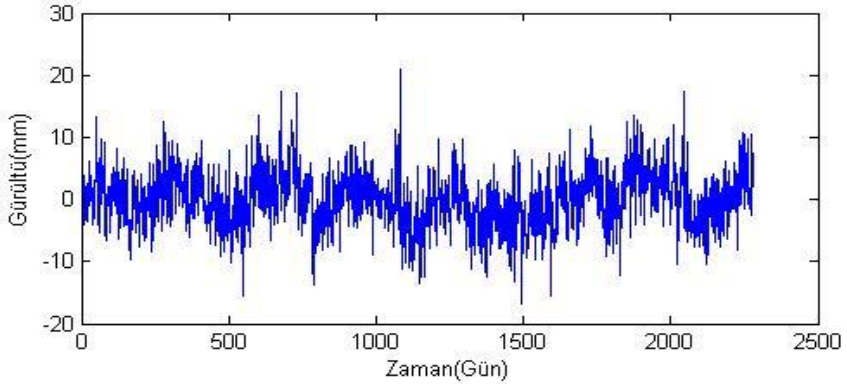
Şekil B.11. BEYS istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



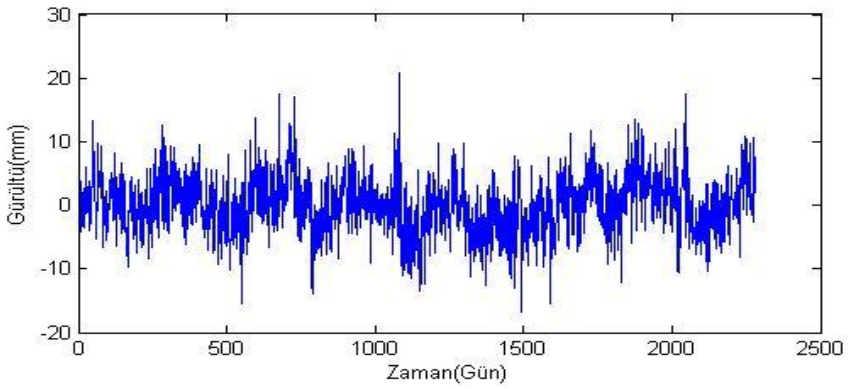
Şekil B.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



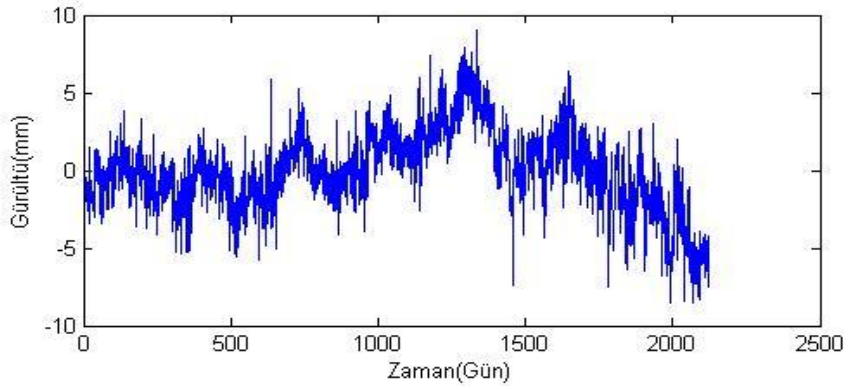
Şekil B.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



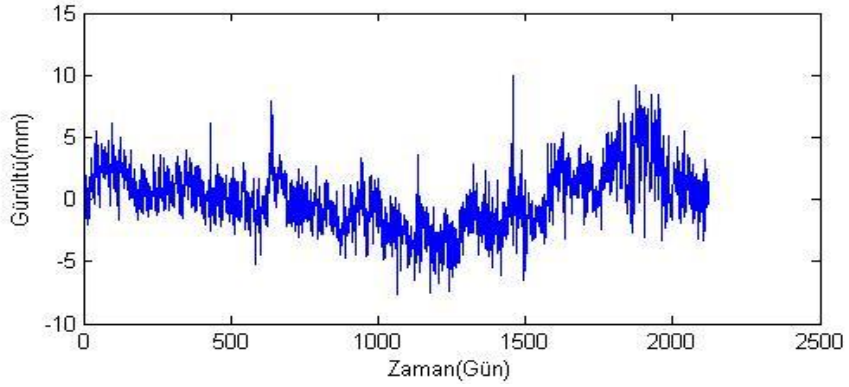
Şekil B.14. CIHA istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



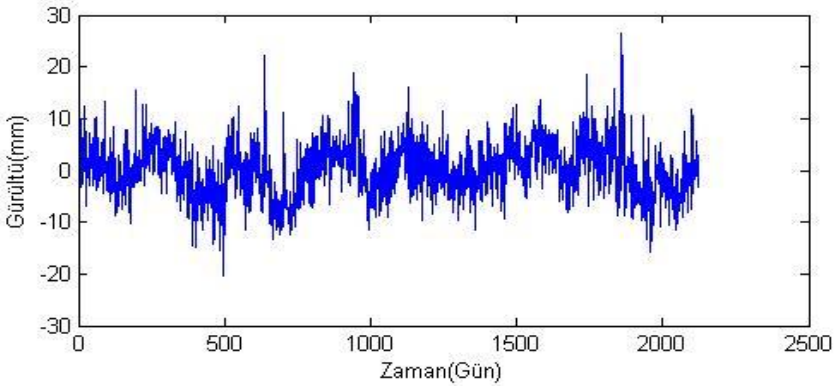
Şekil B.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



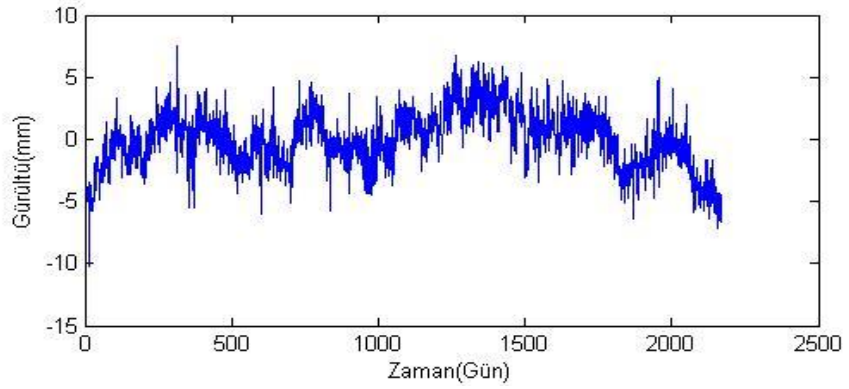
Şekil B.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



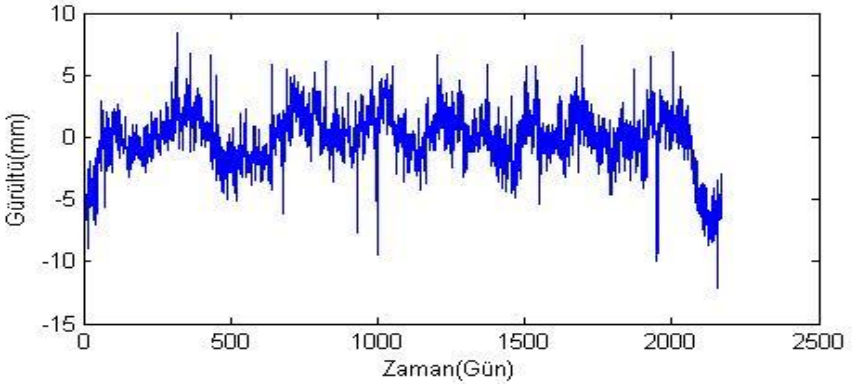
Şekil B.17. HYMN istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



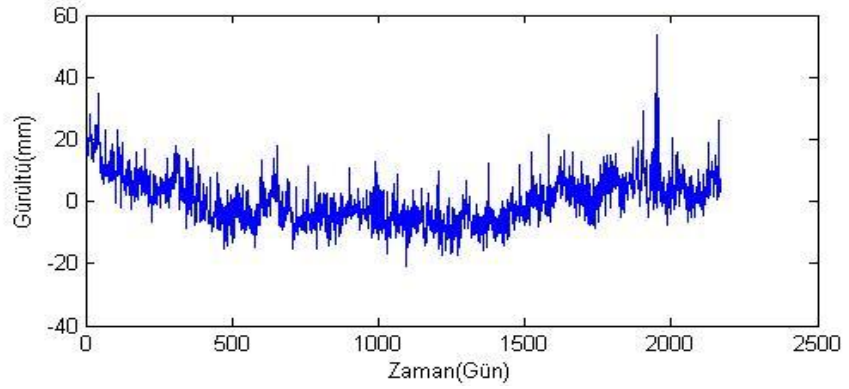
Şekil B.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



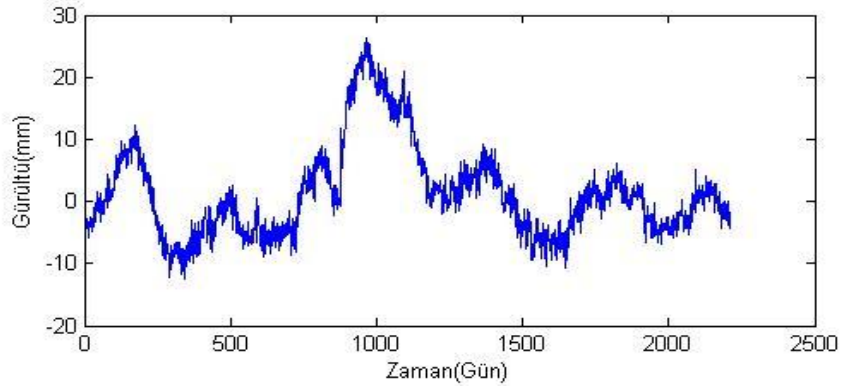
Şekil B.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



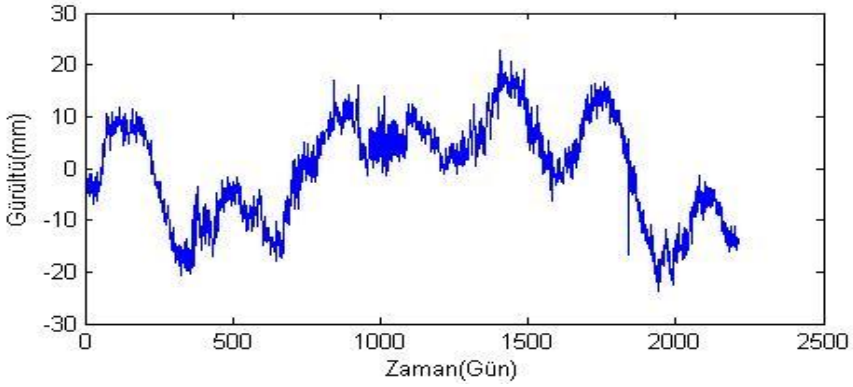
Şekil B.20. KAMN istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



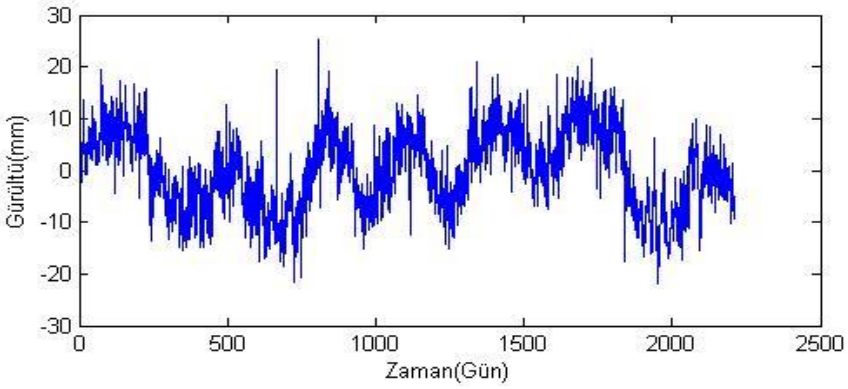
Şekil B.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



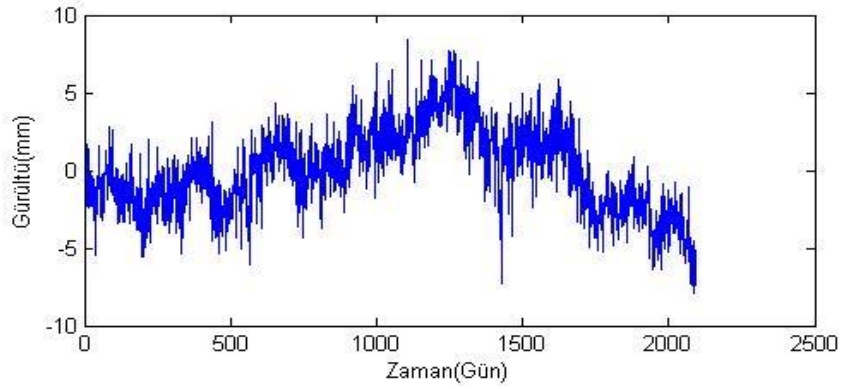
Şekil B.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



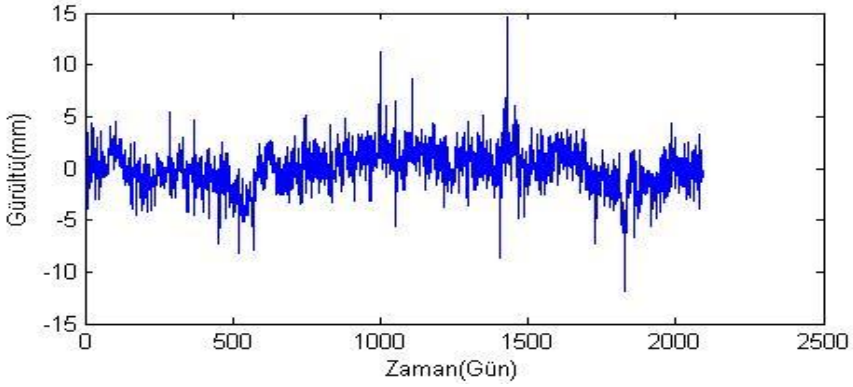
Şekil B.23. KAPN istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



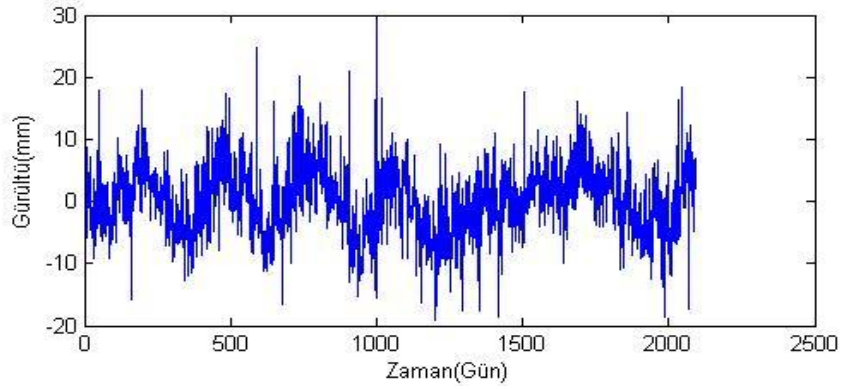
Şekil B.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



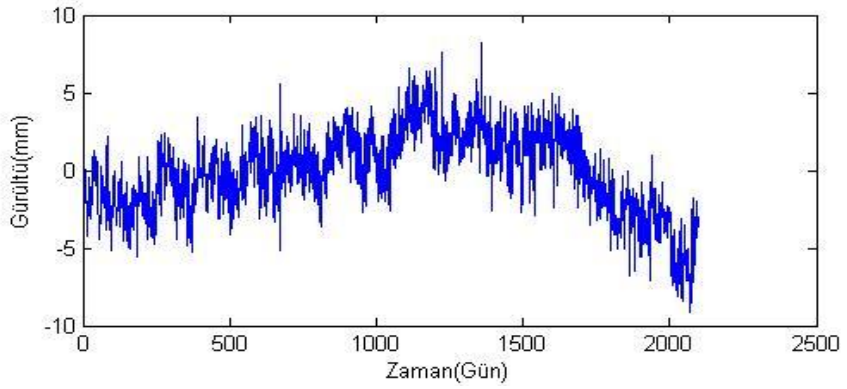
Şekil B.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



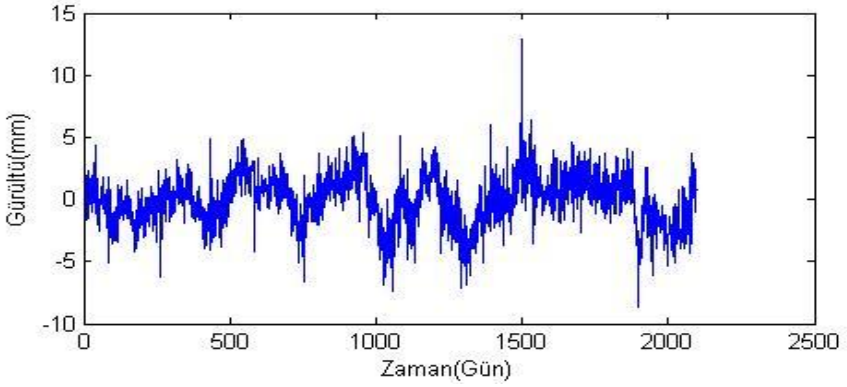
Şekil B.26. KIRS istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



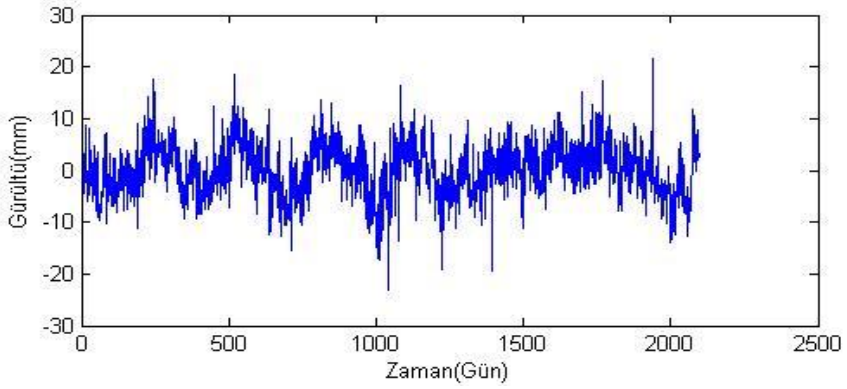
Şekil B.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



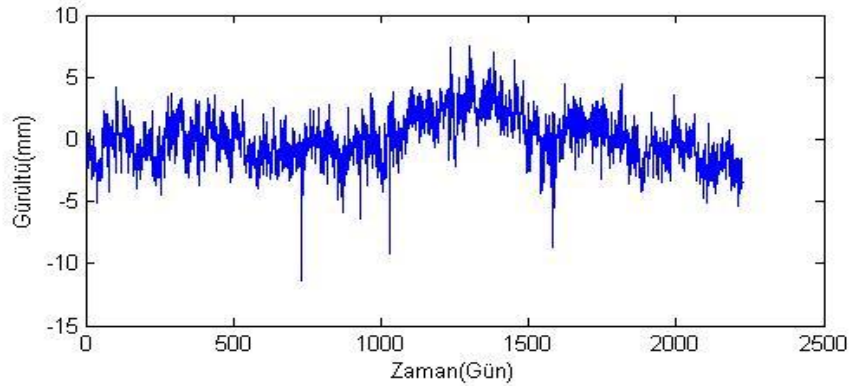
Şekil B.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



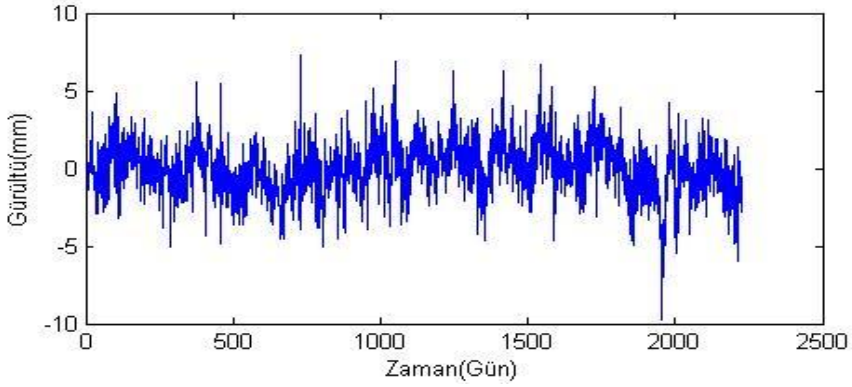
Şekil B.29. KLUU istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



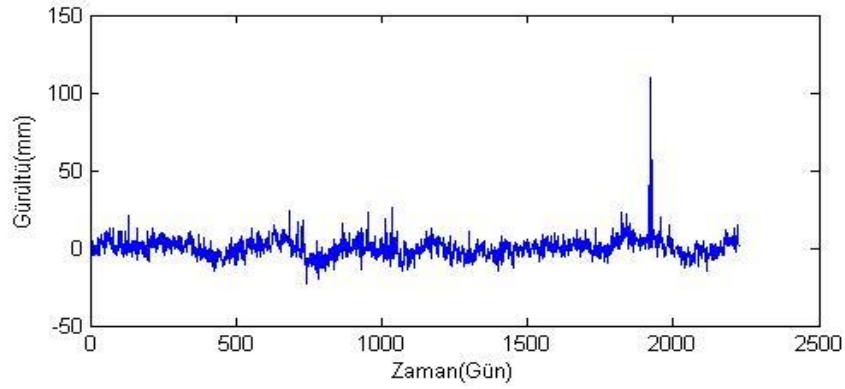
Şekil B.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



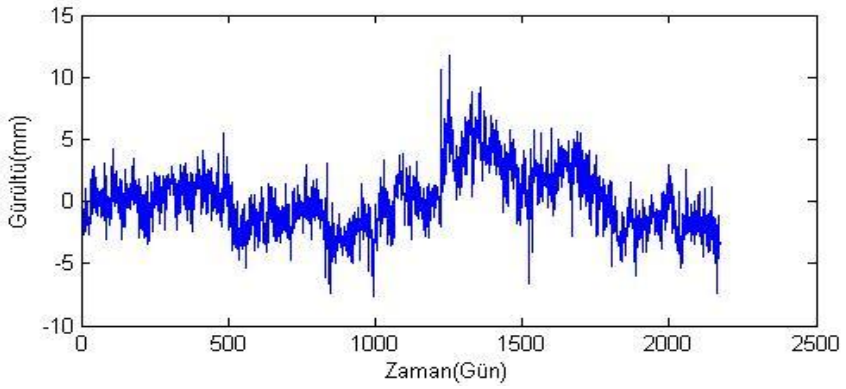
Şekil B.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.



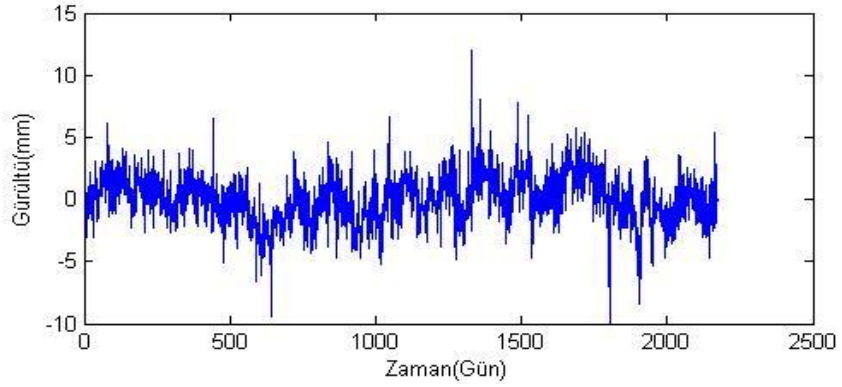
Şekil B.32. NEVS istasyonu doğu bileşeni gürültü-zaman grafiği.



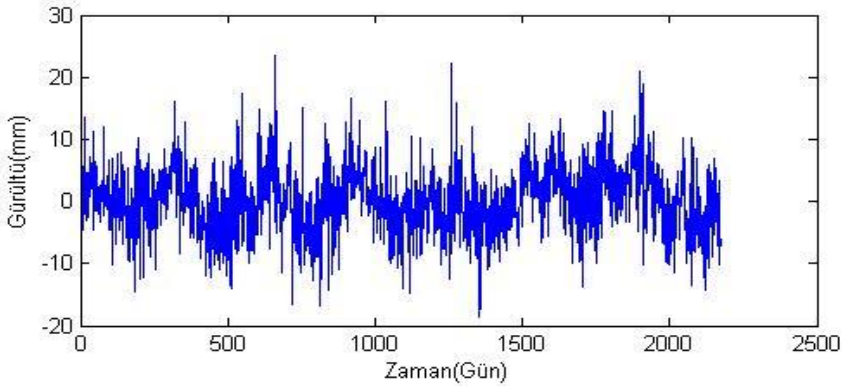
Şekil B.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeni gürültü-zaman grafiği.



Şekil B.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.

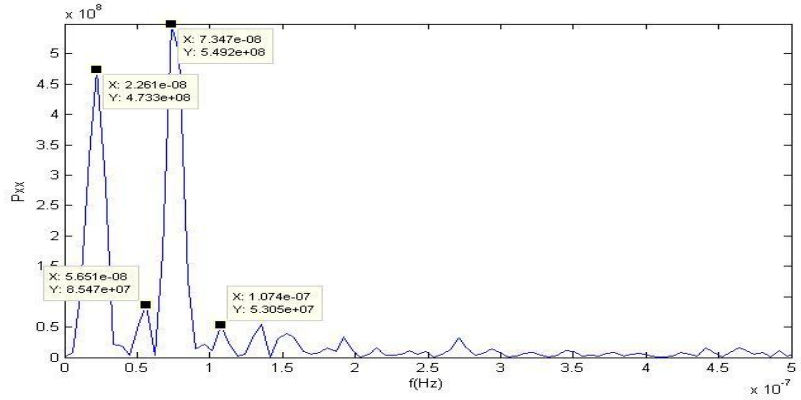


Şekil B.35. NIGD istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.

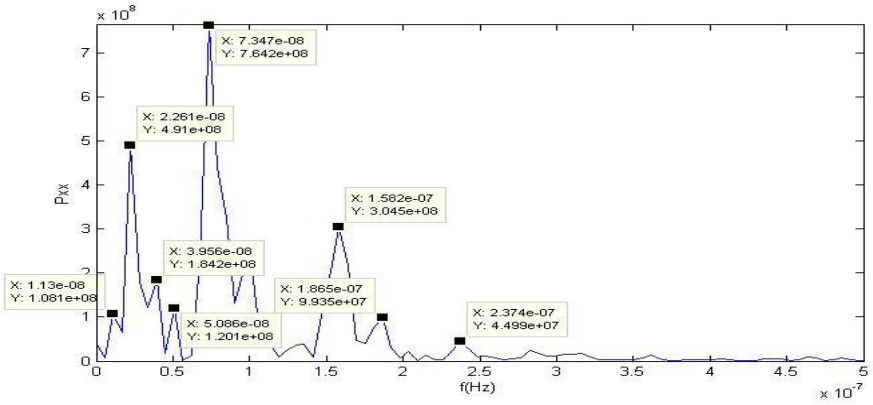


Şekil B.36. NIGD istasyonu kuzey bileşeni gürültü-zaman grafiği.

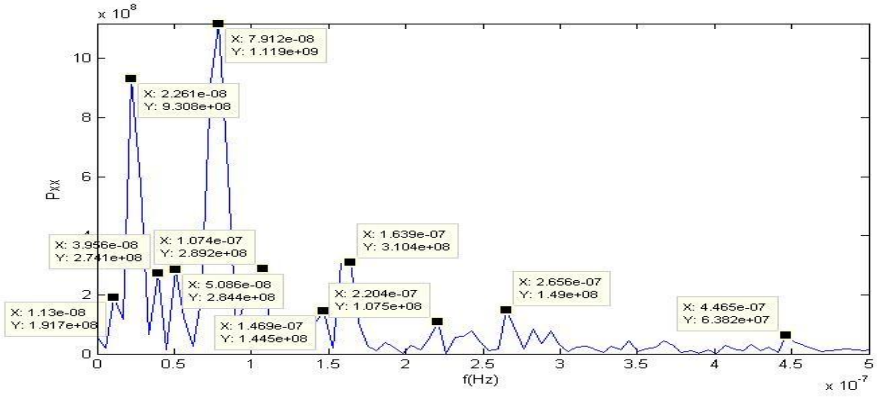
EK C. İstasyonların güç izgesi–frekans grafikleri.



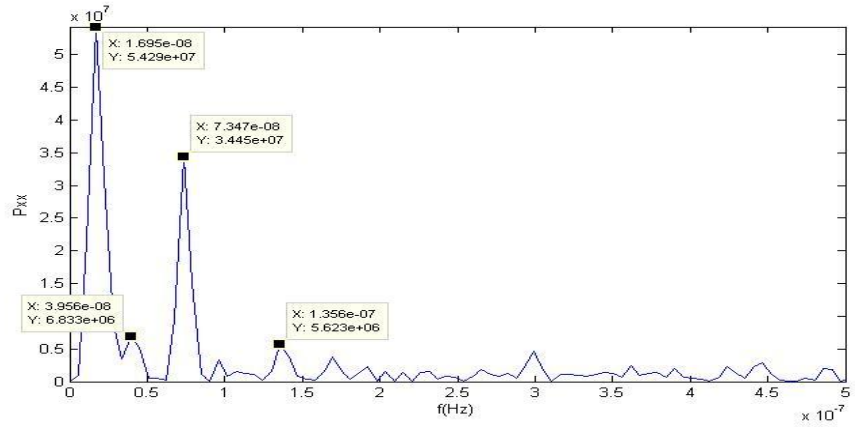
Şekil C.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



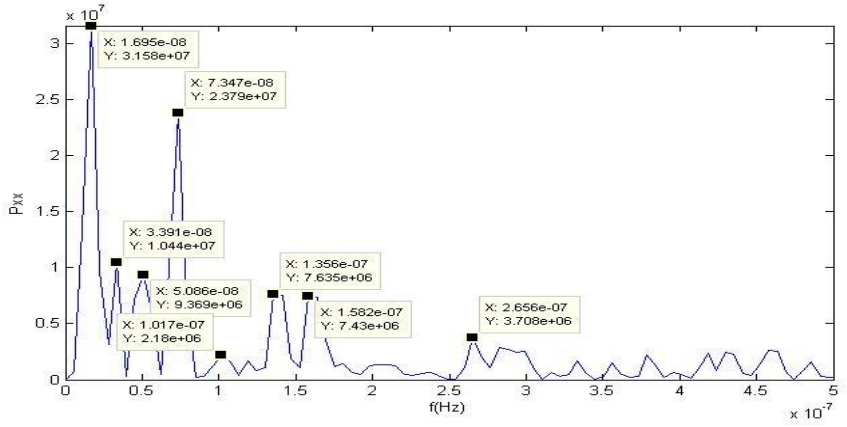
Şekil C.2. AKSI istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



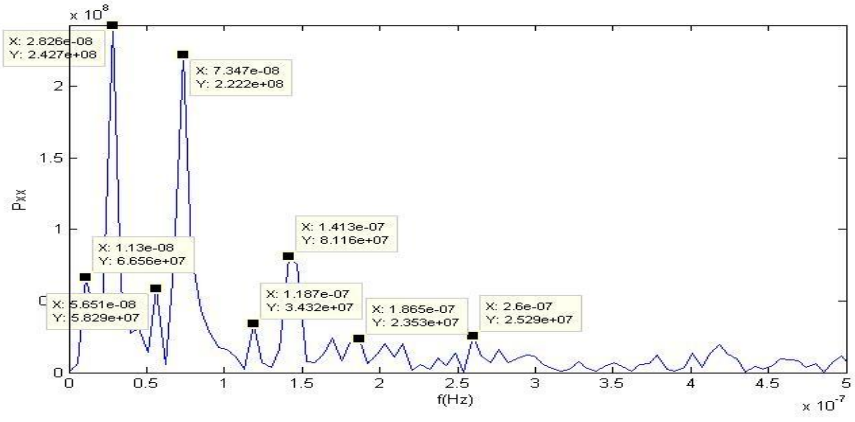
Şekil C.3. AKSI istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



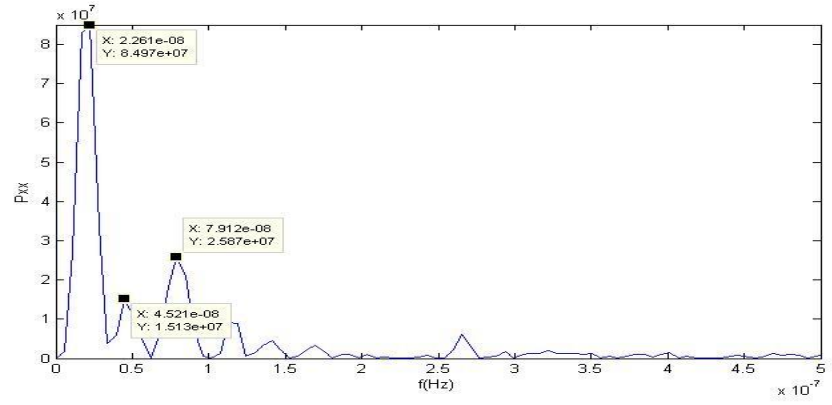
Şekil C.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



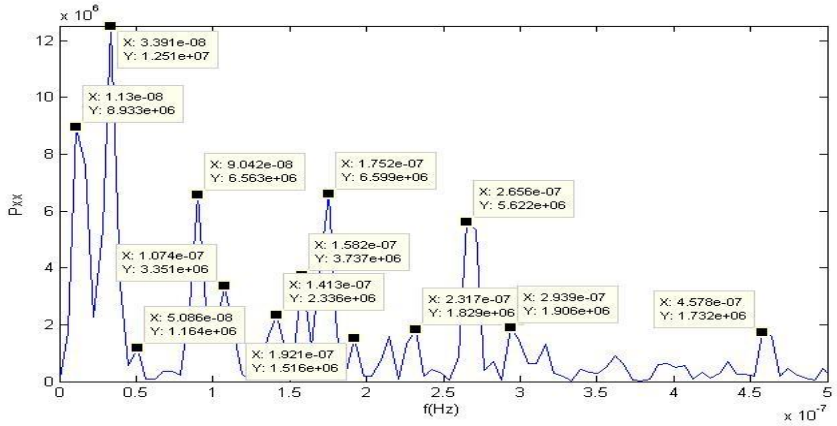
Şekil C.5. AKSR istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



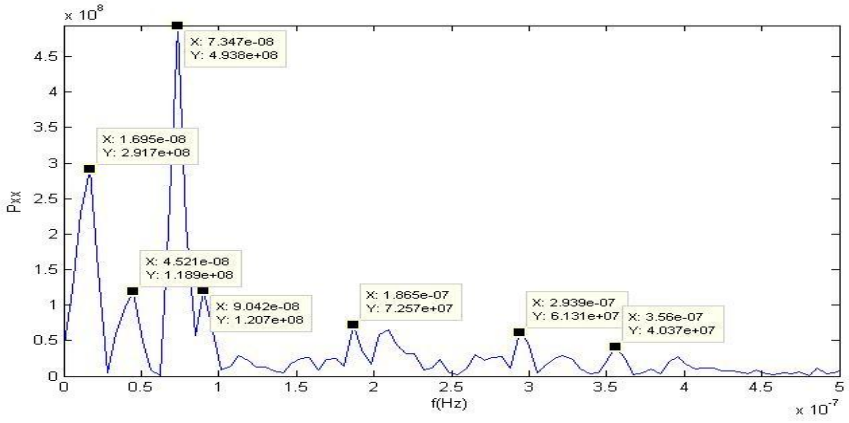
Şekil C.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



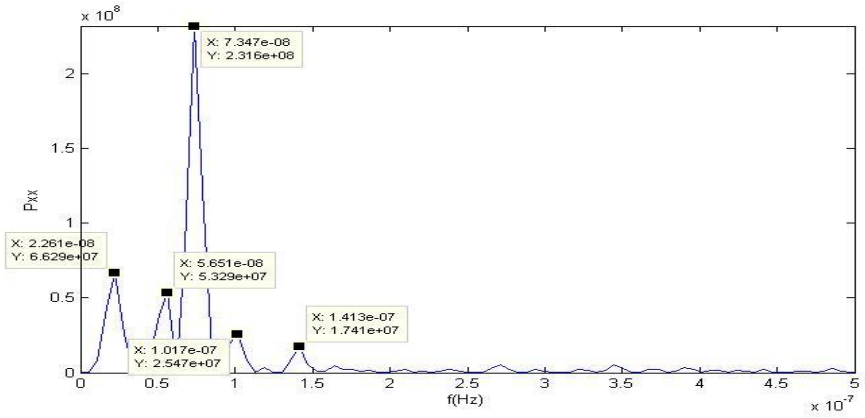
Şekil C.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



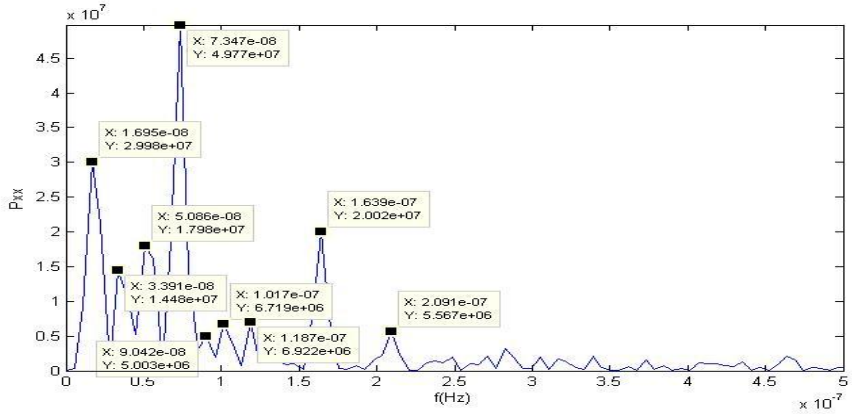
Şekil C.8. ANRK istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



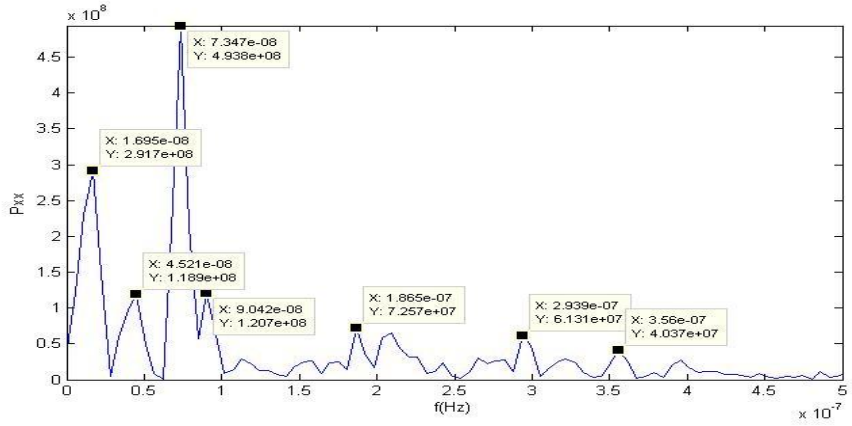
Şekil C.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



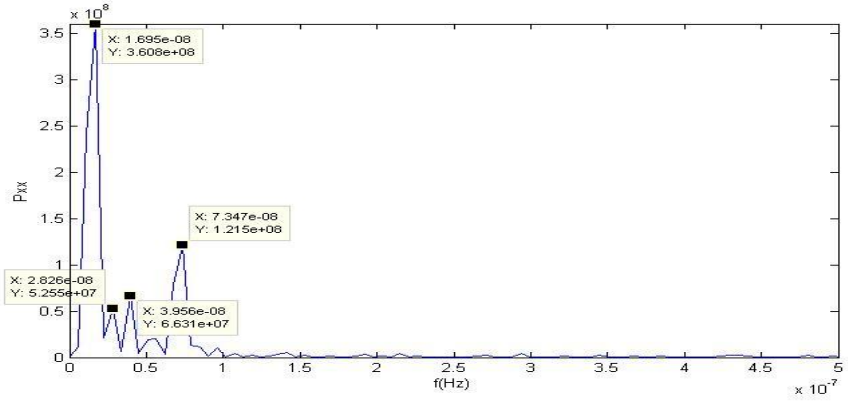
Şekil C.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



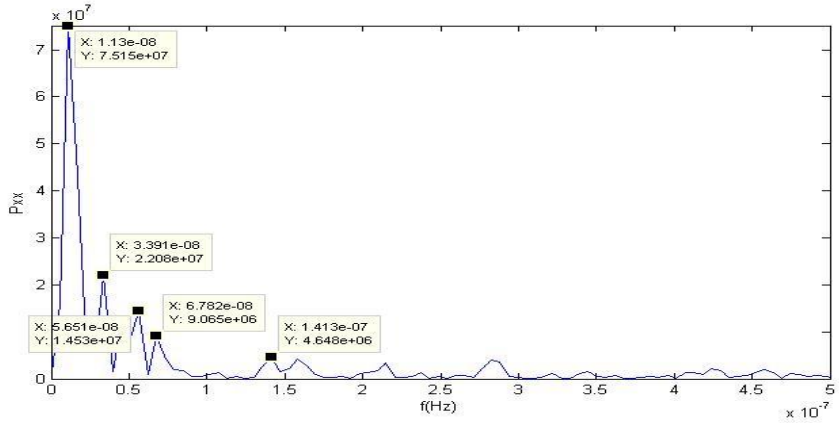
Şekil C.11. BEYS istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



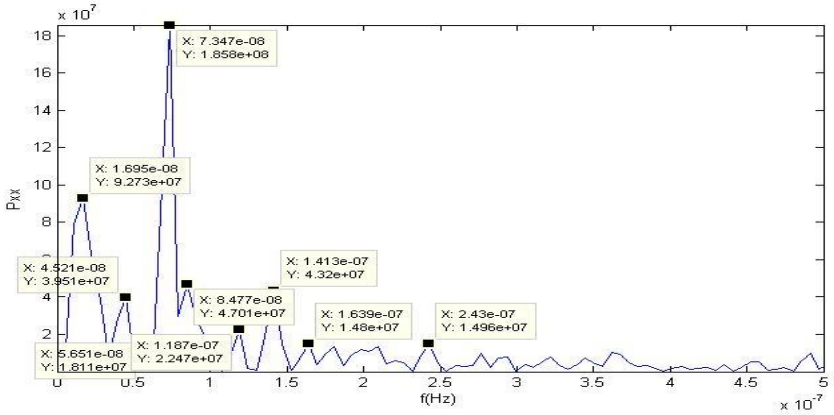
Şekil C.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



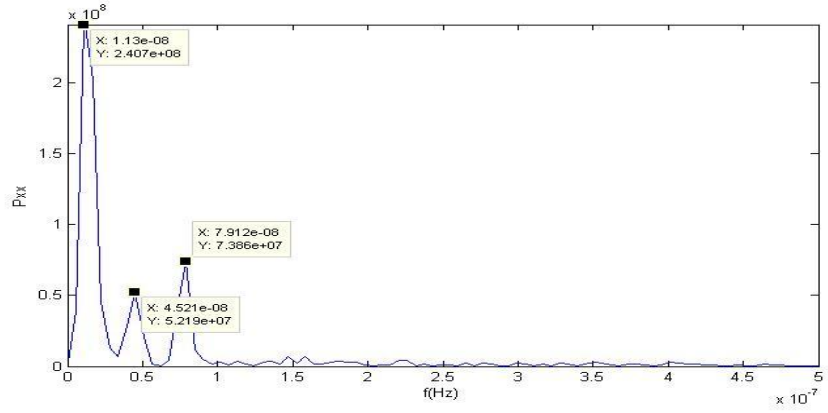
Şekil C.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



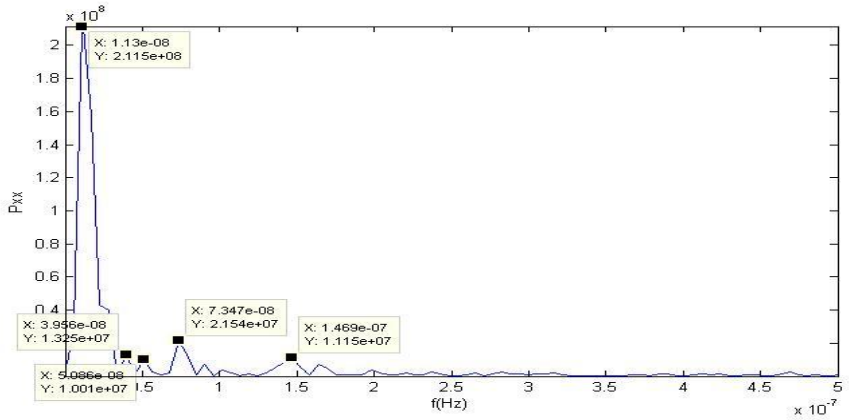
Şekil C.14. CIHA istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



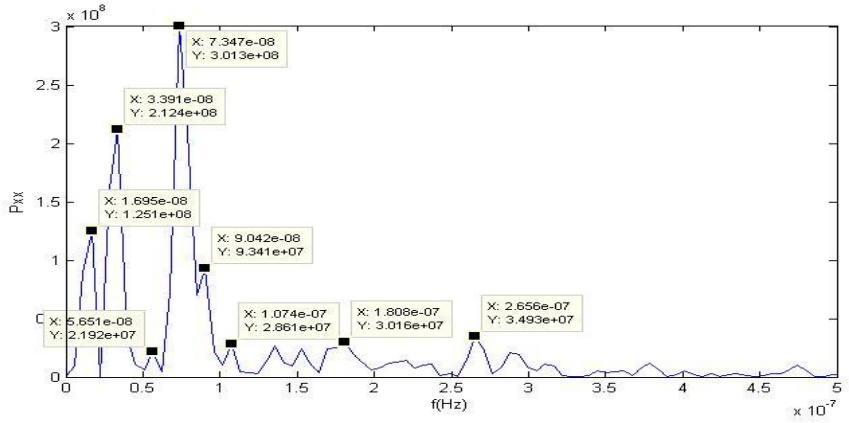
Şekil C.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



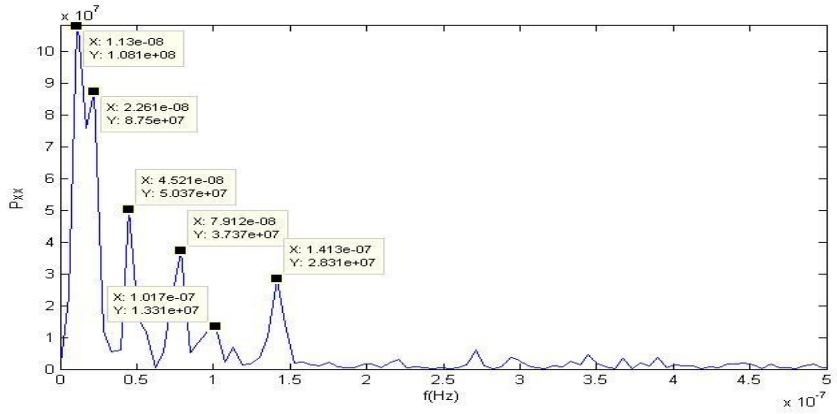
Şekil C.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



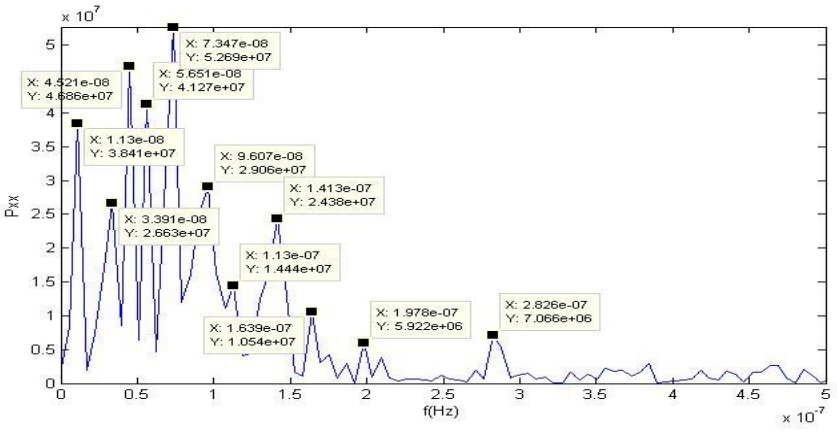
Şekil C.17. HYMN istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



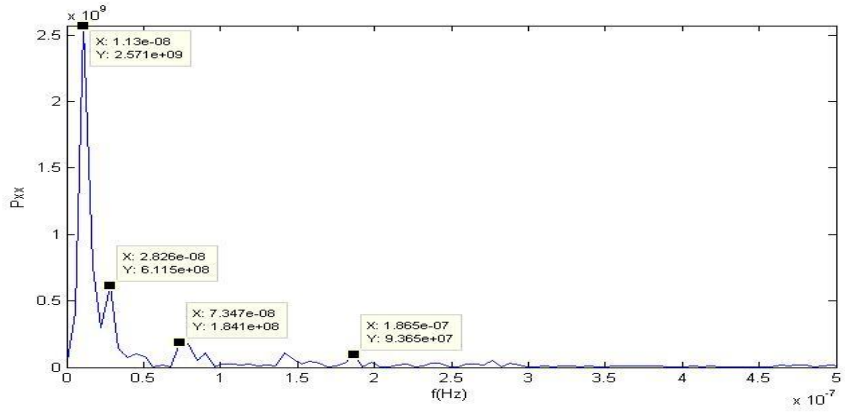
Şekil C.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



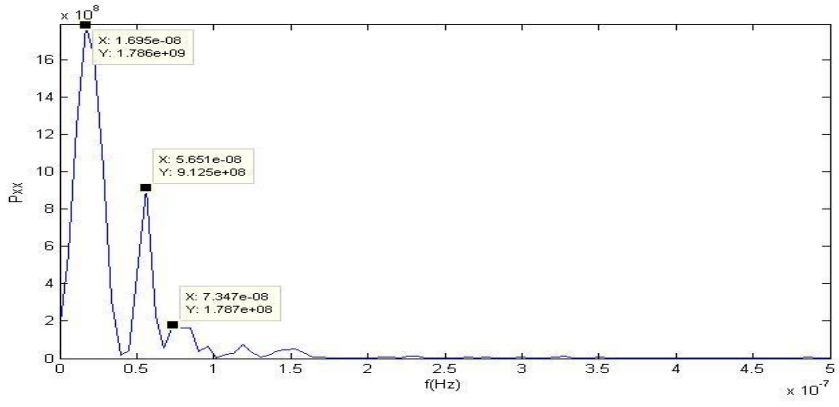
Şekil C.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



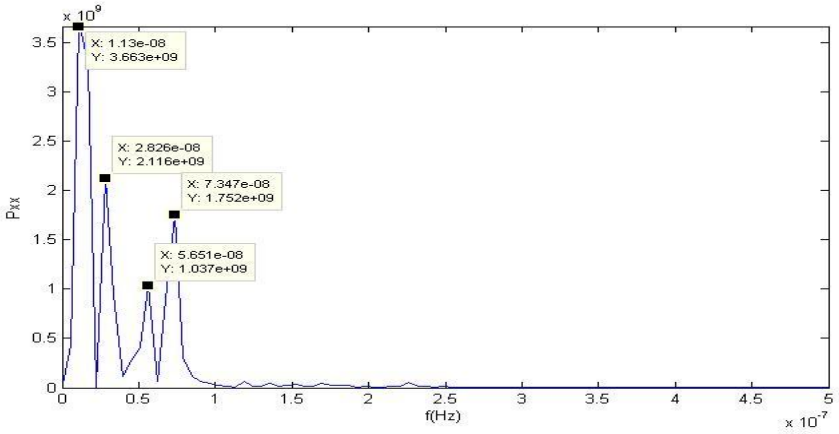
Şekil C.20. KAMN istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



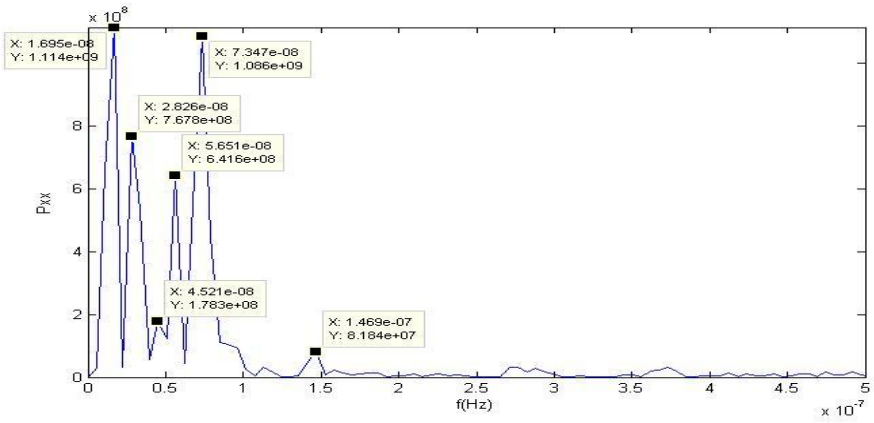
Şekil C.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



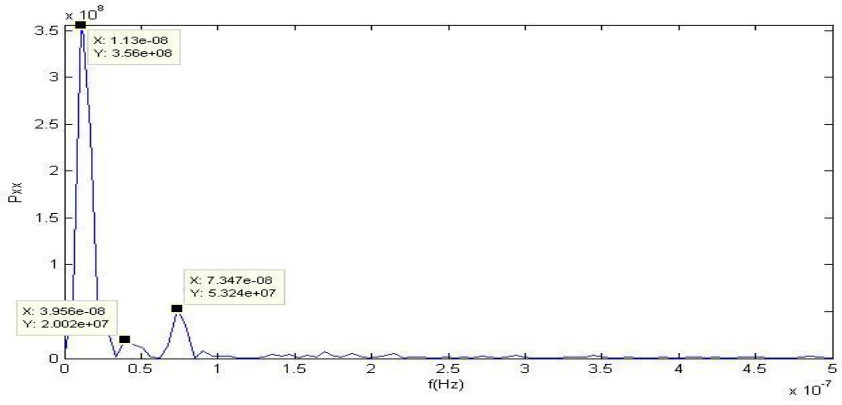
Şekil C.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



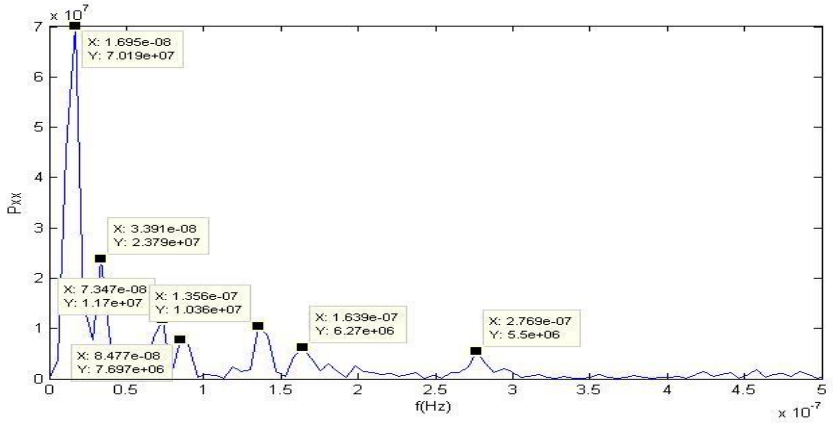
Şekil C.23. KAPN istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



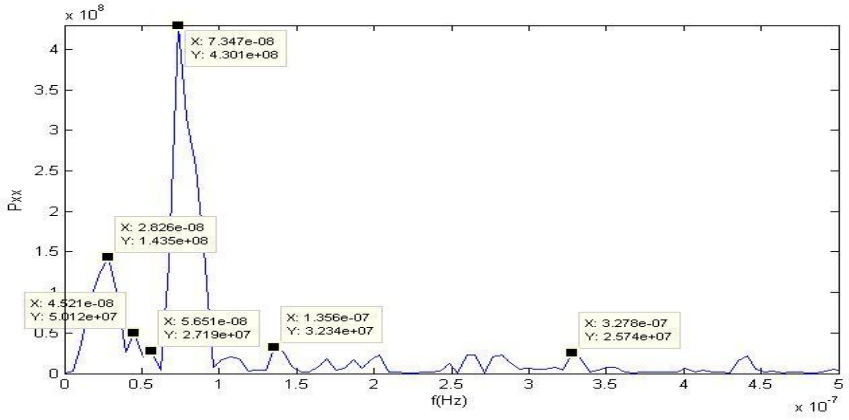
Şekil C.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



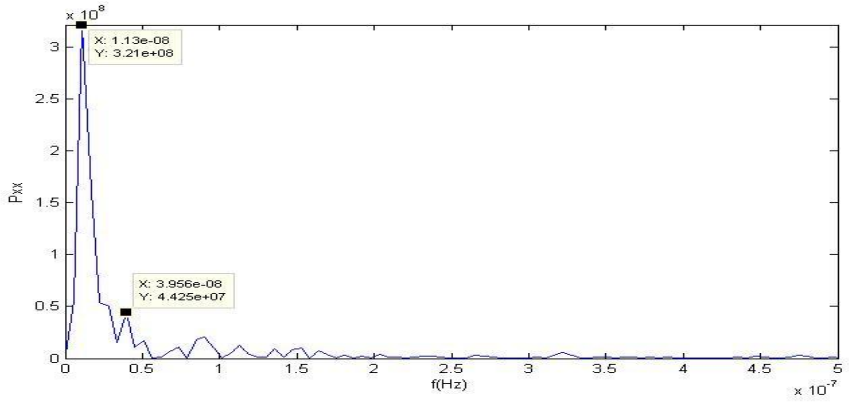
Şekil C.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



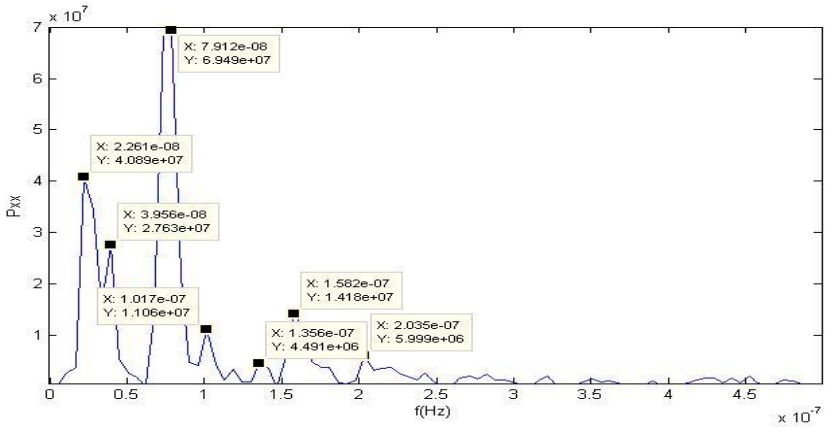
Şekil C.26. KIRS istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



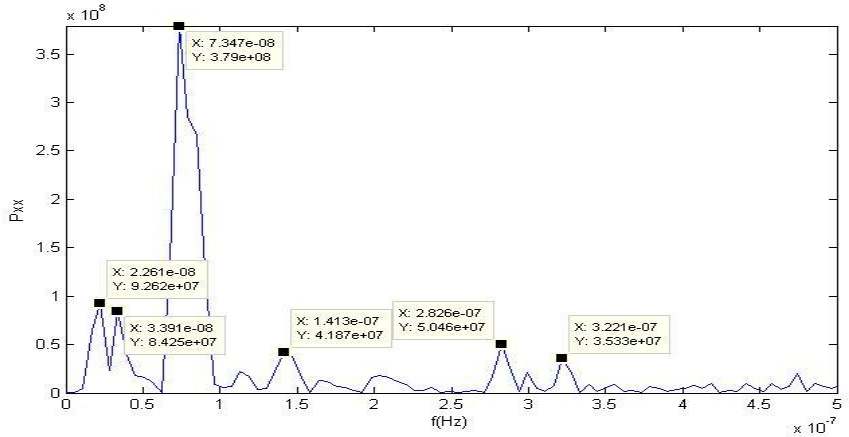
Şekil C.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



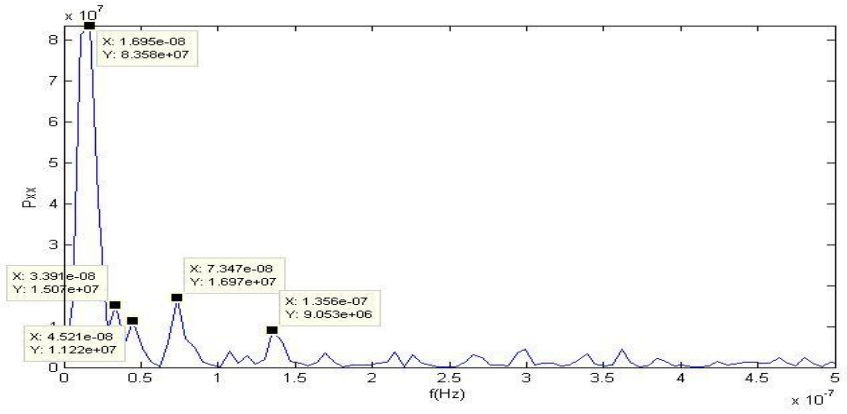
Şekil C.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



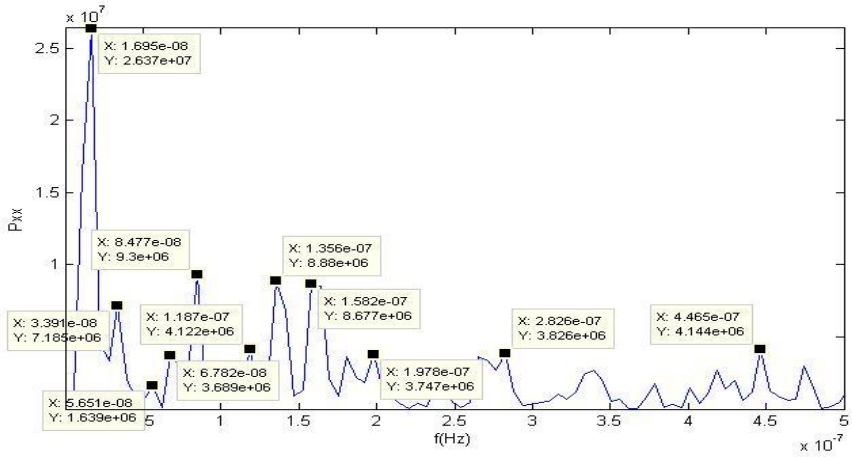
Şekil C.29. KLUU istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



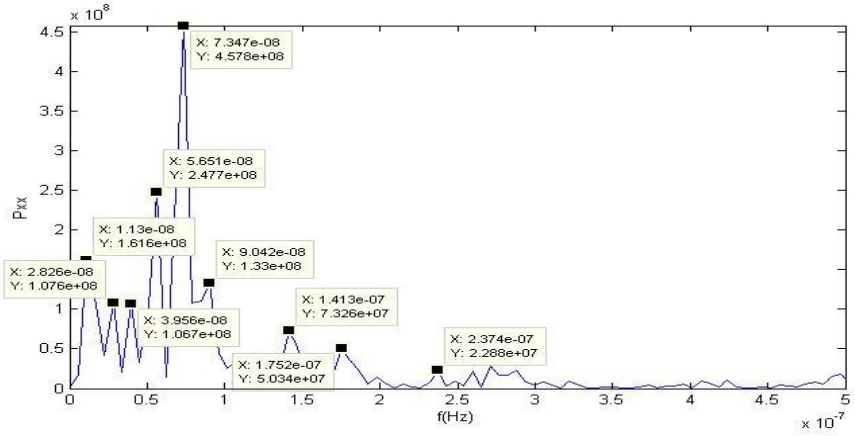
Şekil C.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



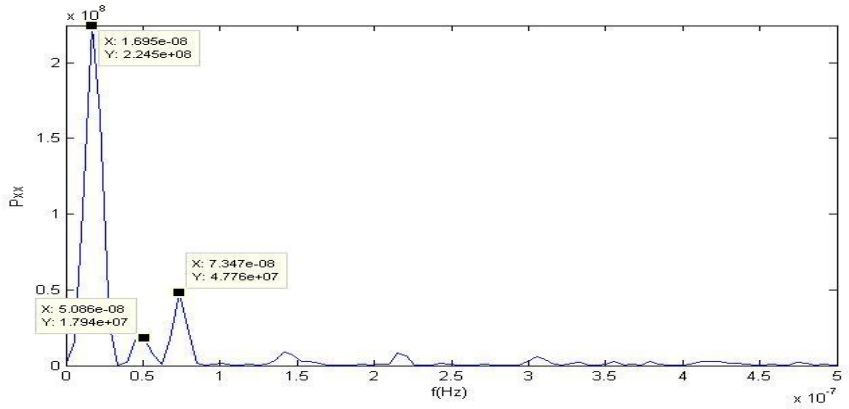
Şekil C.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



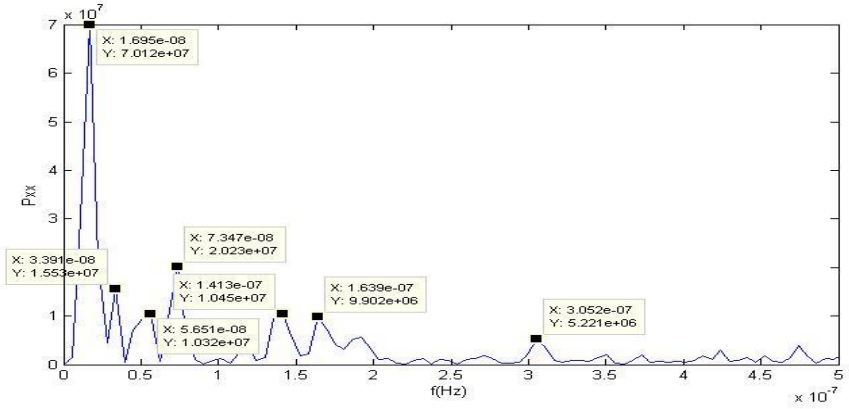
Şekil C.32. NEVS istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



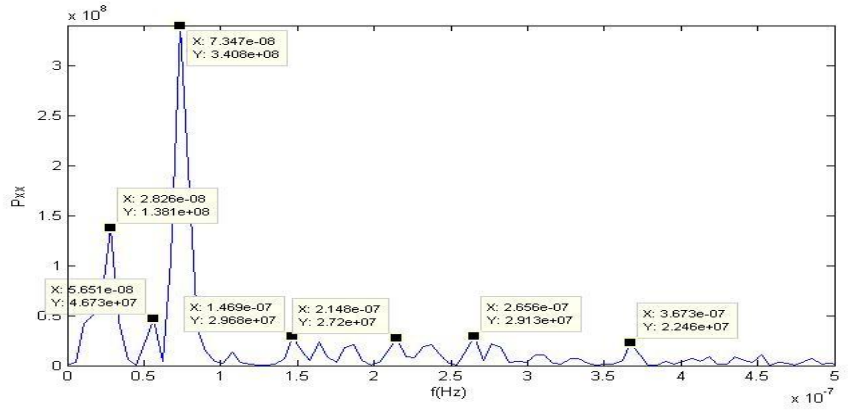
Şekil C.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.



Şekil C.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.

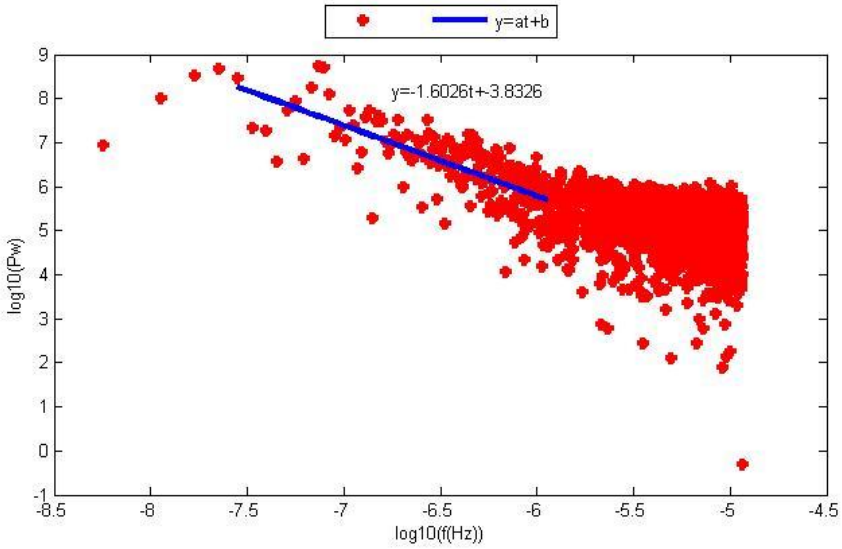


Şekil C.35. NIGD istasyonu doğu bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.

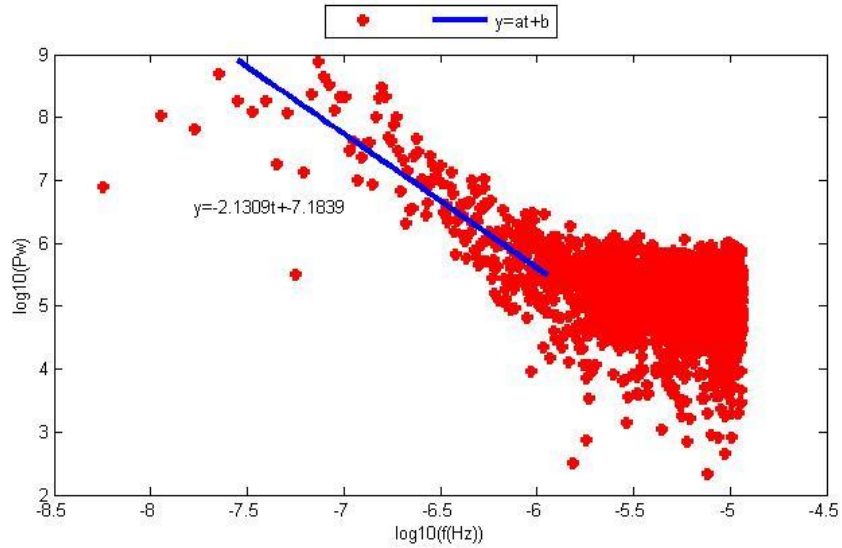


Şekil C.36. NIGD istasyonu yükseklik bileşeni güç izgesi – frekans grafiği.

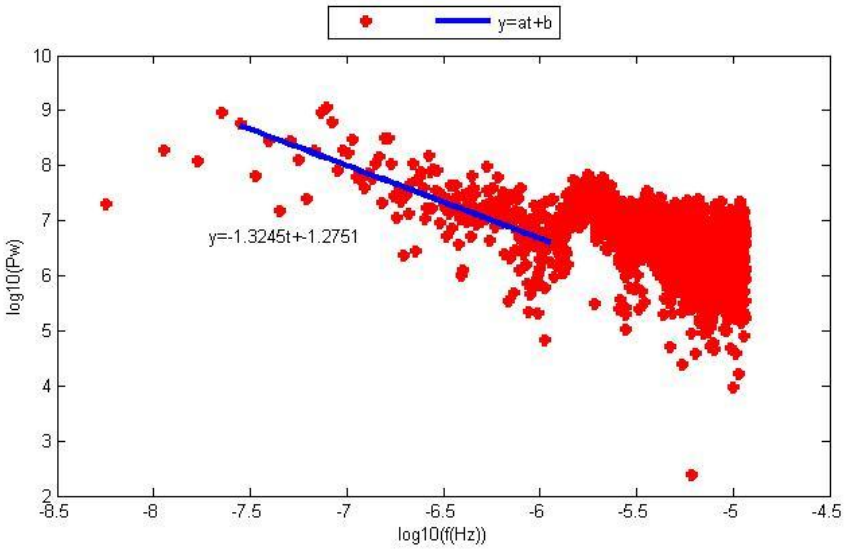
EK D. İstasyonların Periyodogram tabanlı yöntem ile parametre kestirim sonuçları.



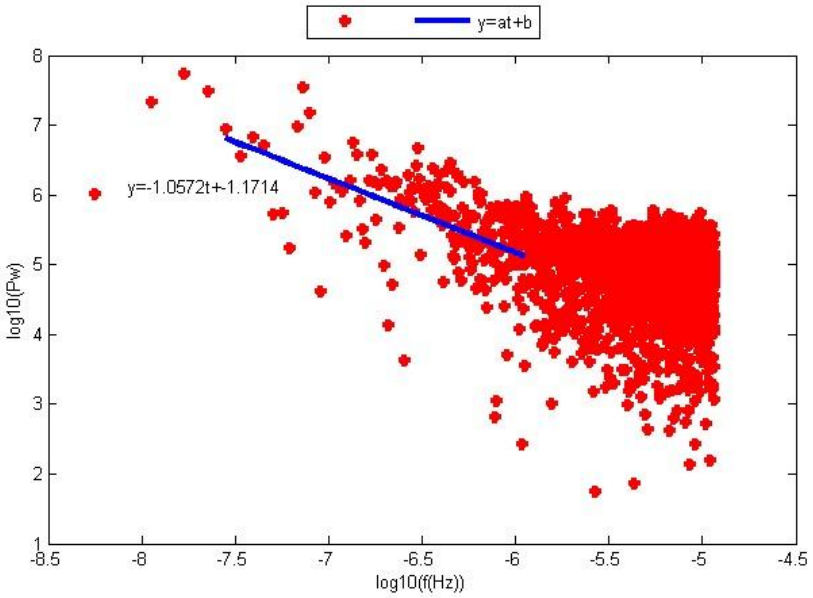
Şekil D.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



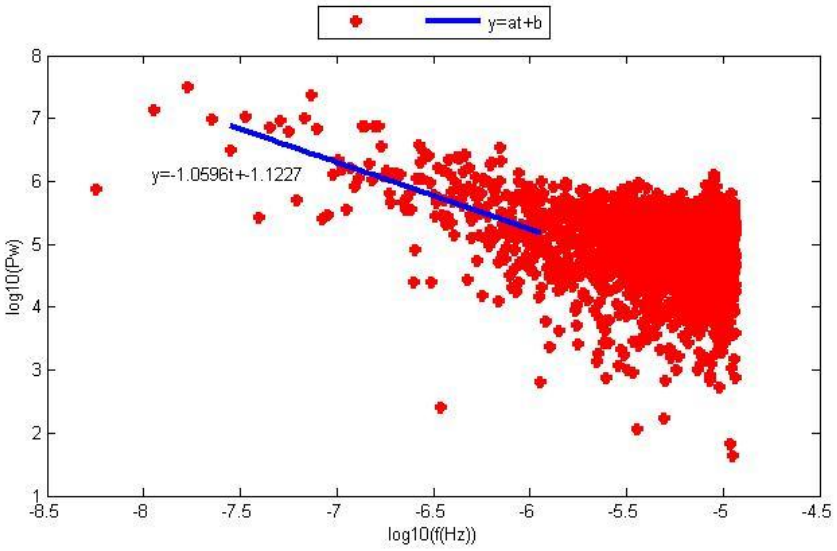
Şekil D.2. AKSI istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



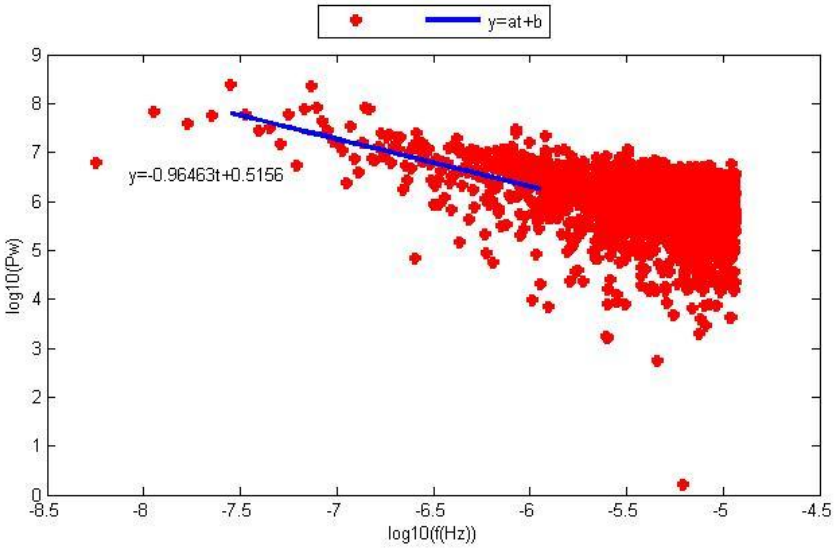
Şekil D.3. AKSI istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



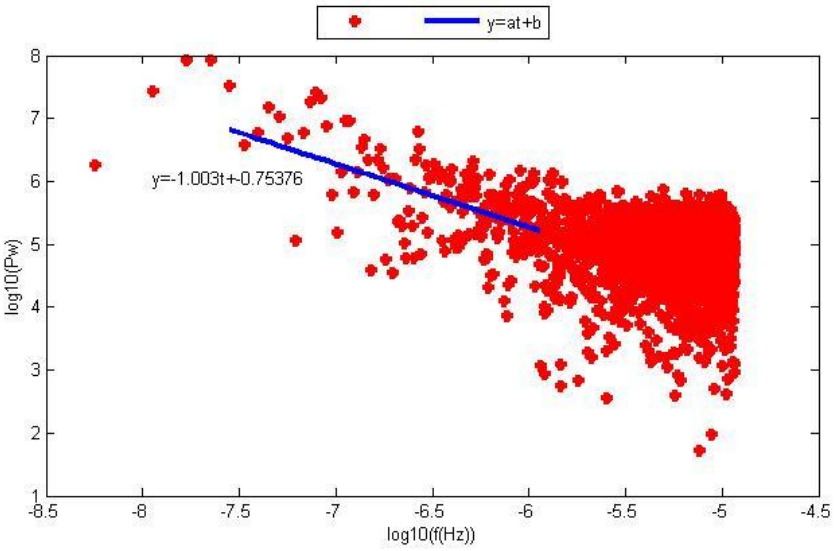
Şekil D.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



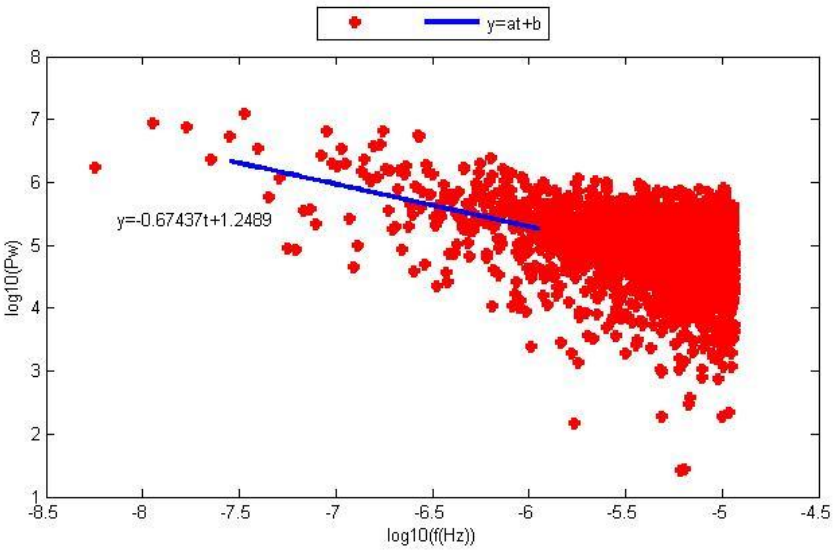
Şekil D.5. AKSR istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



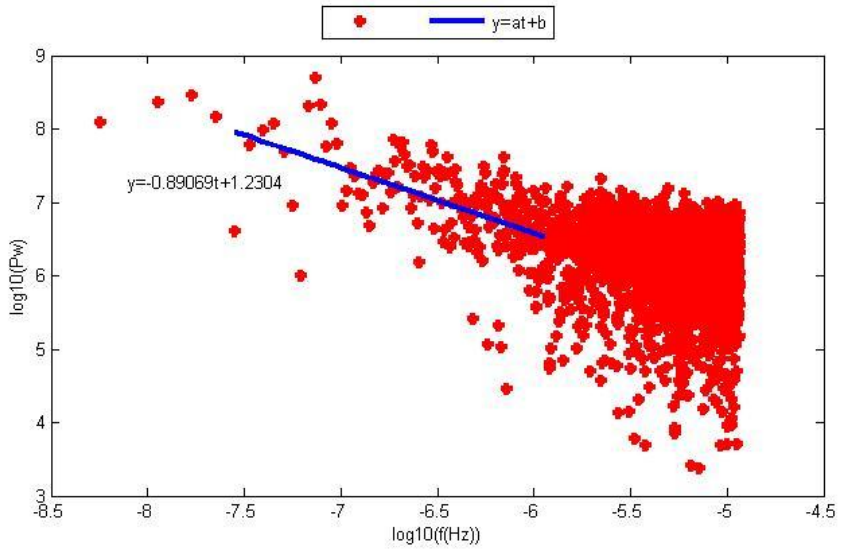
Şekil D.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



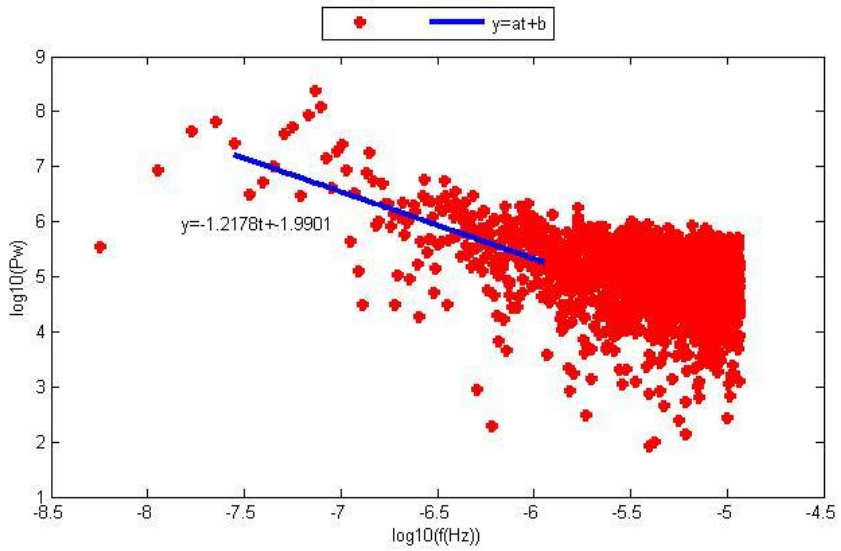
Şekil D.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



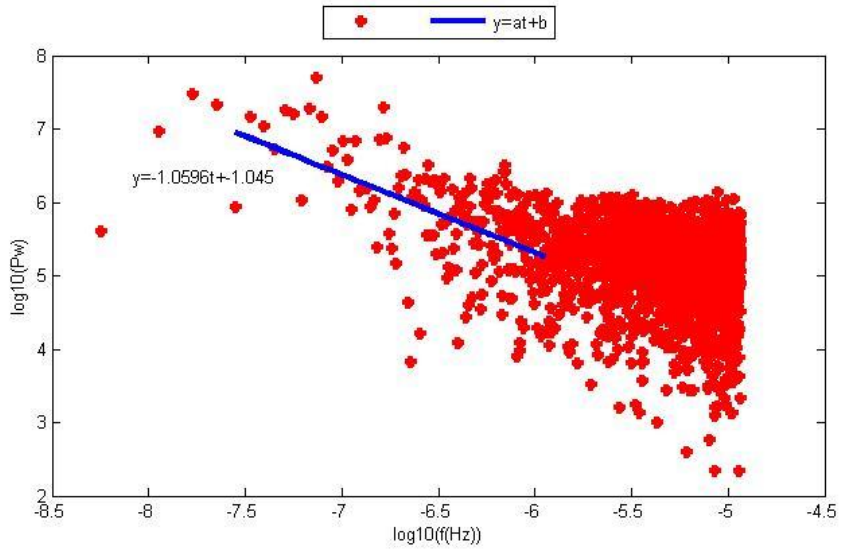
Şekil D.8. ANRK istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



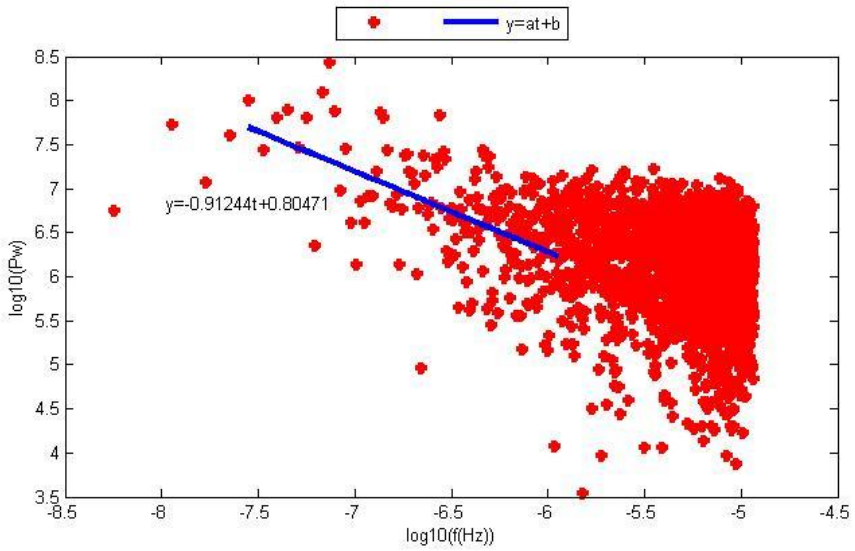
Şekil D.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



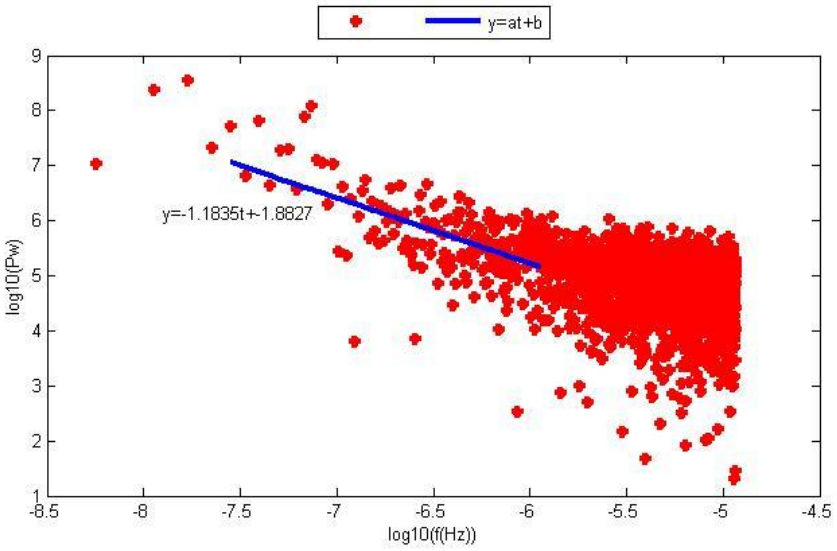
Şekil D.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



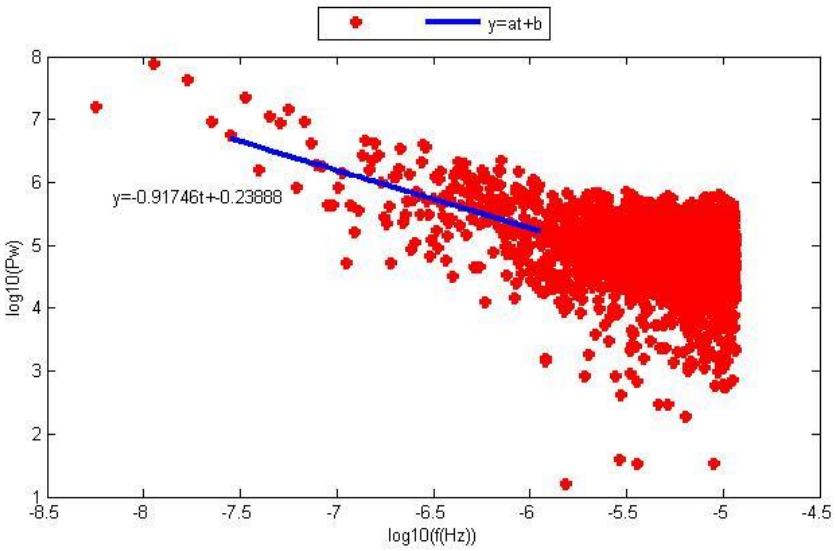
Şekil D.11. BEYS istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



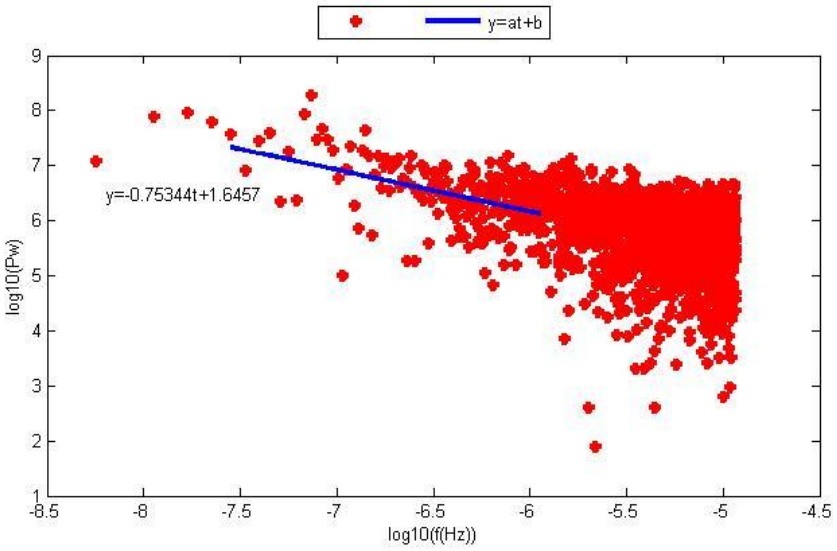
Şekil D.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



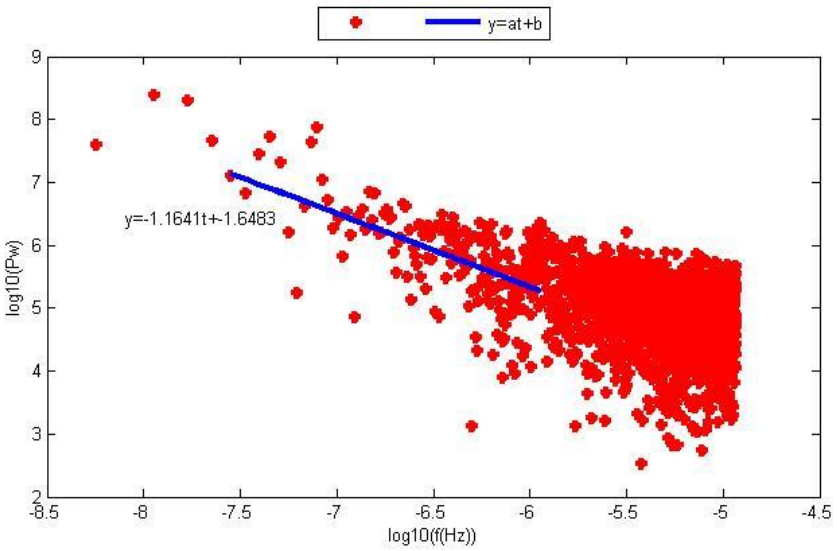
Şekil D.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



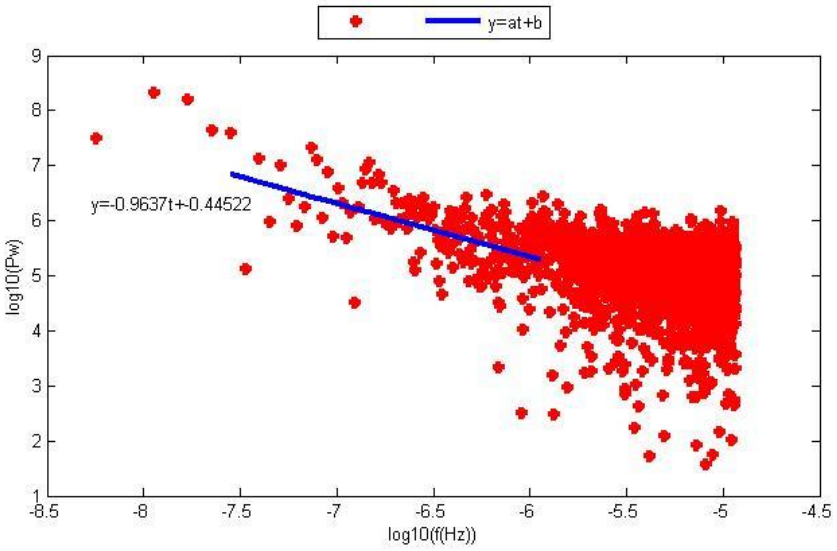
Şekil D.14. CIHA istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



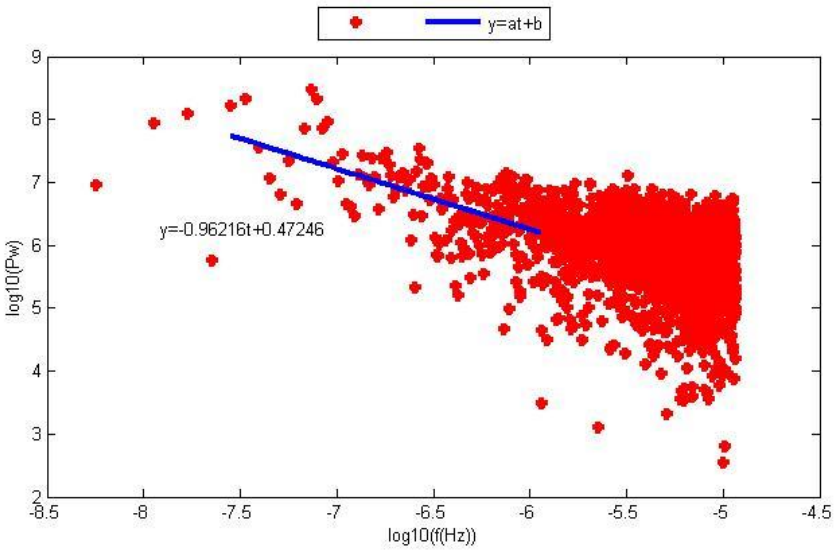
Şekil D.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



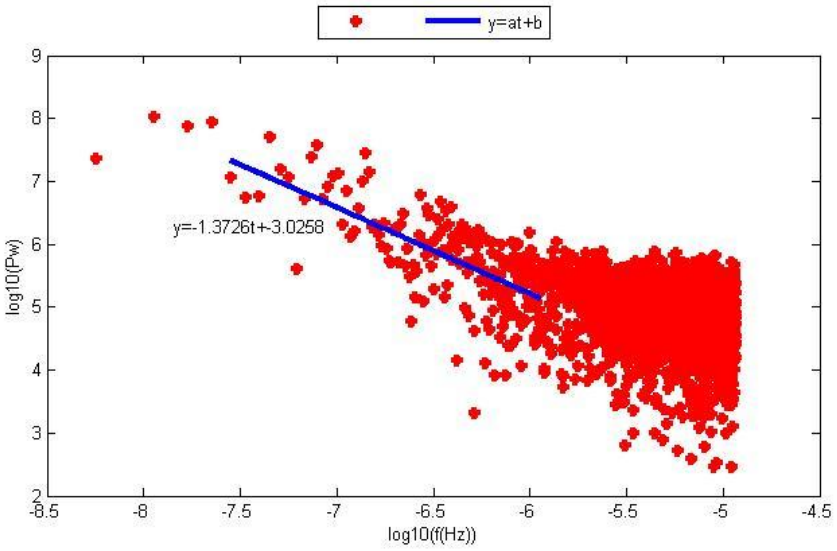
Şekil D.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



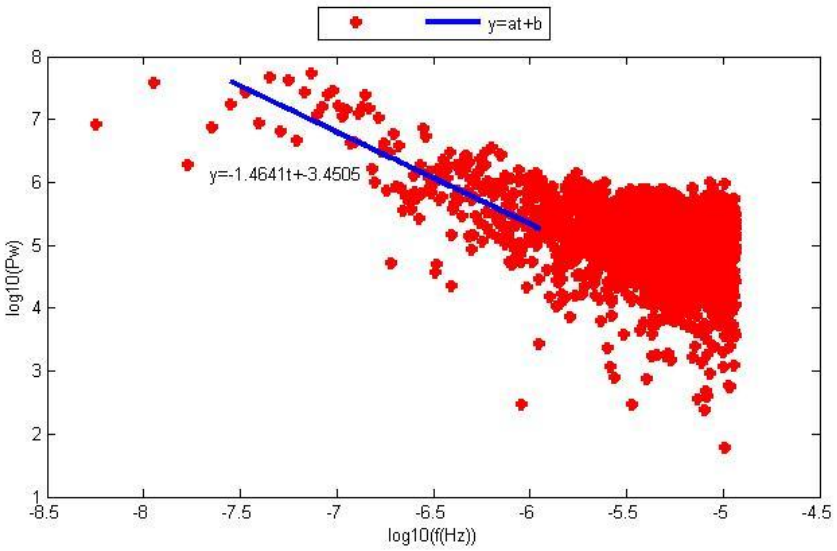
Şekil D.17. HYMN istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



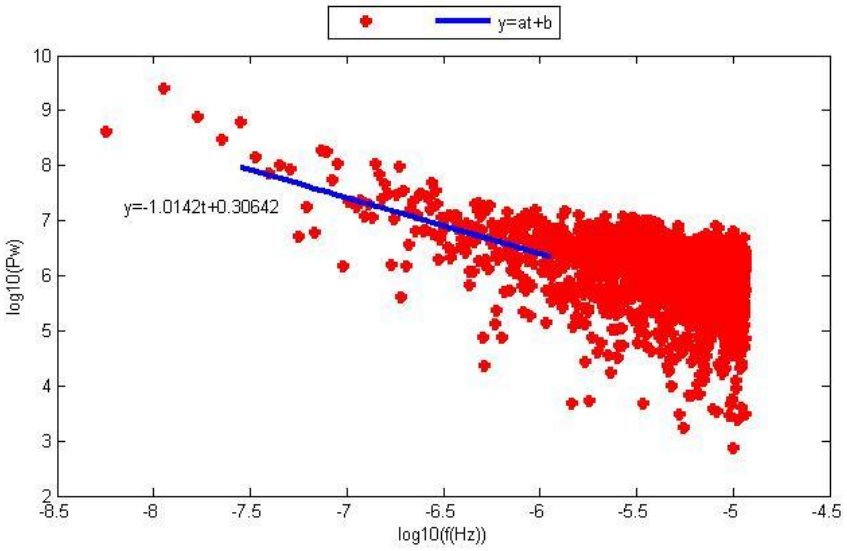
Şekil D.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



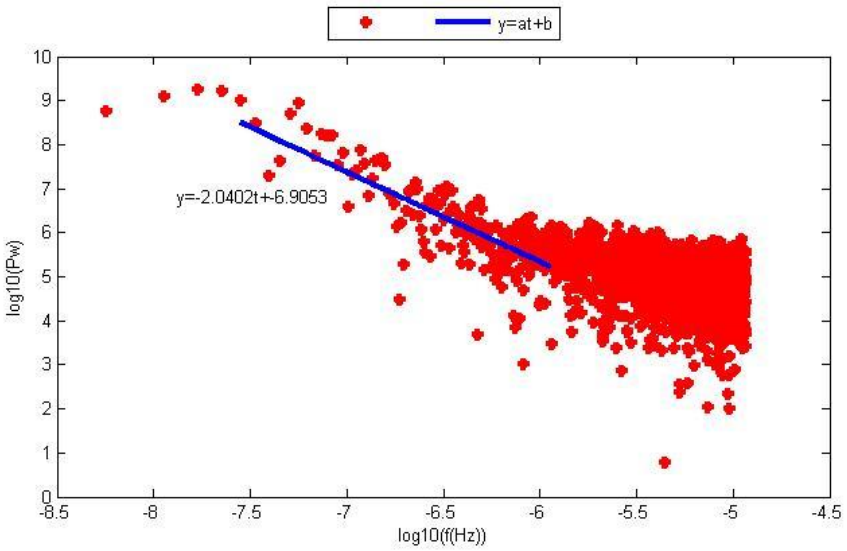
Şekil D.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



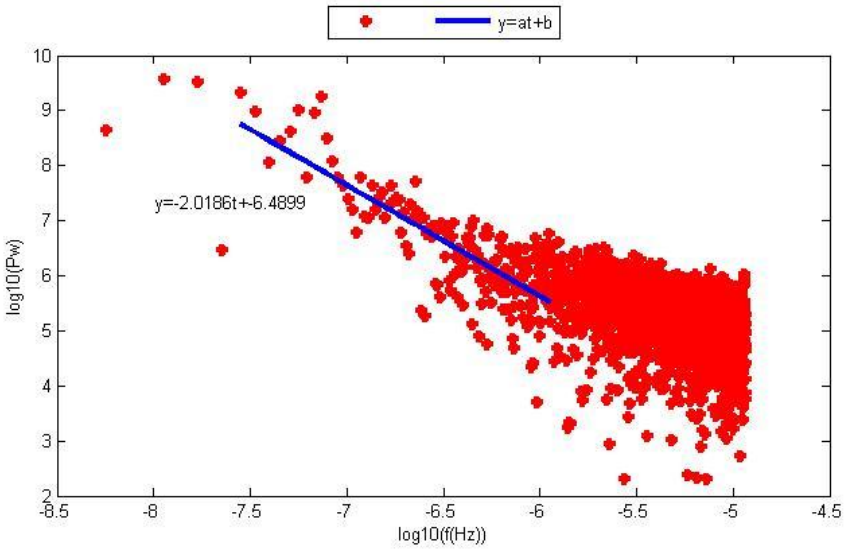
Şekil D.20. KAMN istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



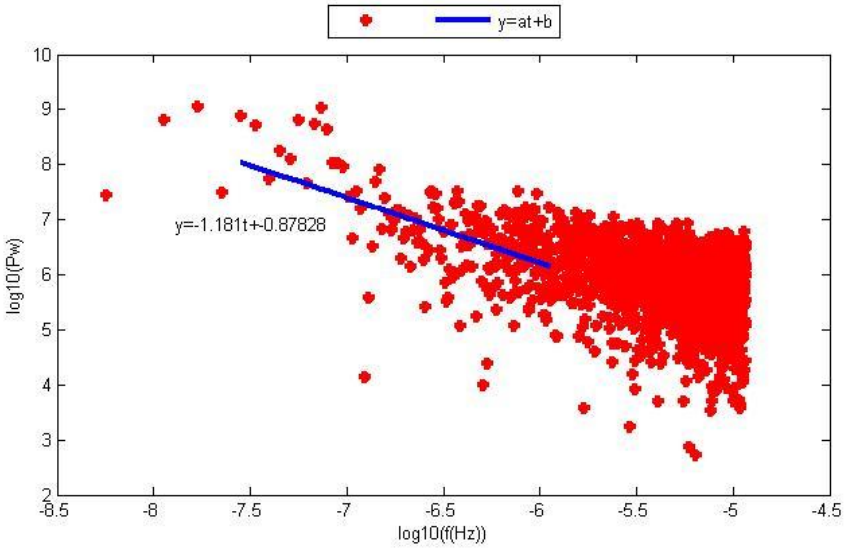
Şekil D.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



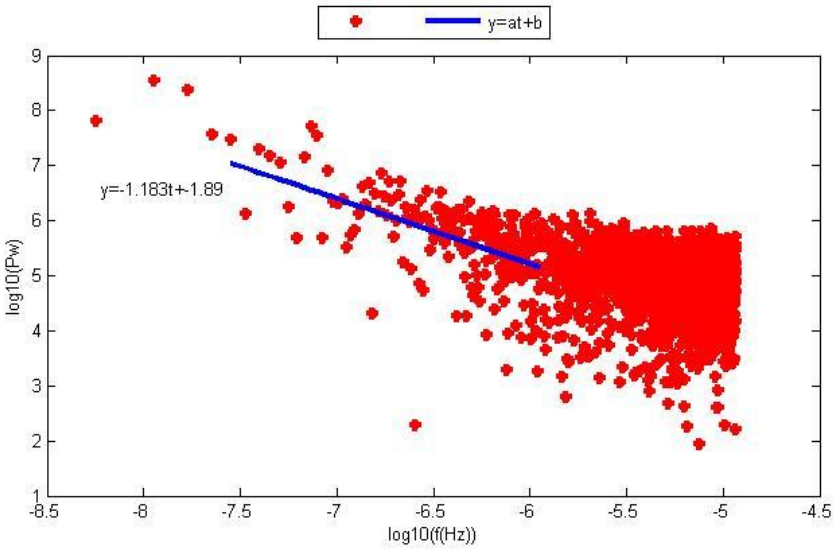
Şekil D.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



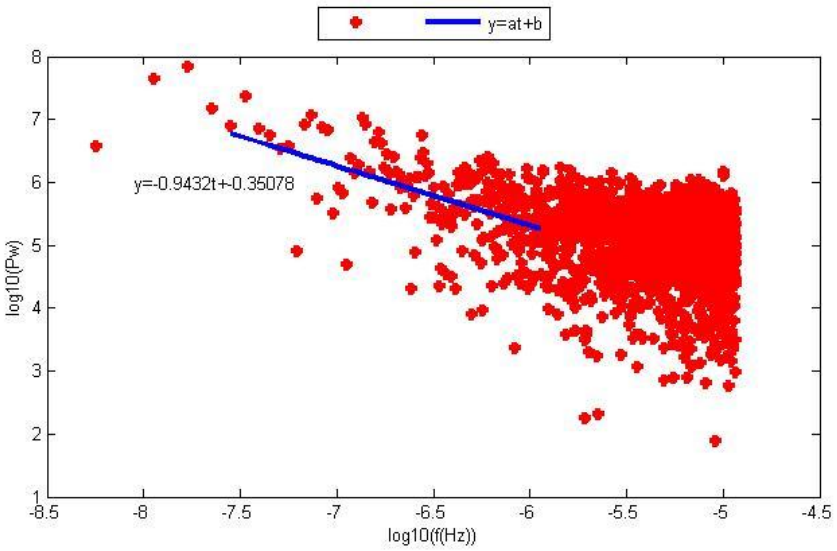
Şekil D.23. KAPN istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



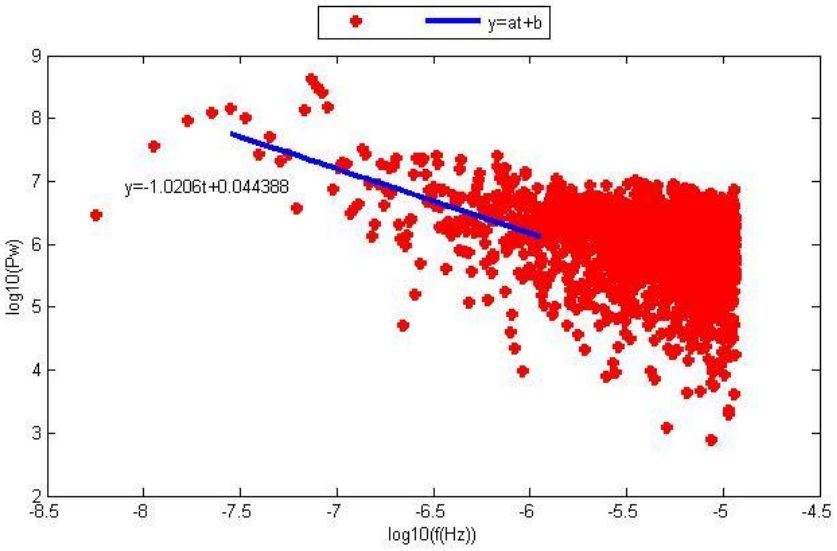
Şekil D.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



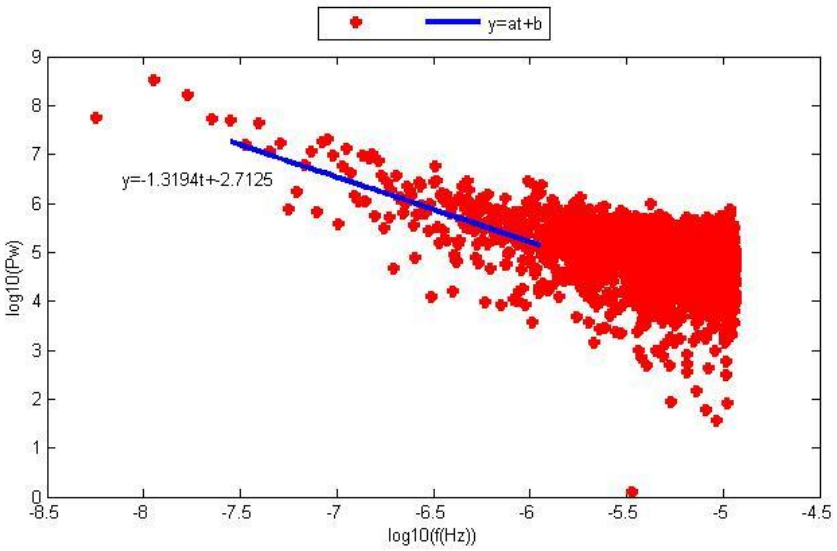
Şekil D.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



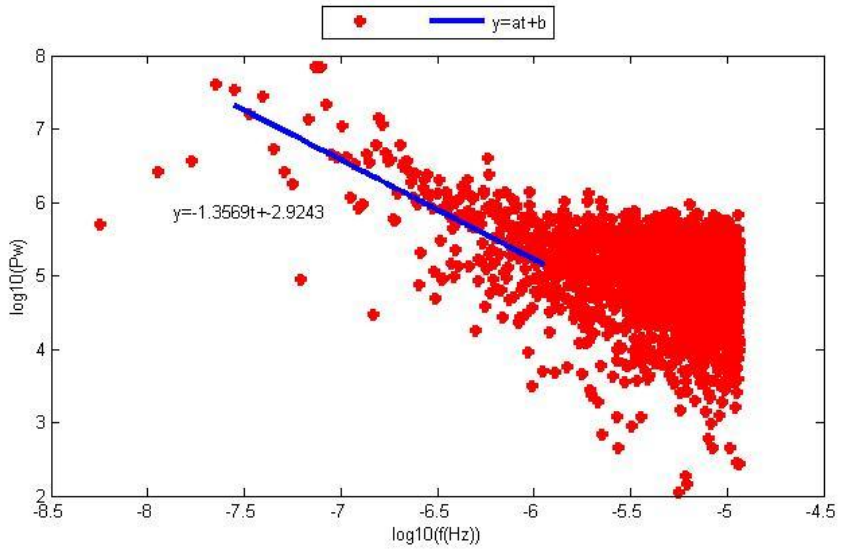
Şekil D.26. KIRS istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



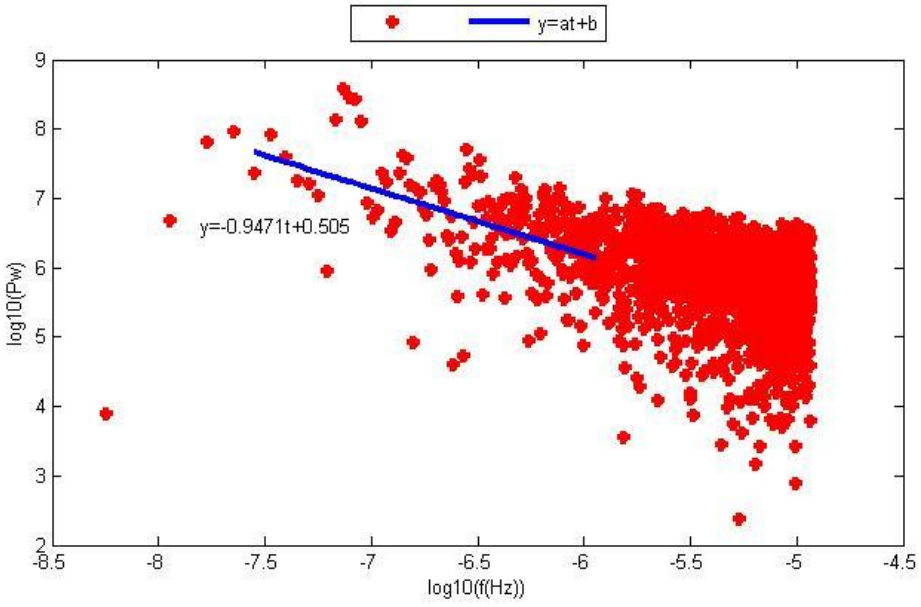
Şekil D.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



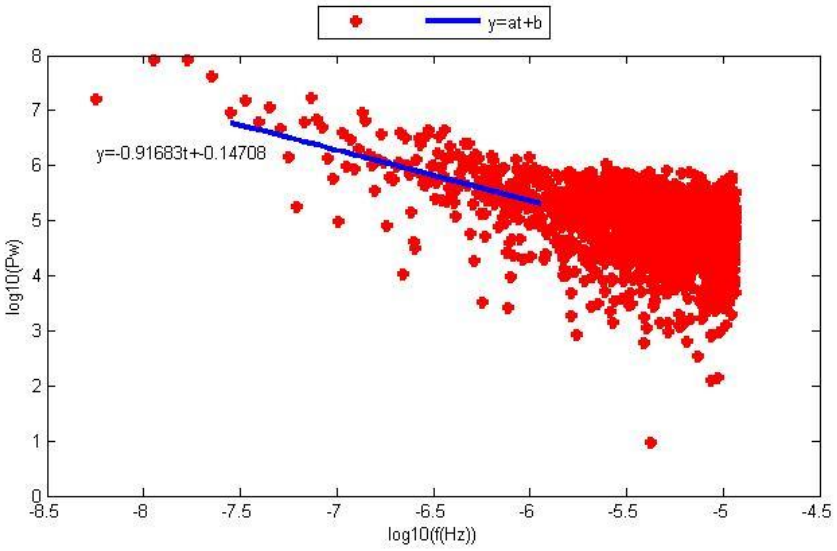
Şekil D.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



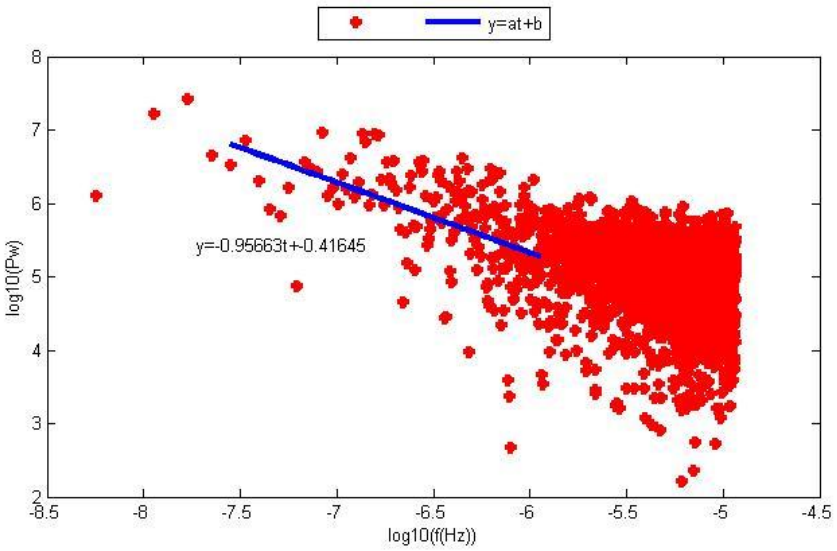
Şekil D.29. KLUU istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



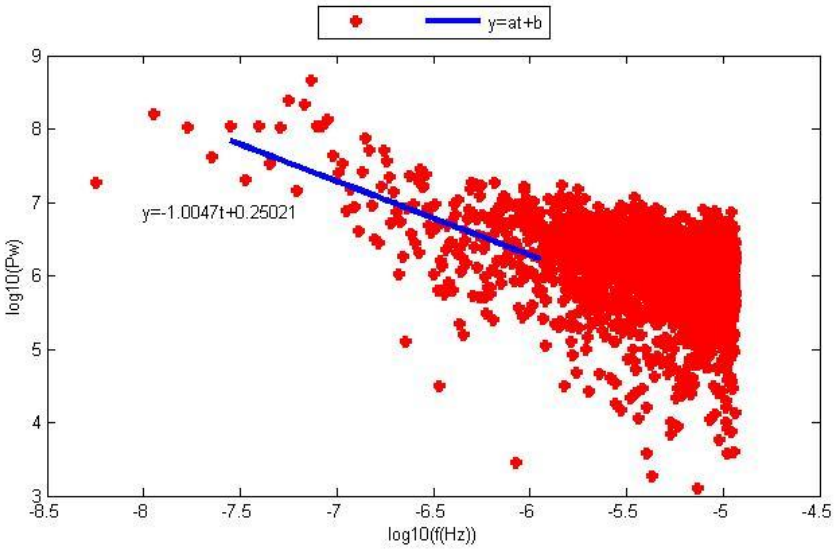
Şekil D.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



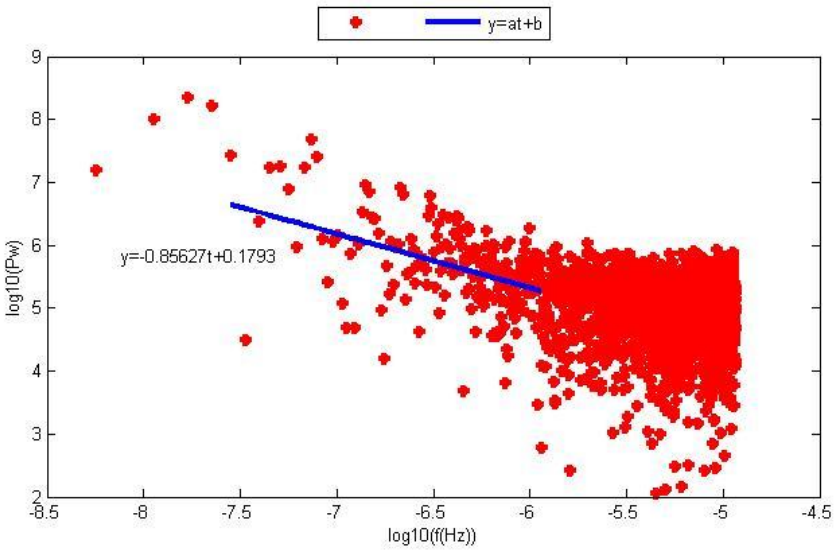
Şekil D.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



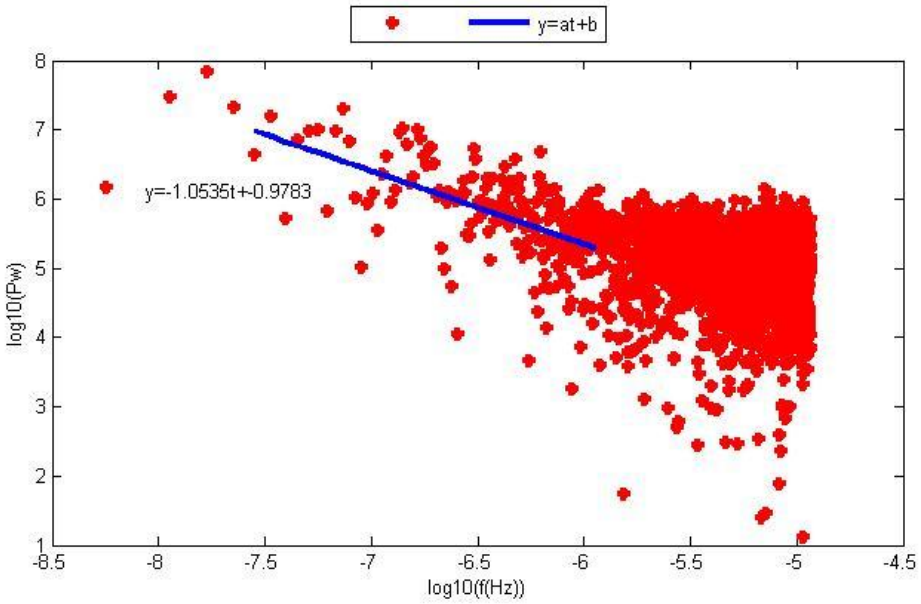
Şekil D.32. NEVS istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



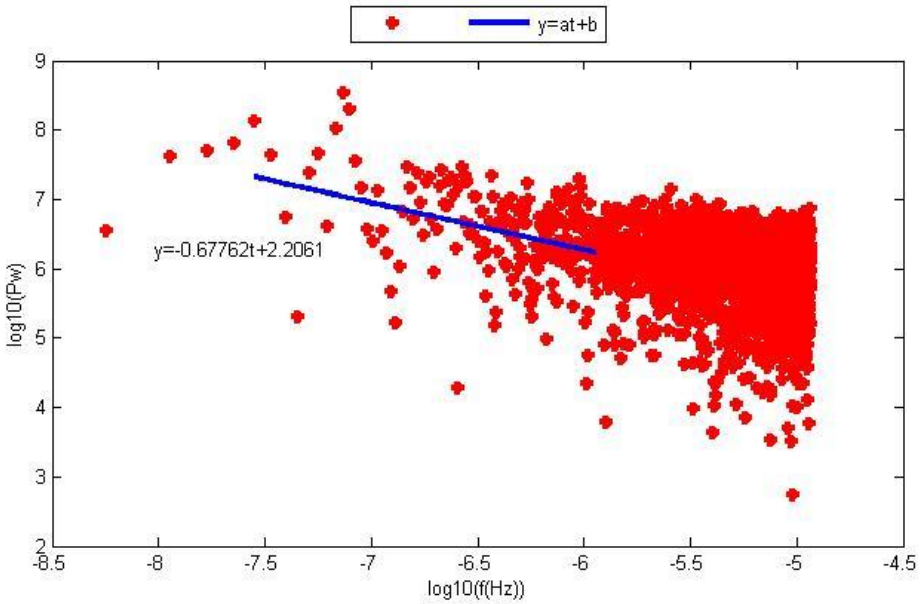
Şekil D.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.



Şekil D.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.

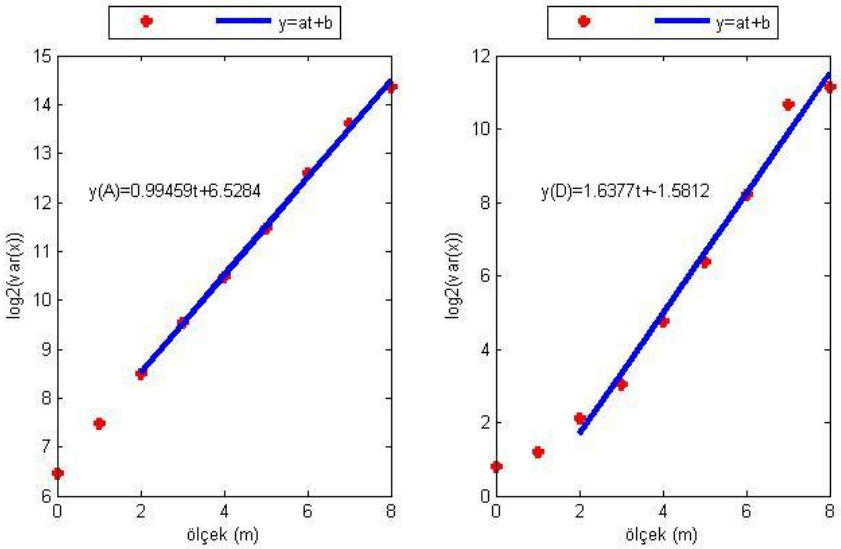


Şekil D.35. NIGD istasyonu doğu bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.

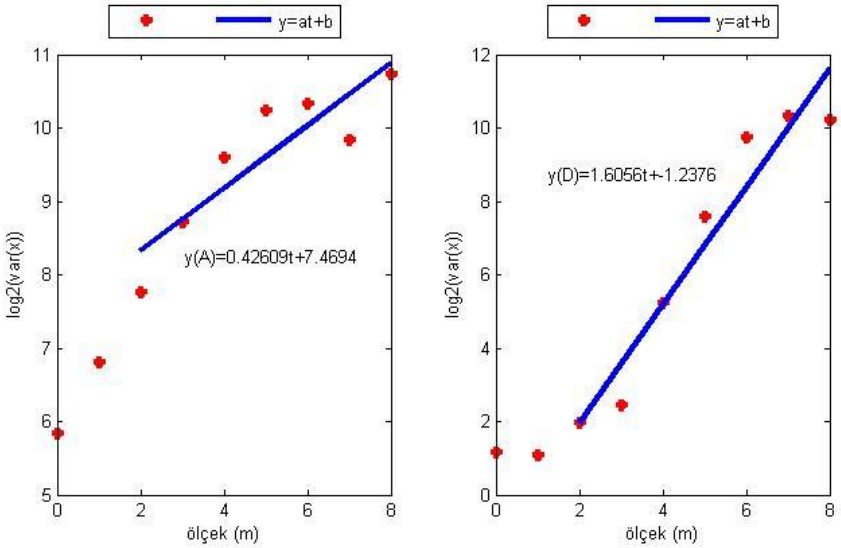


Şekil D.36. NIGD istasyonu yükseklik bileşeninin Periyodogram yöntemi ile parametre kestirim sonuçları.

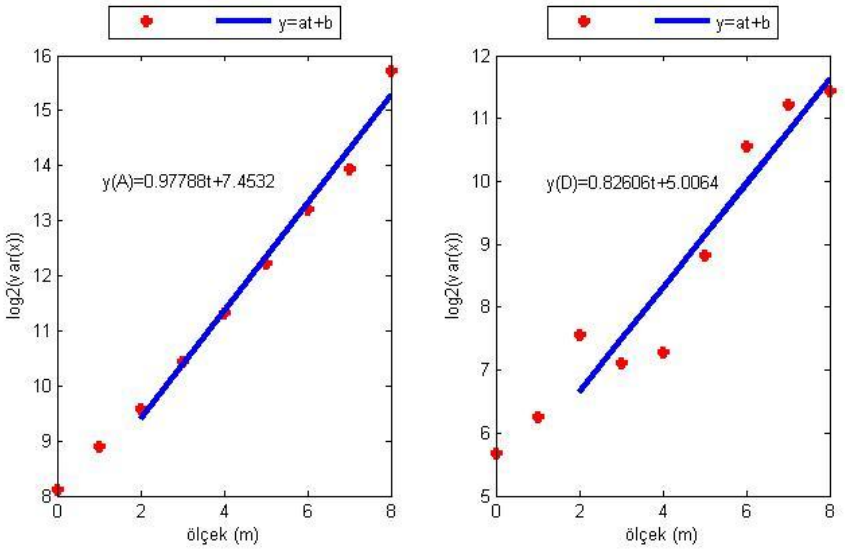
EK E. İstasyonların Dalgacık Dönüşümü tabanlı yöntem ile parametre kestirim sonuçları.



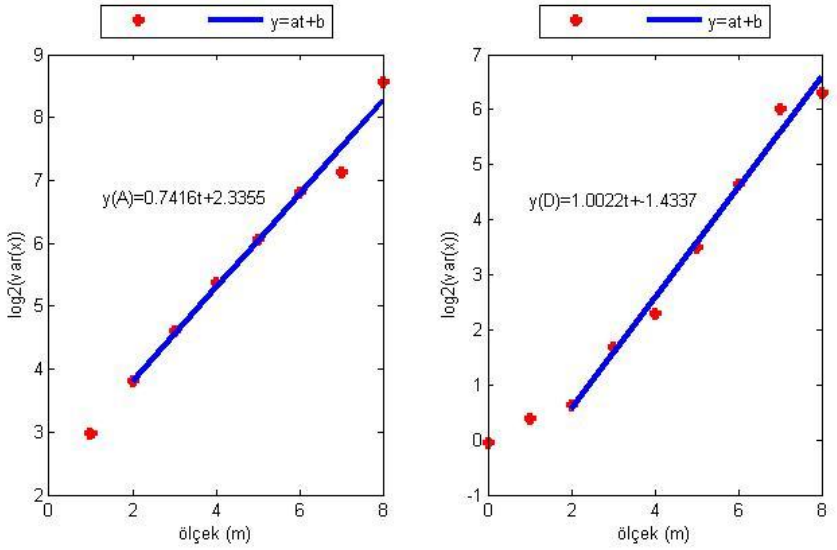
Şekil E.1. AKSI istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



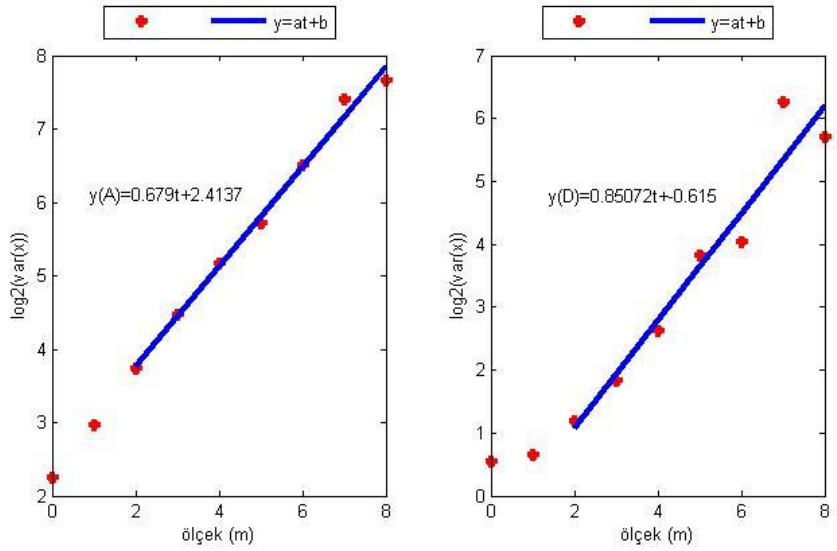
Şekil E.2. AKSI istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



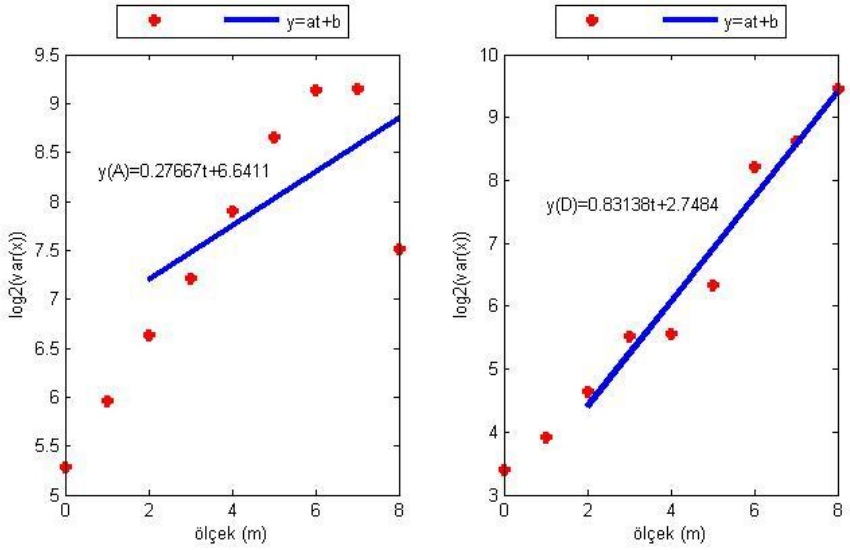
Şekil E.3. AKSI istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



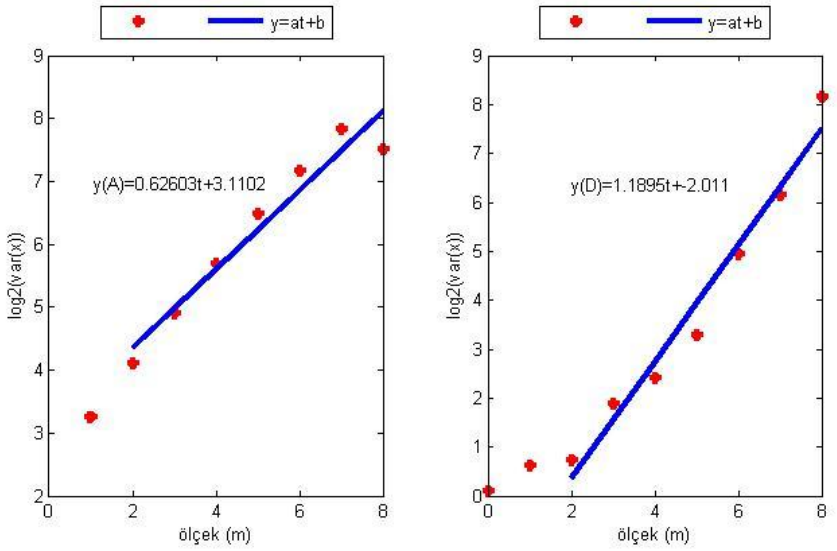
Şekil E.4. AKSR istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



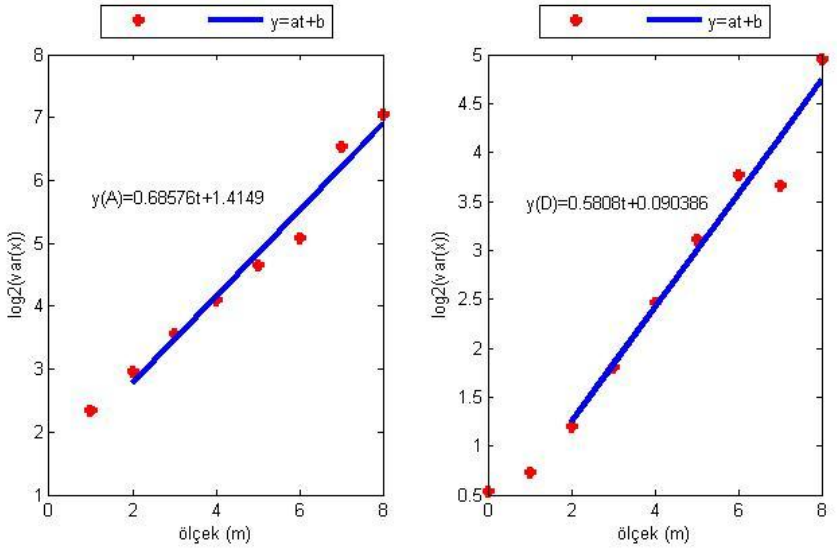
Şekil E.5. AKSR istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



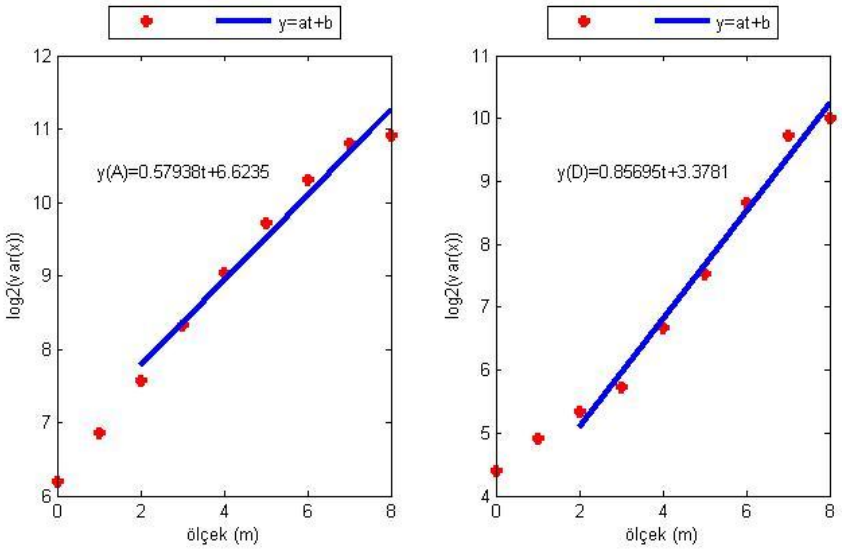
Şekil E.6. AKSR istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



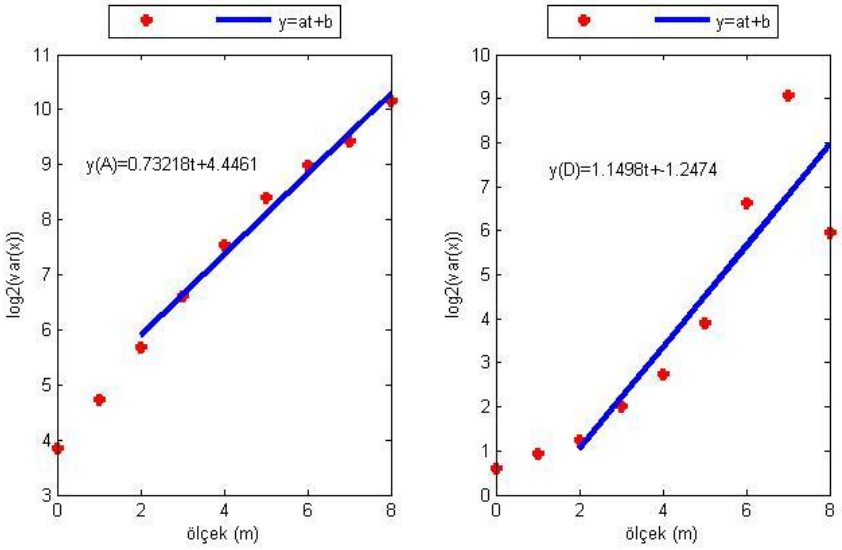
Şekil E.7. ANRK istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



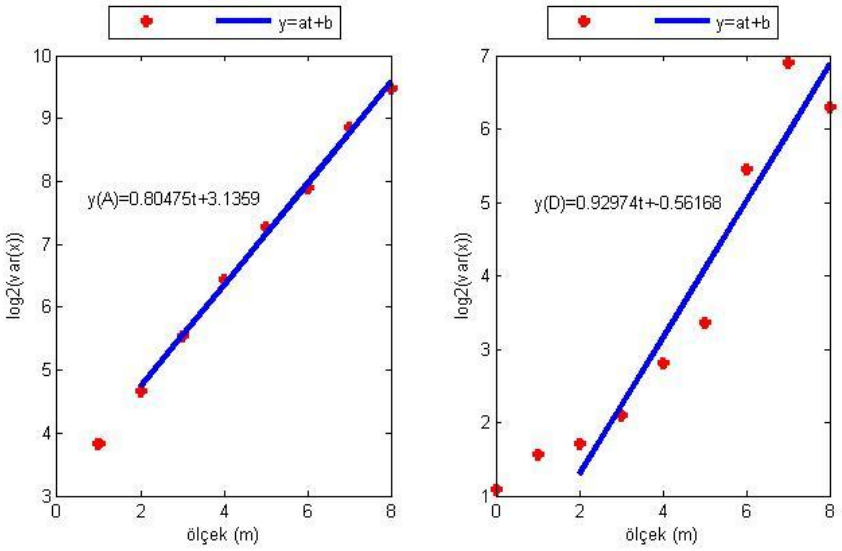
Şekil E.8. ANRK istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



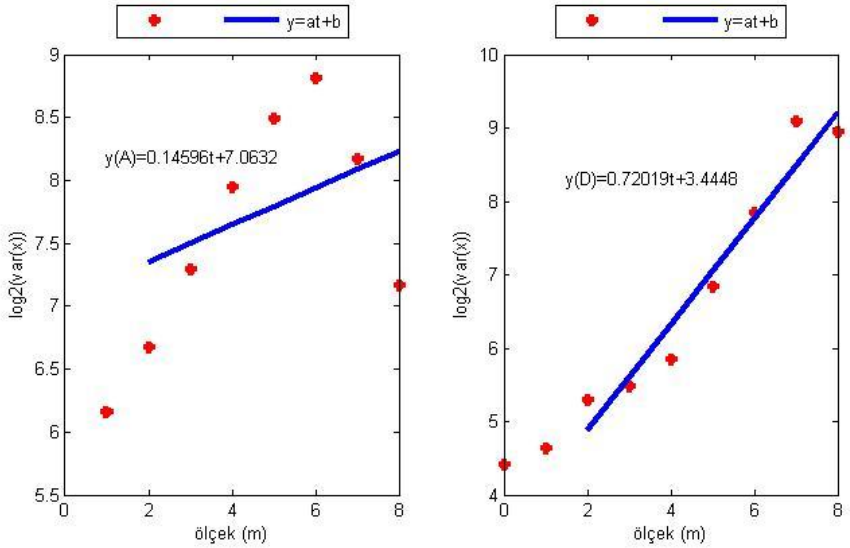
Şekil E.9. ANRK istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



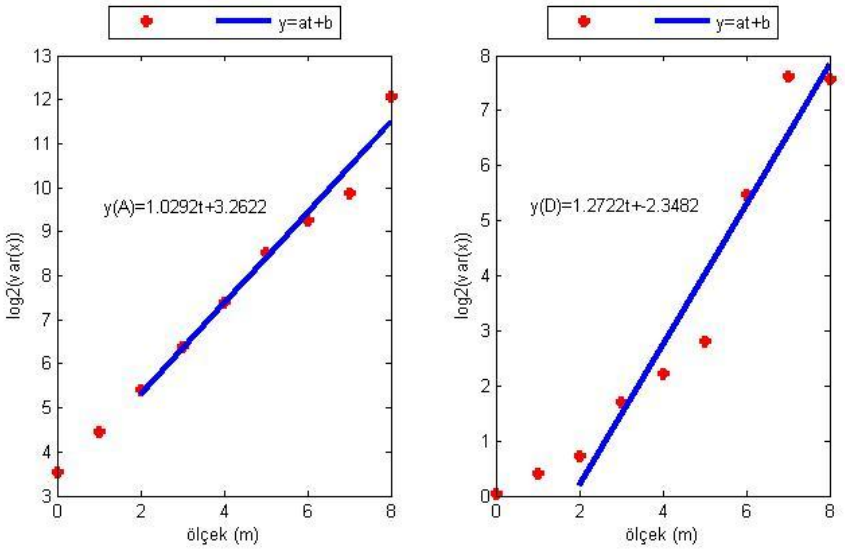
Şekil E.10. BEYS istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



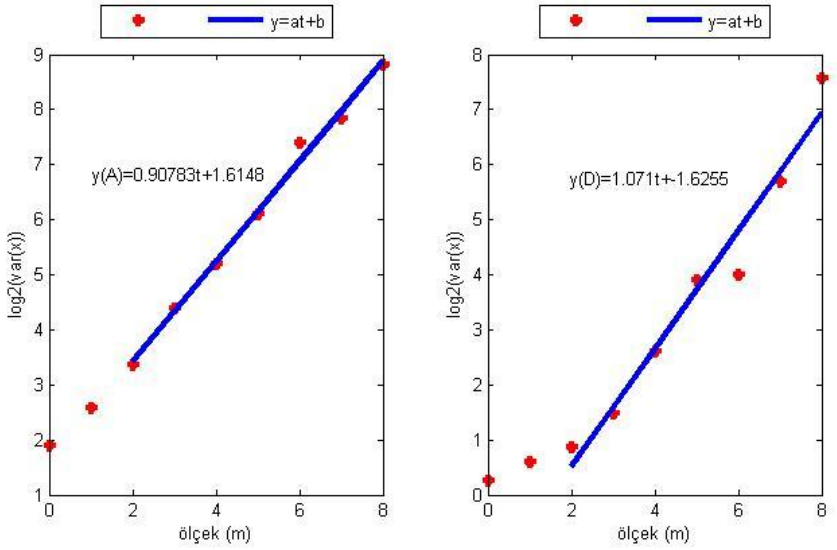
Şekil E.11. BEYS istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



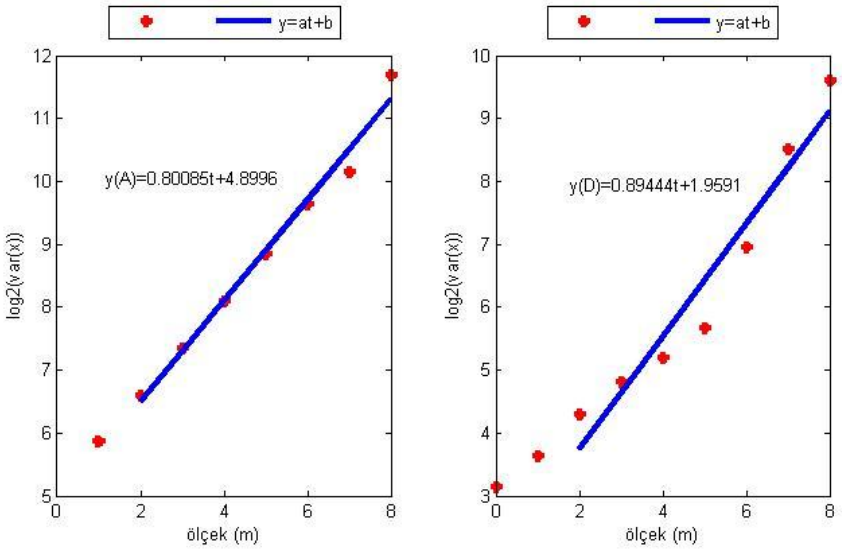
Şekil E.12. BEYS istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



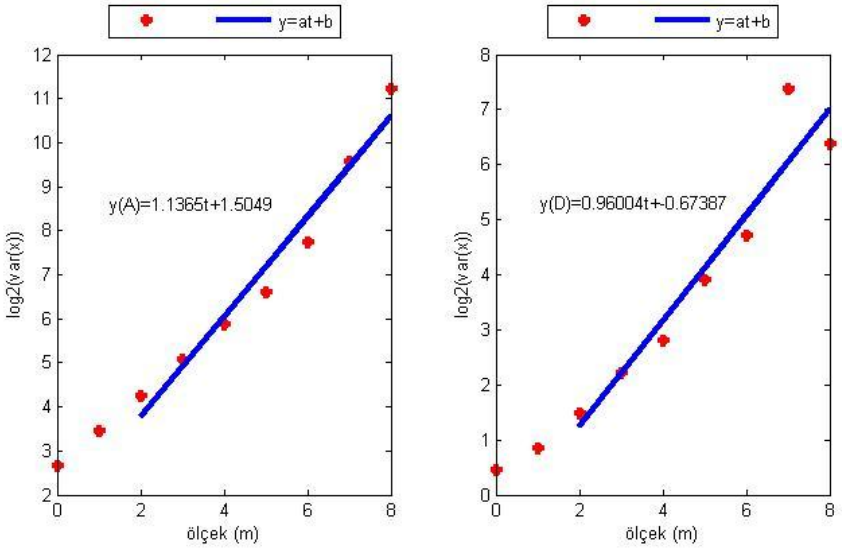
Şekil E.13. CIHA istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



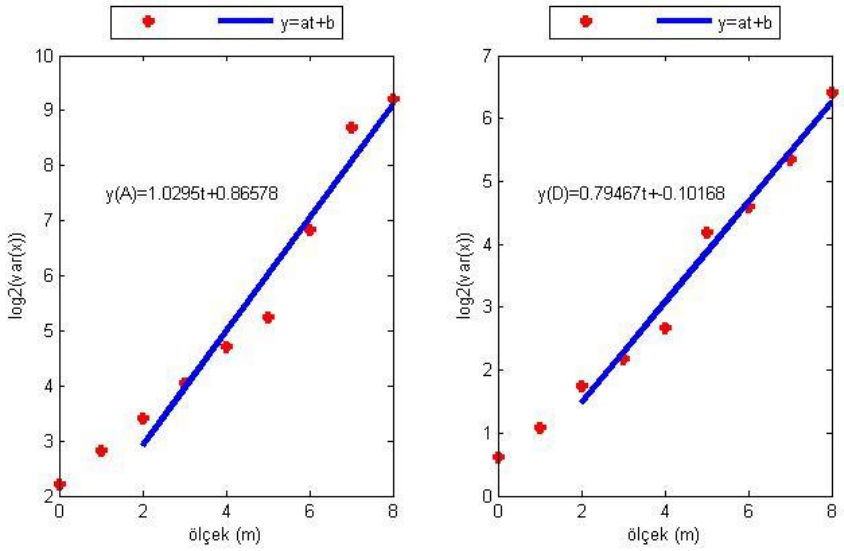
Şekil E.14. CIHA istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



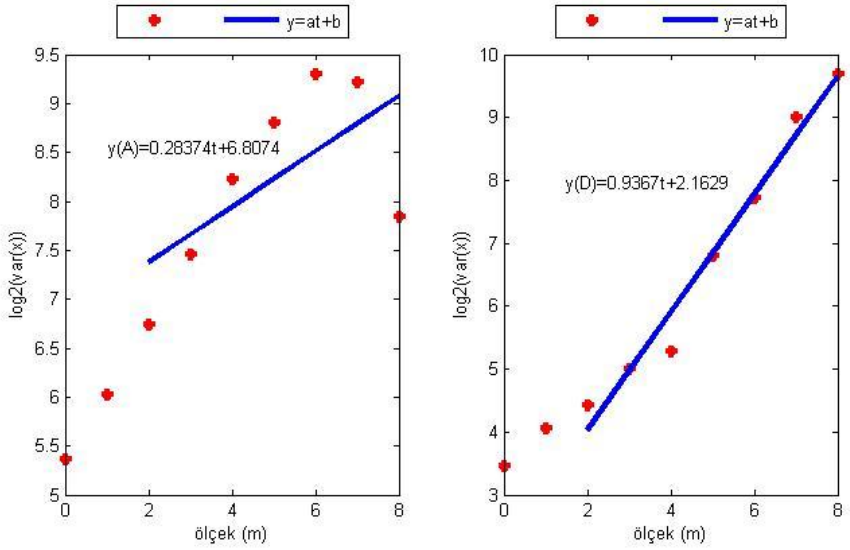
Şekil E.15. CIHA istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



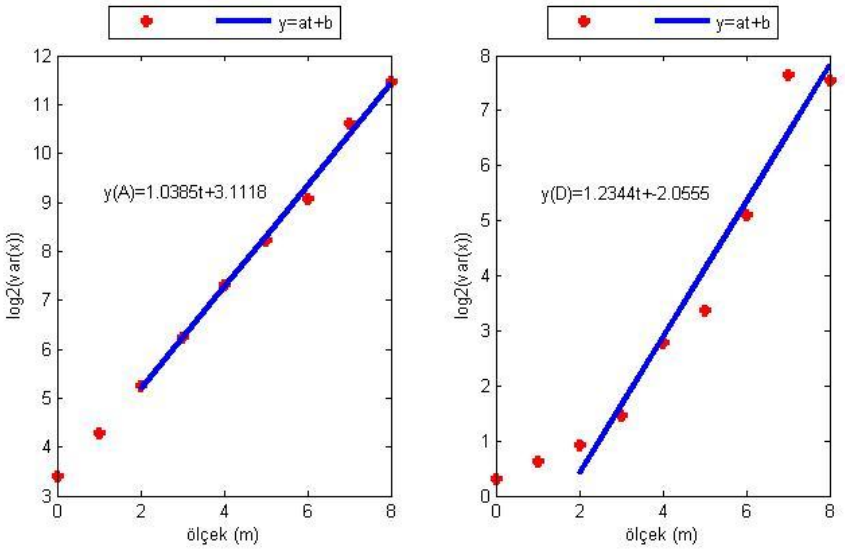
Şekil E.16. HYMN istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



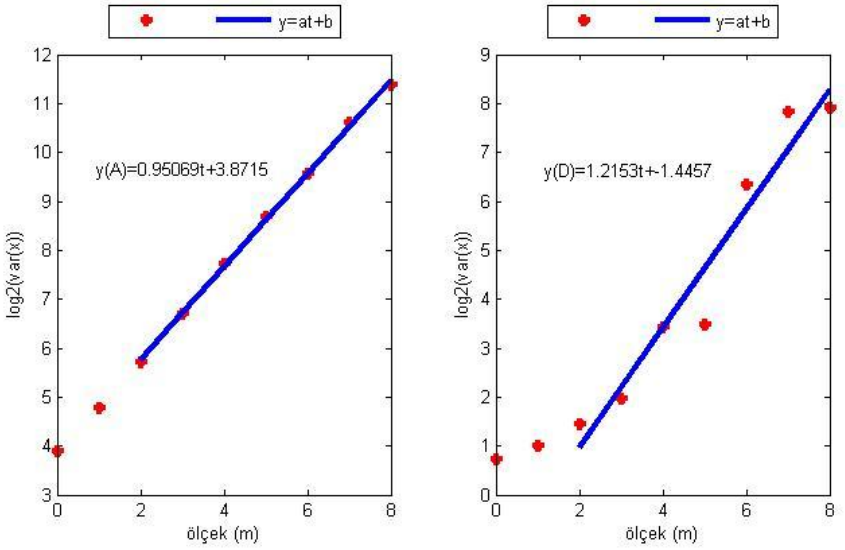
Şekil E.17. HYMN istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



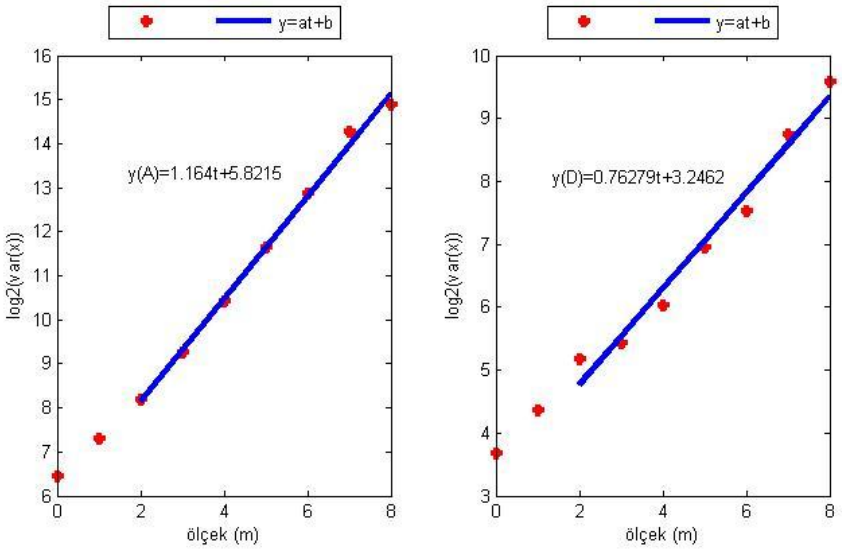
Şekil E.18. HYMN istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



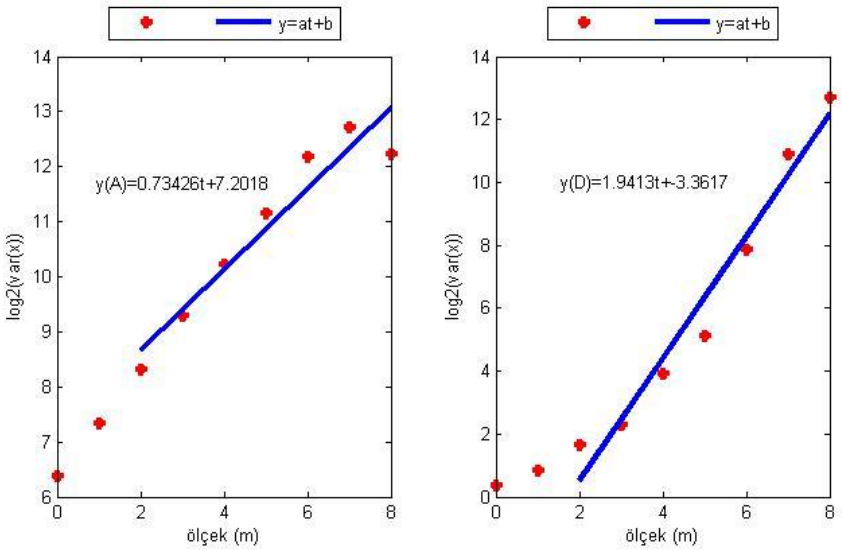
Şekil E.19. KAMN istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



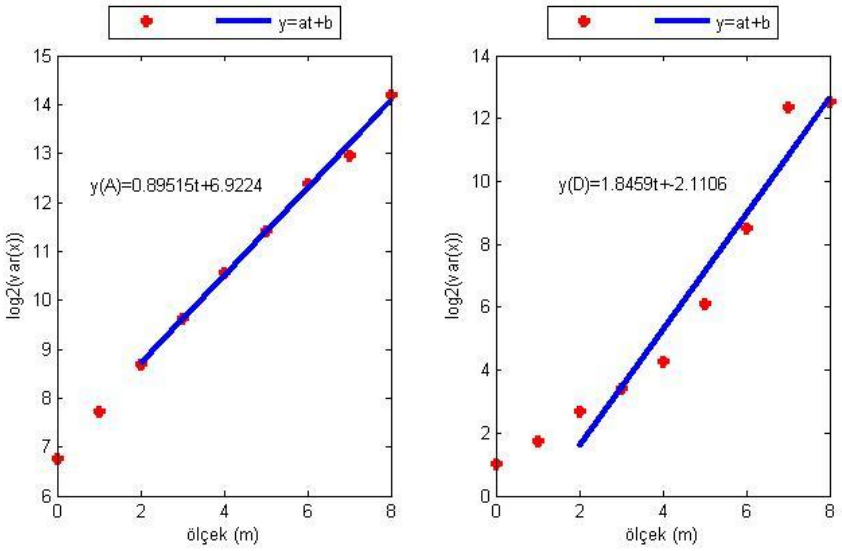
Şekil E.20. KAMN istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



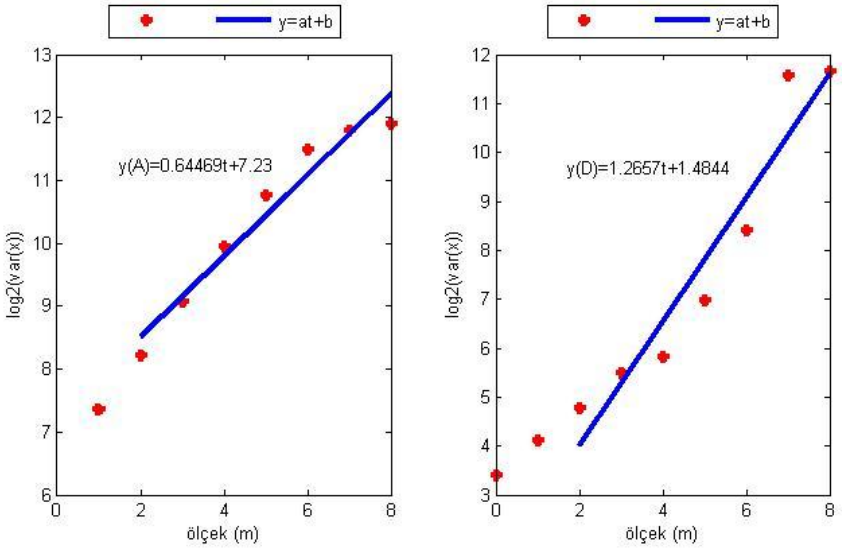
Şekil E.21. KAMN istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



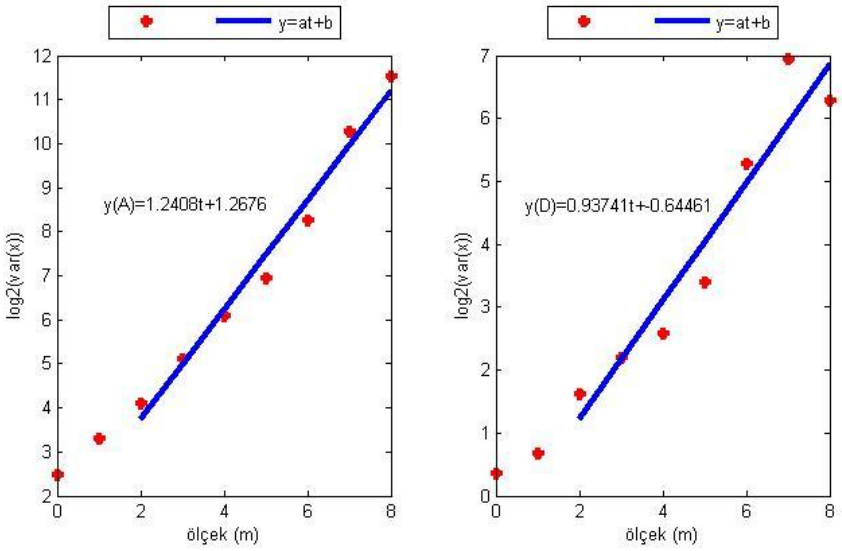
Şekil E.22. KAPN istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



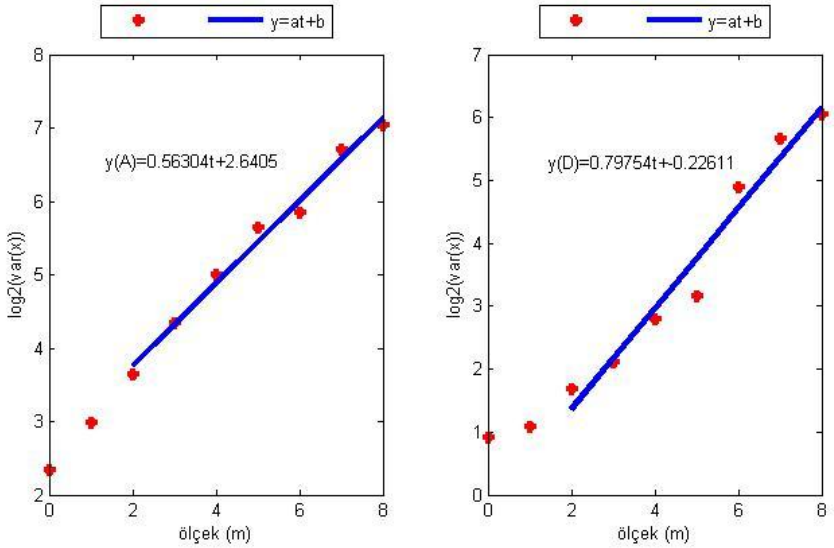
Şekil E.23. KAPN istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



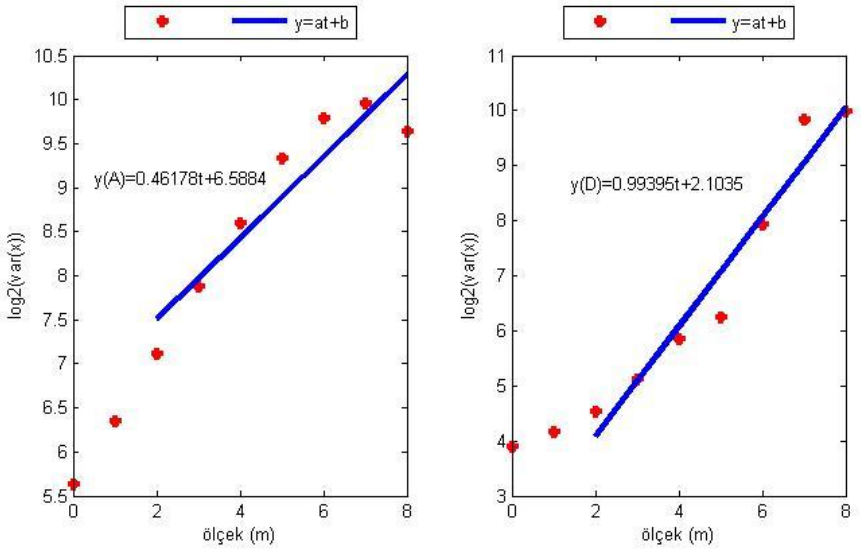
Şekil E.24. KAPN istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



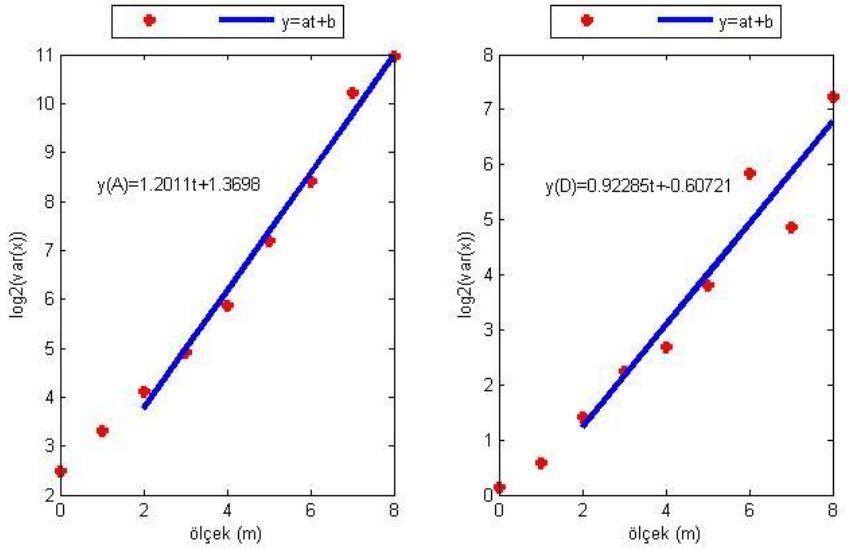
Şekil E.25. KIRS istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



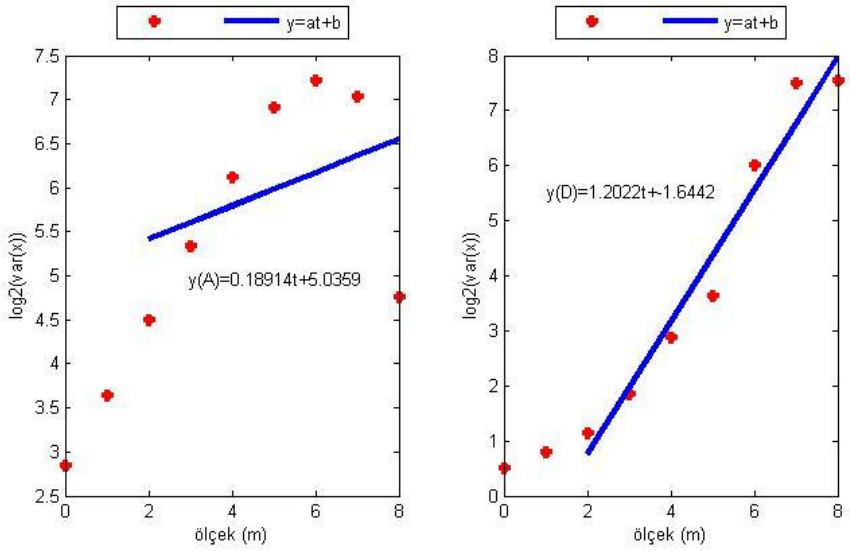
Şekil E.26. KIRS istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



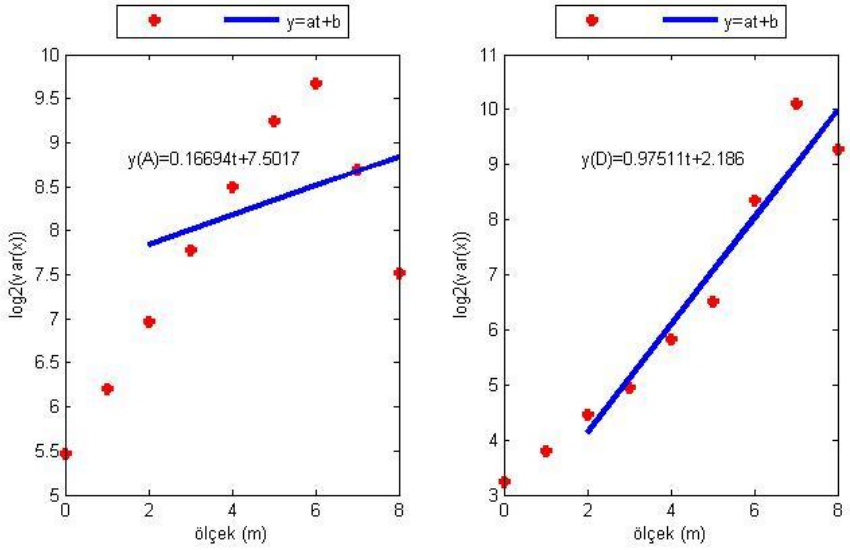
Şekil E.27. KIRS istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



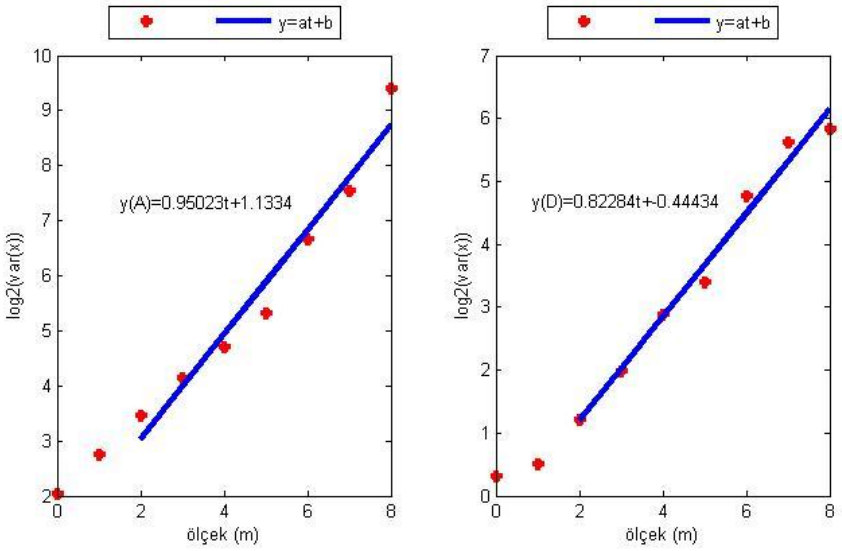
Şekil E.28. KLUU istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



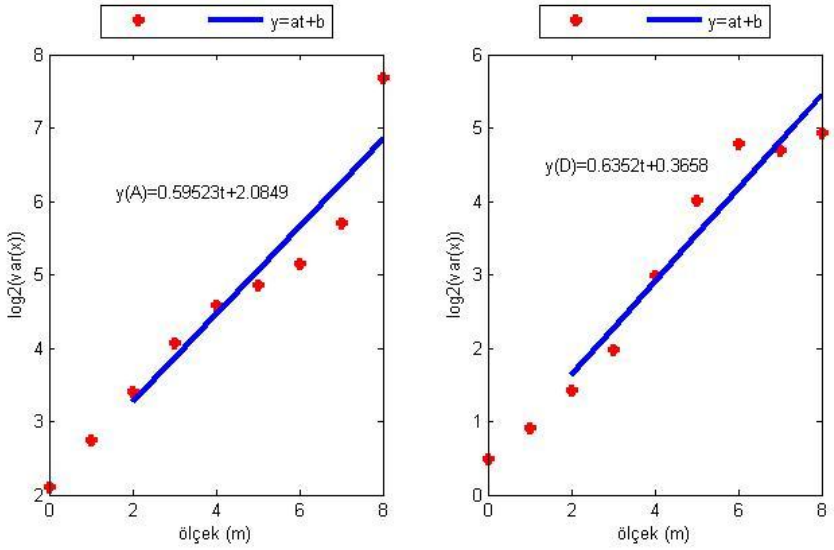
Şekil E.29. KLUU istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



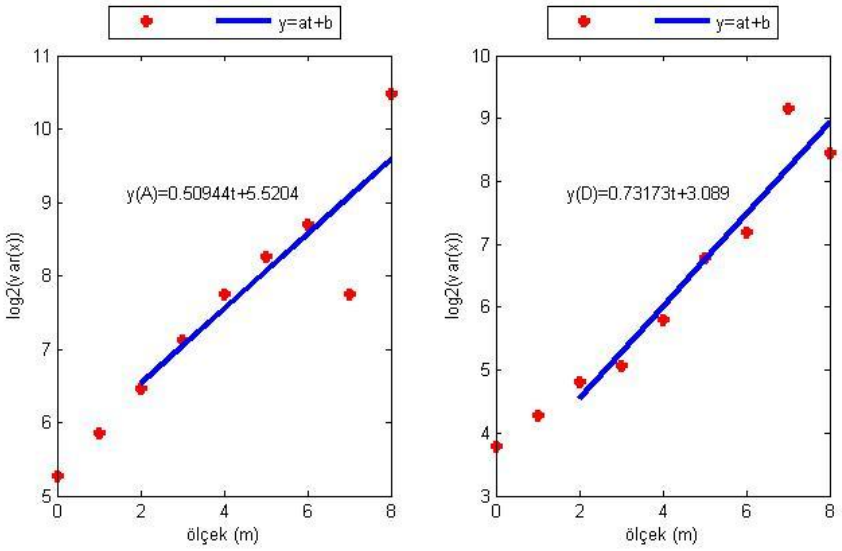
Şekil E.30. KLUU istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



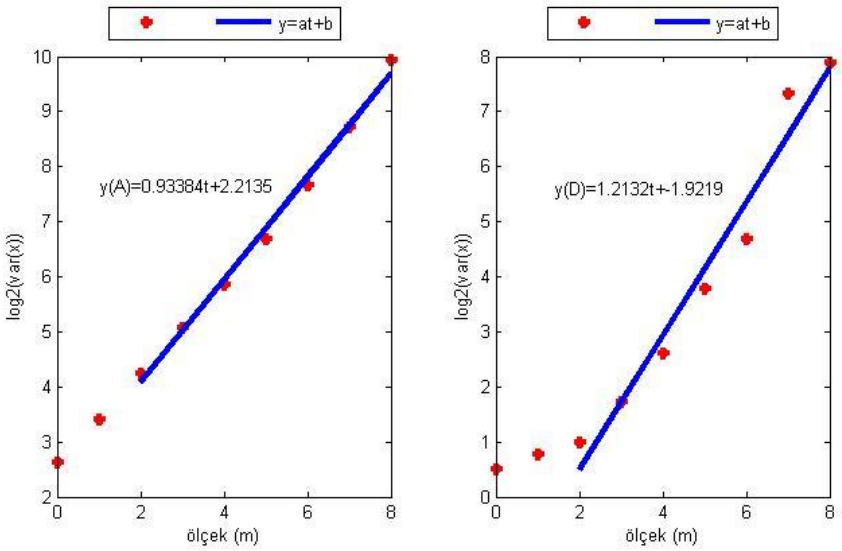
Şekil E.31. NEVS istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



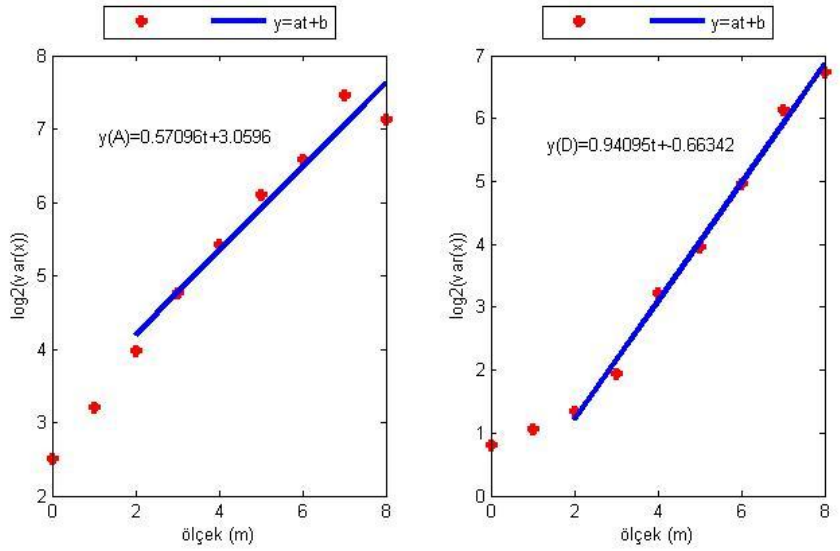
Şekil E.32. NEVS istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



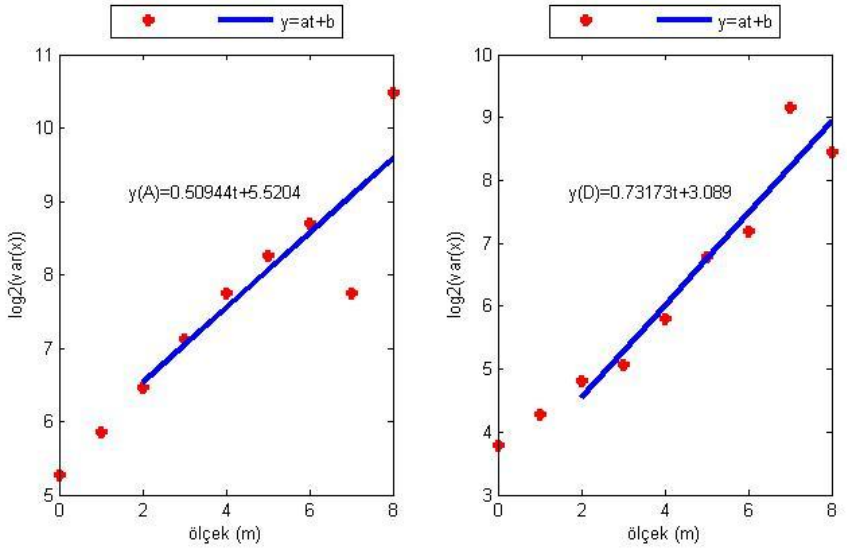
Şekil E.33. NEVS istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



Şekil E.34. NIGD istasyonu kuzey bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



Şekil E.35. NIGD istasyonu doğu bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).



Şekil E.36. NIGD istasyonu yükseklik bileşeninin Dalgacık Tabanlı Yöntem ile parametre kestiriminin ölçek boyutunda gösterimi (soldaki şekil yaklaşıklık, sağdaki şekil detay katsayılarına aittir).

ÖZGEÇMİŞ

Ad ve Soyadı **:** Zeliha ÖZBİZ

Doğum Yeri ve Tarihi **:** Yozgat, 07.06.1994

E-posta adresi **:** zeliha.ozbiz@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans **:** Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği, 2012-2016

Yüksek Lisans **:** Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016- 2019

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. CBS Uzmanı/ TERRALABS, MAKS (Mekânsal Adres Kayıt Sistemi) Projesi, Aksaray Ofisi, 02.2017-09.2017
2. Ödüller/ Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Bölüm 1.liği ve Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fakülte 2.liği