T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SABİT GNSS İSTASYONLARININ DAVRANIŞLARININ DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ İLE TANIMLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman OKTAR

DANIŞMAN
Doç. Dr. Hediye ERDOĞAN

AKSARAY, 2015



T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SABİT GNSS İSTASYONLARININ DAVRANIŞLARININ DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ İLE TANIMLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman OKTAR

DANIŞMAN
Doç. Dr. Hediye ERDOĞAN

AKSARAY, 2015

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132306002 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, Osman OKTAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı SABİT GNSS İSTASYONLARININ DAVRANIŞLARININ DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ İLE TANIMLANMASI başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Hediye ERDOĞAN**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mustafa ACAR**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU**
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Teslim Tarihi: 18 Kasım 2015

Savunma Tarihi: 9 Aralık 2015

ÖNSÖZ

Sabit GNSS istasyonlarında toplanan sürekli GNSS verilerinden elde edilen günlük koordinat verileri ile jeodezik ve jeodinamik amaçlar için hesaplamalar yapmak, istasyonların davranışlarını incelemek ve istasyonu etkileyen karakteristikleri belirlemek mümkün olabilmektedir.

Bu çalışma, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarının davranışları sinyal işleme alanında yaygın olarak kullanılan Dalgacık ve Fourier dönüşümleri, trend ve korelasyon fonksiyonları ile araştırılmış ve tanımlanması yapılmıştır. Bu amaçla; TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarından; AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA, AKSI ve KNYA istasyonlarının N(Kuzey), E(Doğu) ve U(Yükseklik) günlük koordinatları zaman serileri kullanılmıştır. Serilere uygulanan Dalgacık ve Fourier dönüşümleri ile istasyonların hem zaman bölgesindeki hem de frekans bölgesindeki lineer trend (hız), periyodik, frekans ve çapraz-korelasyon değerleri hesaplanarak, istasyonların davranış biçim ve fonksiyonları tanımlanmıştır.

Osman OKTAR

Aksaray, Kasım 2015

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

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.

Osman OKTAR

TEŞEKKÜR

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

Çocukluğumdan bugüne akademik ve sosyal hayatımdaki her aşamada her konuyu iki arkadaş gibi benimle istişare eden anneme ve eğitim hayatım boyunca bana maddi manevi destek olan sevgili abim Murat Oktar' a

Yapmış olduğum bu çalışmada önerileri, bilgi ve tecrübeleriyle çalışmalarıma ve kendimi geliştirmeme büyük katkı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Hediye ERDOĞAN'a

Ayrıca lisans eğitimimi başarı ile bitirmemde büyük desteğe sahip ve akademik kariyerime başlamama vesile olan değerli dostum Arş. Gör. S. Sefa BİLGİLİOĞLU'na

Tez çalışmam boyunca bana sürekli destek olan sevgili eşim Fatma OKTAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Babama…

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **i**
DOĞRULUK BEYANI ..... **ii**
TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
ÖZET ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xviii**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xix**
SİMGELER DİZİNİ ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ **3**
2.1 Temel Kavramlar 3
2.1.1 Durağan zaman (stationary) serileri 4
2.1.2 Durağan olmayan (nonstationary) zaman serileri 4
2.1.3 Dönüşüm nedir? Dönüşüme neden ihtiyaç duyulur? 5
2.1.4 Örnekleme frekansı 5
2.1.5 Serilerin zaman bölgesinde filtrelenmesi 6
2.1.6 Zaman serilerinin bileşenleri 6
2.1.6.1 Trend bileşen analizi 7
2.1.6.2 Periyodik bileşen analizi 7
2.2. Hızlı Fourier Dönüşümü 9
2.3. Korelasyon Analizi 14
2.3.1 Standart sapmalardan hesaplanan korelasyon 15
2.3.2 Çapraz korelasyon analizi 15
3. DALGACIK ANALİZİ **17**
3.1 Dalgacık Analizinin Tarihsel Gelişimi 17
3.2 Dalgacık Teorisi 18
3.2.1 Dalgacığın matematiksel temelleri 19
3.2.2 Sürekli dalgacık dönüşümü 21

3.2.2.1 Ölçekleme 22
3.2.2.2 Kaydırma 22
3.2.2.3 Bir zaman serisine sürekli dalgacık dönüşümünün uygulanması 23
3.2.2.4 Ölçek ile frekans ilişkisi 25
3.2.2.5 Skalogram 26
3.2.3 Ayrık dalgacık dönüşümü 27
3.2.3.1 Filtreleme ile ayrık dalgacık dönüşümü 28
3.2.3.2 Çoklu çözünürlük analizi 32
3.2.3.3 Zaman serisinin sentezlenmesi 34
3.2.4 Dalgacık ayrışımlarında enerji dağılımları 37
3.2.4.1 Parseval teoremi 37
3.2.5 Dalgacık fonksiyonları ve özellikleri 37
3.2.5.1 Haar dalgacık fonksiyonu 38
3.2.5.2 Daubechies dalgacık fonksiyonları 38
3.2.5.3 Symlets dalgacık fonksiyonları 38
3.2.5.4 Coiflets dalgacık fonksiyonları 39
3.2.5.5 Biortogonal dalgacık fonksiyonları 39
3.2.5.6 Reverse biortogonal dalgacık fonksiyonları 39
3.2.5.7 Meyer dalgacık fonksiyonu 40
3.2.5.8 Ayrık Meyer dalgacık fonksiyonu 40
3.2.5.9 Gauss dalgacık fonksiyonu 40
3.2.5.10 Kompleks Gauss dalgacık fonksiyonu 41
3.2.5.11 Kompleks Shannon dalgacık fonksiyonu 41
3.2.5.12 Kompleks Frekans B-Spline dalgacık fonksiyonu 41
3.2.5.13 Kompleks Morlet dalgacık fonksiyonu 42
4. SABİT GNSS İSTASYONLARI 45
4.1 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif (TUSAGA-AKTİF, CORS-TR) 46
4.1.1 Projenin amacı 47
4.1.2 CORS-TR projesinin sonuçları 48
4.1.2.1 Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) 49
4.1.2.2 Ulusal datum dönüşümü 52
4.1.2.3 CORS-TR'nin sağladıkları 54
5. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 56
5.1 Çalışma Alanı ve Veri 56
5.2 GNSS İstasyonları Zaman Serileri ve Filtreleme 58
5.3 Trend Bileşeni Analizi (hız kestirimi) 59

5.4 Dalgacık Dönüşümü Analizi 63
5.4.1 Sürekli dalgacık dönüşümü ile spektral analiz 64
5.4.1.1 Dalgacık seçimi 64
5.4.1.2 Ölçek seçimi 64
5.4.1.3 Skalogramlar 65
5.4.2 Ayrık dalgacık dönüşümü ile analiz 69
5.4.2.1 Çoklu çözünürlük analizinin gerçekleştirilmesi 70
5.4.2.2 Detay bileşenlerinin enerji spektrumlarının incelenmesi 78
5.4.2.3 Ana sinyal ile yaklaşım ve detay bileşenlerinin çapraz korelasyonlarının incelenmesi 83
5.4.2.4 Ana sinyal ile yaklaşım ve detay bileşenlerinin korelasyonlarının incelenmesi 96
5.5. Hızlı Fourier Dönüşümünün Yaklaşım ve Detay Serilerine Uygulanması ... 101
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 118
7.KAYNAKLAR 121
ÖZGEÇMİŞ 125
EKLER 126

ÖZET

SABİT GNSS İSTASYONLARININ DAVRANIŞLARININ DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ İLE TANIMLANMASI

Bu çalışmada; Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarının davranışları sinyal işleme alanında yaygın olarak kullanılan Dalgacık ve Fourier dönüşümleri, trend ve korelasyon fonksiyonları ile araştırılmış ve tanımlanması yapılmıştır. Bu amaçla; TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarından; AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA, AKSI ve KNYA istasyonlarının N(Kuzey), E(Doğu) ve U(Yükseklik) günlük koordinatları zaman serileri kullanılmıştır. Serilere uygulanan dönüşüm, lineer ve korelasyon fonksiyonları ile istasyonların hem zaman bölgesinde hem de frekans bölgesindeki lineer trend (hız), periyodik, frekans ve korelasyon değerleri hesaplanarak, istasyonların davranış biçim ve fonksiyonları tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sabit GNSS İstasyonları, Zaman Serileri Analizi, Trend, Dalgacık Dönüşümü, Fourier Dönüşümü, Korelasyon

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF BEHAVIOR OF STATIONARY GNSS STATIONS WITH WAVELET TRANSFORM

In this study; behavior of stations of Real Time Turkey National Permanent GNSS Network (TUSAGA-Active/CORS-TR) was investigated and identified by Wavelet and Fourier Transforms which are commonly used in signal process, trend and correlation functions. For this purpose; daily coordinates time series of N(North), E(East), and U(Up) of TUSAGA-Active (CORS-TR) stations as AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA, AKSI ve KNYAwere used. Behavior forms and functions of the stations were described by calculating stations' linear trend (velocity), periodic, frequency and correlation values in both time domain and frequency domain with applying transformation, linear, and correlation functions to the series.

Keywords: Stationary GNSS Stations, Time Series Analysis, Trend, Wavelet Transform, Fourier Transform, Correlation

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1: Durağan zaman serisi örneği. 4
Şekil 2.2: Durağan olmayan zaman serisi örneği. 4
Şekil 2.3: Gürültü içeren (.) ve üçüncü dereceden yumuşatma uygulanmış zaman serisi (-). 6
Şekil 2.4: Bir sinüs fonksiyonunda periyot ve genlik. 8
Şekil 2.5: Periyodik bir sinyalin Fourier dönüşümü (Beyazıt, 1996). 10
Şekil 2.6: Örnek zaman serileri ve Fourier dönüşümleri (Duran, 2013). 11
Şekil 2.7: KZFD'nin zaman serisine uygulanması ve pencereleme. 12
Şekil 2.8: k=±20 için çapraz-korelasyon katsayıları. 16
Şekil 3.1: (a) FD (b)KZFD (c) DD pencereleme tekniği. 18
Şekil 3.2: Sinüs ve dalgacık fonksiyonunun ölçeklenmesi. 22
Şekil 3.3: Bir dalgacığın zaman ekseni boyunca kaydırılması. 23
Şekil 3.4: Dalgacık ile serinin başlangıç kısmının karşılaştırılması. 23
Şekil 3.5: Dalgacığın zaman serisi üzerinde kaydırılması. 24
Şekil 3.6: Ölçeği değiştirilmiş dalgacık ile serinin karşılaştırılması. 24
Şekil 3.7: SDD ile elde edilen katsayıların 2 boyutlu görünümü. 25
Şekil 3.8: SDD ile elde edilen katsayıların 3 boyutlu görünümü (URL-2, 2015) 25
Şekil 3.9: Sürekli dalgacık dönüşümünde katsayıların enerji yüzdesi. 27
Şekil 3.10: ADD'nin zaman serisine uygulanması. 29
Şekil 3.11: Filtreleme ile yaklaşım ve detay bileşeni oluşumu. 30
Şekil 3.12: Bir zaman serisinin aşağı örnekleme algoritması. 31
Şekil 3.13: Gerçek zamanlı serisinin aşağı örneklemesi. 32
Şekil 3.14: ÇÇA ile 4. seviye yaklaşım ve detay bileşenleri. 32
Şekil 3.15: Gerçek zamanlı bir serinin 4. seviye ayrıştırılması. 33
Şekil 3.17: (a) Zaman serisi (b) Zaman serisinin yukarı örneklemesi. 35
Şekil 3.16: Ters dönüşüm ile orijinal zaman serisinin elde edilmesi. 34
Şekil 3.18: Karesel ayna (Misiti ve diğ., 1996). 35
Şekil 3.19: Tek seviye yaklaşım bileşeninin sentezlenmesi. 36
Şekil 3.21: Zaman serisinin yeniden yapılandırılması. 36
Şekil 3.20: Tek seviye detay bileşeninin sentezlenmesi. 36
Şekil 3.22: Haar dalgacığı. 38
Şekil 3.23: Daubechies8 dalgacığı. 38
Şekil 3.24: Symlets2 dalgacığı. 38
Şekil 3.25: Coiflet1 dalgacığı. 39
Şekil 3.26: Biortogonal3.9 dalgacığı. 39
Şekil 3.27: Reverse Biortogonal3.1 dalgacığı. 39
Şekil 3.28: Meyer dalgacığı. 40
Şekil 3.29: Ayrık Meyer dalgacığı. 40
Şekil 3.30: Gauss1 dalgacığı. 40
Şekil 3.31: Kompleks Gauss dalgacığı. 41
Şekil 3.32: Shannon1-1.5 dalgacığı. 41

Şekil 3.33: Kompleks Frekans B-Spline1-1-1 dalgacığı. 41
Şekil 3.34: Kompleks Morlet 1-1.5 dalgacığı. 42
Şekil 4.1: CORS-TR konumlandırma uygulamaları. 47
Şekil 4.2: ISTN-TR (İKÜ) istasyonu. 49
Şekil 4.3: ISTN-TR (İKÜ) istasyon kabini. 49
Şekil 4.4: CORS-TR istasyonlarının konumları (80-100 km mesafelerde). 50
Şekil 4.5: Avrasya Levhasına Göre Hız Vektörleri (Bülbül, 2011). 55
Şekil 5.1: GNSS istasyonları konumları. 56
Şekil 5.2: AKHR kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 58
Şekil 5.3: AKHR doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 59
Şekil 5.4: AKHR yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 59
Şekil 5.5: AKHR kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 60
Şekil 5.6: AKHR doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 60
Şekil 5.7: AKHR yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 60
Şekil 5.8: Türkiye'yi etkileyen belli başlı yapılar (URL1, Uzel vd., 2011). 62
Şekil 5.9: TUSAGA-Aktif nokta hızları (Avrasya sabit) (Cingöz vd., 2013). 63
Şekil 5.10: TUSAGA-Aktif nokta hızları (Düşey) (URL-3). 63
Şekil 5.11: Dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 66
Şekil 5.12: Dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 67
Şekil 5.13: Dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 68
Şekil 5.14: AKHR kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 71
Şekil 5.15: AKHR kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 73
Şekil 5.16: AKHR doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 74
Şekil 5.17: AKHR doğu detay bileşenleri zaman serileri. 75
Şekil 5.18: AKHR yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 76
Şekil 5.19: AKHR yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 77
Şekil 5.20: AKHR kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri. 79
Şekil 5.21: BEYS kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 79
Şekil 5.22: CIHA kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 80
Şekil 5.23: KAMN kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 80
Şekil 5.24: YUNA kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 81
Şekil 5.25: AKSI1 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 81
Şekil 5.26: AKSI2 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 82
Şekil 5.27: KNYA1 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 82
Şekil 5.28: KNYA2 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri 83
Şekil 5.29: AKHR kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 84
Şekil 5.30: AKHR kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 85
Şekil 5.31: AKHR kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 86
Şekil 5.32: AKHR kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 87
Şekil 5.33: AKHR doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 88
Şekil 5.34: AKHR doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 89

Şekil 5.35: AKHR doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 90
Şekil 5.36: AKHR doğu (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 91
Şekil 5.37: AKHR yükseklik (D1-D5) çapraz korelasyonlar. 92
Şekil 5.38: AKHR yükseklik (D6-D9) çapraz korelasyonlar. 93
Şekil 5.39: AKHR yükseklik (A1-A5) çapraz korelasyonlar. 94
Şekil 5.40: AKHR yükseklik (A6-A9) çapraz korelasyonlar. 95
Şekil 5.41: AKHR kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri. 101
Şekil 5.42: AKHR kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri. 102
Şekil 5.43: AKHR kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri. 103
Şekil 5.44: AKHR kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri. 104
Şekil 5.45: AKHR doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri. 105
Şekil 5.46: AKHR doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri. 106
Şekil 5.47: AKHR doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri. 107
Şekil 5.48: AKHR doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri. 108
Şekil 5.49: AKHR yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri. 109
Şekil 5.50: AKHR yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri. 110
Şekil 5.51: AKHR yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri. 111
Şekil 5.52: AKHR yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri. 112
Şekil A.1: BEYS kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 127
Şekil A.2: BEYS doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 127
Şekil A.3: BEYS yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. .. 127
Şekil A.4: CIHA kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 128
Şekil A.5: CIHA doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 128
Şekil A.6: CIHA yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. .. 128
Şekil A.7: KAMN kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 129
Şekil A.8: KAMN doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 129
Şekil A.9: KAMN kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 129
Şekil A.10: YUNA kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar..... 130
Şekil A.11: YUNA doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 130
Şekil A.12: YUNA yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 130
Şekil A.13: AKSI1 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 131
Şekil A.14: AKSI1 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 131
Şekil A.15: AKSI1 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 131
Şekil A.16: AKSI2 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 132
Şekil A.17: AKSI2 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 132
Şekil A.18: AKSI2 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 132
Şekil A.19: KNYA1 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.... 133
Şekil A.20: KNYA1 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 133
Şekil A.21: KNYA1 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 133
Şekil A.22: KNYA2 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.... 134
Şekil A.23: KNYA2 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 134
Şekil A.24: KNYA2 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar. 134
Şekil B.1: BEYS kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 135
Şekil B.2: BEYS doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 135
Şekil B.3: BEYS yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 135
Şekil B.4: CIHA kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 136
Şekil B.5: CIHA doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 136

Şekil B.6: CIHA yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 136
Şekil B.7: KAMN kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 137
Şekil B.8: KAMN doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 137
Şekil B.9: KAMN yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 137
Şekil B.10: YUNA kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 138
Şekil B.11: YUNA doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 138
Şekil B.12: YUNA yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 138
Şekil B.13: AKSI1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 139
Şekil B.14: AKSI1 doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 139
Şekil B.15: AKSI1 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 139
Şekil B.16: AKSI2 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 140
Şekil B.17: AKSI2 doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 140
Şekil B.18: AKSI2 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 140
Şekil B.19: KNYA1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 141
Şekil B.20: KNYA1 doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 141
Şekil B.21: KNYA1 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 141
Şekil B.22: KNYA2 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli. 142
Şekil B.23: KNYA2 doğu koordinat bileşeni lineer modeli. 142
Şekil B.24: KNYA2 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli. 142
Şekil C.1: BEYS kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 143
Şekil C.2: BEYS doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 143
Şekil C.3: BEYS yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 143
Şekil C.4: CIHA kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 144
Şekil C.5: CIHA doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 144
Şekil C.6: CIHA yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 144
Şekil C.7: KAMN kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 145
Şekil C.8: KAMN doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 145
Şekil C.9: KAMN yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 145
Şekil C.10: YUNA kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 146
Şekil C.11: YUNA doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 146
Şekil C.12: YUNA yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 146
Şekil C.13: AKSI1 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 147
Şekil C.14: AKSI1 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 147
Şekil C.15: AKSI1 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 147
Şekil C.16: AKSI2 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 148
Şekil C.17: AKSI2 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 148
Şekil C.18: AKSI2 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 148
Şekil C.19: KNYA1 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 149
Şekil C.20: KNYA1 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 149
Şekil C.21: KNYA1 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 149
Şekil C.22: KNYA2 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 150
Şekil C.23: KNYA2 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 150
Şekil C.24: KNYA2 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri. 150
Şekil D.1: BEYS kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 151
Şekil D.2: BEYS kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 151
Şekil D.3: BEYS doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 152
Şekil D.4: BEYS doğu detay bileşenleri zaman serileri. 152
Şekil D.5: BEYS yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 153
Şekil D.6: BEYS yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 153
Şekil D.7: CIHA kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 154

Şekil D.8: CIHA kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 154
Şekil D.9: CIHA doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 155
Şekil D.10: CIHA doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 155
Şekil D.11: CIHA yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 156
Şekil D.12: CIHA yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 156
Şekil D.13: KAMN kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 157
Şekil D.14: KAMN kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 157
Şekil D.15: KAMN doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 158
Şekil D.16: KAMN doğu detay bileşenleri zaman serileri. 158
Şekil D.17: KAMN yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 159
Şekil D.18: KAMN yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 159
Şekil D.19: YUNA kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 160
Şekil D.20: YUNA kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 160
Şekil D.21: YUNA doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 161
Şekil D.22: YUNA doğu detay bileşenleri zaman serileri. 161
Şekil D.23: YUNA yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 162
Şekil D.24: YUNA yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 162
Şekil D.25: AKSI1 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 163
Şekil D.26: AKSI1 kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 163
Şekil D.27: AKSI1 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 164
Şekil D.28: AKSI1 doğu detay bileşenleri zaman serileri. 164
Şekil D.29: AKSI1 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 165
Şekil D.30: AKSI1 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 165
Şekil D.31: AKSI2 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 166
Şekil D.32: AKSI2 kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 166
Şekil D.33: AKSI2 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 167
Şekil D.34: AKSI2 doğu detay bileşenleri zaman serileri. 167
Şekil D.35: AKSI2 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 168
Şekil D.36: AKSI2 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 168
Şekil D.37: KNYA1 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 169
Şekil D.38: KNYA1 kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 169
Şekil D.39: KNYA1 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 170
Şekil D.40: KNYA1 doğu detay bileşenleri zaman serileri. 170
Şekil D.41: KNYA1 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 171
Şekil D.42: KNYA1 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 171
Şekil D.43: KNYA2 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 172
Şekil D.44: KNYA2 kuzey detay bileşenleri zaman serileri. 172
Şekil D.45: KNYA2 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 173
Şekil D.46: KNYA2 doğu detay bileşenleri zaman serileri. 173
Şekil D.47: KNYA2 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri. 174
Şekil D.48: KNYA2 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri. 174
Şekil E.1: BEYS kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 175
Şekil E.2: BEYS kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 175
Şekil E.3: BEYS kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 176
Şekil E.4: BEYS kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 176
Şekil E.5: BEYS doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 177
Şekil E.6: BEYS doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 177
Şekil E.7: BEYS doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 178
Şekil E.8: BEYS doğu (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 178
Şekil E.9: BEYS yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 179

Şekil E.10: BEYS yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 179
Şekil E.11: BEYS yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 180
Şekil E.12: BEYS yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 180
Şekil E.13: CIHA kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 181
Şekil E.14: CIHA kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 181
Şekil E.15: CIHA kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 182
Şekil E.16: CIHA kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 182
Şekil E.17: CIHA doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 183
Şekil E.18: CIHA doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 183
Şekil E.19: CIHA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 184
Şekil E.20: CIHA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 184
Şekil E.21: CIHA yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 185
Şekil E.22: CIHA yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 185
Şekil E.23: CIHA yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 186
Şekil E.24: CIHA yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 186
Şekil E.25: KAMN kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 187
Şekil E.26: KAMN kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 187
Şekil E.27: KAMN kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 188
Şekil E.28: KAMN kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 188
Şekil E.29: KAMN doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 189
Şekil E.30: KAMN doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 189
Şekil E.31: KAMN doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 190
Şekil E.32: KAMN doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 190
Şekil E.33: KAMN yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 191
Şekil E.34: KAMN yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 191
Şekil E.35: KAMN yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 192
Şekil E.36: KAMN yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 192
Şekil E.37: YUNA kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 193
Şekil E.38: YUNA kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 193
Şekil E.39: YUNA kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 194
Şekil E.40: YUNA kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 194
Şekil E.41: YUNA doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 195
Şekil E.42: YUNA doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 195
Şekil E.43: YUNA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 196
Şekil E.44: YUNA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 196
Şekil E.45: YUNA yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 197
Şekil E.46: YUNA yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 197
Şekil E.47: YUNA yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 198
Şekil E.48: YUNA yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 198
Şekil E.49: AKSI1 kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 199
Şekil E.50: AKSI1 kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 199
Şekil E.51: AKSI1 kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 200
Şekil E.52: AKSI1 kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 200
Şekil E.53: AKSI1 doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 201
Şekil E.54: AKSI1 doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 201
Şekil E.55: AKSI1 doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 202
Şekil E.56: AKSI1 doğu (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar. 202
Şekil E.57: AKSI1 yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar. 203
Şekil E.58: AKSI1 yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar. 203
Şekil E.59: AKSI1 yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 204

Şekil E.60: AKSI1 yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar. 204
Şekil E.61: AKSI2 kuzey (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar. 205
Şekil E.62: AKSI2 kuzey (A1-A6)-V çapraz korelasyonlar. 205
Şekil E.63: AKSI2 doğu (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar. 206
Şekil E.64: AKSI2 doğu (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar. 206
Şekil E.65: AKSI2 yükseklik (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar. 207
Şekil E.66: AKSI2 yükseklik (A1-A6)-V çapraz korelasyonlar. 207
Şekil E.67: KNYA1 kuzey (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar. 208
Şekil E.68: KNYA1 kuzey (D5-D7)-V çapraz korelasyonlar. 208
Şekil E.69: KNYA1 kuzey (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar. 209
Şekil E.70: KNYA1 kuzey (A5-A7)-V çapraz korelasyonlar. 209
Şekil E.71: KNYA1 doğu (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar. 210
Şekil E.72: KNYA1 doğu (D5-D7)-V çapraz korelasyonlar. 210
Şekil E.73: KNYA1 doğu (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar. 211
Şekil E.74: KNYA1 doğu (A5-A7)-V çapraz korelasyonlar. 211
Şekil E.75: KNYA1 yükseklik (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar. 212
Şekil E.76: KNYA1 yükseklik (D5-D7)-V çapraz korelasyonlar. 212
Şekil E.77: KNYA1 yükseklik (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar. 213
Şekil E.78: KNYA1 yükseklik (A5-A7)-V çapraz korelasyonlar. 213
Şekil E.79: KNYA2 kuzey (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar. 214
Şekil E.80: KNYA2 kuzey (D5-D8)-V çapraz korelasyonlar. 214
Şekil E.81: KNYA2 kuzey (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar. 215
Şekil E.82: KNYA2 kuzey (A5-A8)-V çapraz korelasyonlar. 215
Şekil E.83: KNYA2 doğu (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar. 216
Şekil E.84: KNYA2 doğu (D5-D8)-V çapraz korelasyonlar. 216
Şekil E.85: KNYA2 doğu (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar. 217
Şekil E.86: KNYA2 doğu (A5-A8)-V çapraz korelasyonlar. 217
Şekil E.87: KNYA2 yükseklik (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar. 218
Şekil E.88: KNYA2 yükseklik (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar. 218
Şekil E.89: KNYA2 yükseklik (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar. 219
Şekil E.90: KNYA2 yükseklik (A5-A8)-V çapraz korelasyonlar. 219
Şekil F.1: BEYS kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri. 220
Şekil F.2: BEYS kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri. 220
Şekil F.3: BEYS kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri. 221
Şekil F.4: BEYS kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri. 221
Şekil F.5: BEYS doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri. 222
Şekil F.6: BEYS doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri. 222
Şekil F.7: BEYS doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri. 223
Şekil F.8: BEYS doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri. 223
Şekil F.9: BEYS yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri. 224
Şekil F.10: BEYS yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri. 224
Şekil F.11: BEYS yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri. 225
Şekil F.12: BEYS yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri. 225
Şekil F.13: CIHA kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri. 226
Şekil F.14: CIHA kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri. 226
Şekil F.15: CIHA kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri. 227
Şekil F.16: CIHA kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri. 227
Şekil F.17: CIHA doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri. 228
Şekil F.18: CIHA doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri. 228
Şekil F.19: CIHA doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri. 229

Şekil F.20: CIHA doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri. 229
Şekil F.21: CIHA yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri. 230
Şekil F.22: CIHA yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri. 230
Şekil F.23: CIHA yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri. 231
Şekil F.24: CIHA yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri. 231
Şekil F.25: KAMN kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri. 232
Şekil F.26: KAMN kuzey D6-95 güç-frekans değişimleri. 232
Şekil F.27: KAMN kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri. 233
Şekil F.28: KAMN kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri. 233
Şekil F.29: KAMN doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri. 234
Şekil F.30: KAMN doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri. 234
Şekil F.31: KAMN doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri. 235
Şekil F.32: KAMN doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri. 235
Şekil F.33: KAMN yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri. 236
Şekil F.34: KAMN yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri. 236
Şekil F.35: KAMN yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri. 237
Şekil F.36: KAMN yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri. 237
Şekil F.37: YUNA kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri. 238
Şekil F.38: YUNA kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri. 238
Şekil F.39: YUNA kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri. 239
Şekil F.40: YUNA kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri. 239
Şekil F.41: YUNA doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri. 240
Şekil F.42: YUNA doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri. 240
Şekil F.43: YUNA doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri. 241
Şekil F.44: YUNA doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri. 241
Şekil F.45: YUNA yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri. 242
Şekil F.46: YUNA yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri. 242
Şekil F.47: YUNA yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri. 243
Şekil F.48: YUNA yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri. 243
Şekil F.49: AKSI1 kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri. 244
Şekil F.50: AKSI1 kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri. 244
Şekil F.51: AKSI1 kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri. 245
Şekil F.52: AKSI1 kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri. 245
Şekil F.53: AKSI1 doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri. 246
Şekil F.54: AKSI1 doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri. 246
Şekil F.55: AKSI1 doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri. 247
Şekil F.56: AKSI1 doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri. 247
Şekil F.57: AKSI1 yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri. 248
Şekil F.58: AKSI1 yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri. 248
Şekil F.59: AKSI1 yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri. 249
Şekil F.60: AKSI1 yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri. 249
Şekil F.61: AKSI2 kuzey D1-D6 güç-frekans değişimleri. 250
Şekil F.62: AKSI2 kuzey A1-A6 güç-frekans değişimleri. 250
Şekil F.63: AKSI2 doğu D1-D6 güç-frekans değişimleri. 251
Şekil F.64: AKSI2 doğu A1-A6 güç-frekans değişimleri. 251
Şekil F.65: AKSI2 yükseklik D1-D6 güç-frekans değişimleri. 252
Şekil F.66: AKSI2 yükseklik A1-A6 güç-frekans değişimleri. 252
Şekil F.67: KNYA1 kuzey D1-D4 güç-frekans değişimleri. 253
Şekil F.68: KNYA1 kuzey D5-D7 güç-frekans değişimleri. 253
Şekil F.69: KNYA1 kuzey A1-A4 güç-frekans değişimleri. 254

Şekil F.70: KNYA1 kuzey A5-A7 güç-frekans değişimleri. 254
Şekil F.71: KNYA1 doğu D1-D4 güç-frekans değişimleri. 255
Şekil F.72: KNYA1 doğu D5-D7 güç-frekans değişimleri. 255
Şekil F.73: KNYA1 doğu A1-A4 güç-frekans değişimleri. 256
Şekil F.74: KNYA1 doğu A5-A7 güç-frekans değişimleri. 256
Şekil F.75: KNYA1 yükseklik D1-D4 güç-frekans değişimleri. 257
Şekil F.76: KNYA1 yükseklik D5-D7 güç-frekans değişimleri. 257
Şekil F.77: KNYA1 yükseklik A1-A4 güç-frekans değişimleri. 258
Şekil F.78: KNYA1 yükseklik A5-A7 güç-frekans değişimleri. 258
Şekil F.79: KNYA2 kuzey D1-D4 güç-frekans değişimleri. 259
Şekil F.80: KNYA2 kuzey D5-D8 güç-frekans değişimleri. 259
Şekil F.81: KNYA2 kuzey A1-A4 güç-frekans değişimleri. 260
Şekil F.82: KNYA2 kuzey A5-A8 güç-frekans değişimleri. 260
Şekil F.83: KNYA2 doğu D1-D4 güç-frekans değişimleri. 261
Şekil F.84: KNYA2 doğu D5-D8 güç-frekans değişimleri. 261
Şekil F.85: KNYA2 doğu A1-A4 güç-frekans değişimleri. 262
Şekil F.86: KNYA2 doğu A5-A8 güç-frekans değişimleri. 262
Şekil F.87: KNYA2 yükseklik D1-D4 güç-frekans değişimleri. 263
Şekil F.88: KNYA2 yükseklik D5-D8 güç-frekans değişimleri. 263
Şekil F.89: KNYA2 yükseklik A1-A4 güç-frekans değişimleri. 264
Şekil F.90: KNYA2 yükseklik A5-A8 güç-frekans değişimleri. 264

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Dalgacık fonksiyonlarının özellikleri (Matlab, 2015). 42
Çizelge 3.2: Dalgacık fonksiyonlarının analitik formülleri (Arı, 2008). 43
Çizelge 4.1: Datum dönüşümünde kullanılan ortak noktalar (Bülbül, 2011). 53
Çizelge 4.2: Datum dönüşümü kullanılan teknikler-hesaplarla ilgili istatistikler (Bülbül, 2011). 53
Çizelge 5.1: GNSS istasyonları genel bilgileri. 57
Çizelge 5.2: GNSS istasyonları veri durumları ve yüzdelikleri. 57
Çizelge 5.3: GNSS istasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri. 57
Çizelge 5.4: GNSS istasyonlarının lineer modelleri (trend) ve yıllık hızları. 62
Çizelge 5.5: Kuzey koordinat zaman serilerinin içerdikleri periyotlar. 67
Çizelge 5.6: Doğu koordinat zaman serilerinin içerdikleri periyotlar. 68
Çizelge 5.7: Yükseklik koordinat zaman serilerinin içerdikleri periyotlar. 69
Çizelge 5.8: Kuzey koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri. 97
Çizelge 5.9: Kuzey koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri. 97
Çizelge 5.10: Doğu koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri. 98
Çizelge 5.11: Doğu koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri. 99
Çizelge 5.12: Yükseklik koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri. 99
Çizelge 5.13: Yükseklik koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri. 100
Çizelge 5.14: AKHR kuzey yaklaşım ve detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar. 113
Çizelge 5.15: AKHR doğu yaklaşım ve detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar. 115
Çizelge 5.16: AKHR yükseklik yaklaşım ve detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar. 115
Çizelge 5.17: İstasyonların kuzey koordinat bileşeninde bulunan periyotlar. 116
Çizelge 5.18: İstasyonların doğu koordinat bileşeninde bulunan periyotlar. 116
Çizelge 5.19: İstasyonların yükseklik koordinat bileşeninde bulunan periyotlar. 116

KISALTMALAR DİZİNİ

ADD	Ayrık Dalgacık Dönüşümü
AGF	Alçak Geçiren Filtre
AFD	Ayrık Fourier Dönüşümü
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CORS-TR	Continuously Operating Referance Stations-Turkey
ÇÇA	Çoklu Çözünürlük Analizi
DD	Dalgacık Dönüşümü
EKK	En Küçük Kareler
ED-50	Avrupa Datumu-50
FD	Fourier Dönüşümü
GNSS	Global Navigasyon Uydu Sistemleri
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
HFD	Hızlı Fourier Dönüşü
HGK	Harita Genel Komutanlığı
IGS	International Geodetic System
IRNSS	Indian Regional Navigational Stellite Systems
ITRF	Yer altı Yersel Referans Sistemi
İKÜ	İstanbul Kültür Üniversitesi
KBS	Kent Bilgi Sistemi
KZFD	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RTK	Gerçek Zamanlı Kinematik
SBAS	Satellite Based Augmentation Systems

SDD	Sürekli Dalgacık Dönüşümü
SLR	Uydulara Lazerle Mesafe Ölçme
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA-Aktif	Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Aktif
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
UJJ-GPS	Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği-GPS
VLBI	Çok Uzun Baz Enterferometrisi
YGF	Yüksek Geçiren Filtre

SİMGELER DİZİNİ

A	Yaklaşım Bileşeni
cA	Yaklaşım Bileşen Katsayıları
cD	Detay Bileşen Katsayıları
cm	Santimetre
D	Detay Bileşeni
Hz	Hertz
km	Kilometre
mm	Milimetre
N	Veri Sayısı
s	Ölçek Parametresi

1. GİRİŞ

Konumlama ve yer ölçmeleri alanlarında çığır açan uzay jeodezisi teknikleri; jeodezi, jeodinamik, mühendislik ölçmeleri ve ilgili disiplinlerde artan bir hızla kullanılmaktadır. Yer bilimleri ve mühendisliğin tüm alanlarında yoğun bir biçimde kullanılan hassas uydu teknikleri, klasik yöntemlere göre, doğruluk, zaman, uygulanabilirlik ve maliyet yönlerinden oldukça önemli üstünlükler sağlamaktadır.

Başlangıçta Global Konumlama Sistemi (GPS); yer hareketlerini ölçmekten çok, öncelikli olarak askeri kullanıcılar için global bir navigasyon aracı niteliği taşımıştır. Yeryüzü üzerindeki herhangi bir kullanıcının ihtiyaç duyabileceği mutlak nokta konumlaması için kesin mesafe ölçüleri ve gerçek zamanlı navigasyon hizmeti vermek üzere tasarlanmıştır.

Çok kısa bir süre sonra GPS yer hareketlerinin ölçülmesi için de kullanılmaya başlanmıştır. GPS'in jeodezik bir cihaz olarak yükselmesini, donanım ve veri değerlendirme tekniklerindeki bazı önemli gelişmeler takip etmiştir. 1980'li yılların başlarında, iyonosferik gecikme bilinmeyenini ortadan kaldıran çift frekanslı alıcıların kullanılmasına başlanmıştır. Bunun gibi donanımsal gelişmeler, yüksek duyarlıklı jeodezik uygulamalar için çok büyük önem taşıyan GPS yörünge belirlemesi, ağ tasarımı, faz belirsizliği çözümü ve atmosferik modelleme gibi konularda sayısız ilerlemelere yol açmıştır. Uydularla navigasyon 2000'li yılların başında özellikle ticari havacılıkta güvenlik ve etkinlik bağlamında gelecek vaat eden bir sistem olmuştur. Bununla birlikte GPS ve Küresel Uydu Konumlandırma Sistemi'nin (GLONASS) doğasında bulunan bazı kısıtlamalar (uydu saati hataları, atmosferik hatalar, alıcı kaynaklı hatalar vb.) bu sistemlerin de başka sistemlerle desteklenmesi gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Dolayısıyla, havacılık faaliyetlerinde özellikle sistem bütünlüğünün, doğruluğunun ve sürekliliğinin sağlanabilmesi amacıyla kapsama alanı genişletme çözümlerine gidilmiştir. Bu gelişmeler sonucunda uydularla konum belirleme sistemleri (GPS, GLONASS, Beidou/Compass, QZSS, IRNSS vd.) ve SBAS birlikte GNSS olarak adlandırılmaktadır (Kahveci, 2009).

GPS alıcılarının Çok Uzun Bazlı Enterferometri (VLBI) ve Uydu Lazer Uzaklık Ölçmeleri (SLR) tekniklerine göre daha düşük maliyetli ve taşınabilir yapıda olması, kabuk deformasyonu çalışmaları için GPS tekniğini önemli bir jeodezik araç haline getirmiştir. GPS, yüksek konumsal yoğunluktaki global vebölgesel çalışmalar için kullanılabilmektedir. Global ve bölgesel çalışmalar için kullanılan alıcılar ve donanımlar arasında bir fark yoktur. Global çalışmalar için ilave olarak, konumsal olarak uygun dağılımlı global bir GNSS istasyonları ağına ve GNSS veri değerlendirmelerindeki bazı uyarlamalara ihtiyaç vardır. İnternet veri aktarımındaki modern gelişmelerin, serbest veri değişimine olanak veren yer altı işbirliği ile birleşmesiyle, söz konusu global ölçmeler sıradan bir hale gelmiştir.

Sürekli GNSS istasyonlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle oluşturulan koordinat zaman serileri yer bilimleri ile ilgilenen birçok bilim dalına ve araştırmalara konu olmuştur. Bu istasyonlardan elde edilen zaman serileri ile yüzey hareketlerinin belirlenmesinde hesaplanan ve kullanılan temel parametre, noktaların tektonik hızıdır. GNSS hızlarını etkileyen en önemli iki parametre ise periyodik etkilere açık koordinat referans sistemi ve verilerin zamana bağlı hata özellikleridir (Kurt, 2009). GNSS nokta koordinatları fiziksel olarak, atmosfer, gel-git, kabuk hareketi, yer altı su kaynaklarının hareketi vb. birçok olaydan etkilenir.

Verilen bilgiler doğrultusunda bu çalışmada Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarının davranışları sinyal işleme alanında yaygın olarak kullanılan dalgacık ve fourier dönüşümleri, trend ve korelasyon fonksiyonları ile araştırılmış ve tanımlanması yapılmıştır.

2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ

Bir fiziksel büyüklüğün bir veya birden çok bağımsız değişkene göre durumunu veren gözlemler topluluğuna zaman serisi denir. Burada dikkat edilmesi gereken husus gözlemlerin toplanma zamanlarına göre sıralanmasıdır. Zaman serileri, ismini genellikle bağımsız değişkenin zaman olmasından almasına rağmen konumun da bağımsız değişken olduğu zaman serileri vardır. Gravite (çekim alanı) ve jeolojik verilere ait zaman serileri, konumun bağımsız değişken olduğu durumlara örnek olarak verilebilir.

Zaman serileri fiziksel olayın takibi için etkilediği büyüklüğün bağımsız değişkene göre durumunu gösteren ardışık gözlemlerden oluşturulur. Bu gözlemler grafik olarak çizildiğinde fiziksel olayın davranışı hakkında kabaca fikirler söylenebilir. Bu grafikler sayesinde uygun analiz yöntemlerinin de seçilmesi kolaylaşır. Bu doğrultuda, TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarının koordinat verilerine ait zaman serilerinin grafiklerine bakıldığında periyodiklikler göze çarptığından, spektral analiz ve dalgacık dönüşümünün, koordinat verisinin genel karakteristiklerinin anlaşılması konusunda yardımcı olabileceği öngörüsünde bulunulabilir.

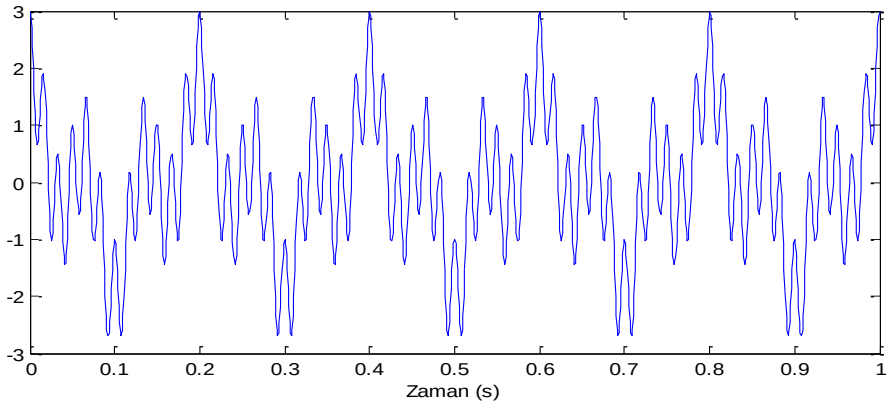
Bir olaya ait gözlemler zamana bağlı olarak sürekli (kesintisiz) şekilde gözleniyorsa sürekli zaman serileri (örn. Sismograf verileri), belirli zaman aralıklarında gözleniyorsa ayrık zaman serileri (örn. Günlük toplam yağış) olarak adlandırılır. Sürekli zaman serileri sayısal analize uygun olmadığından sayısallaştırma yapılarak ayrık zaman serileri haline getirilmesi gerekir (Abbak, 2007).

2.1 Temel Kavramlar

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

2.1.1 Durağan zaman (stationary) serileri

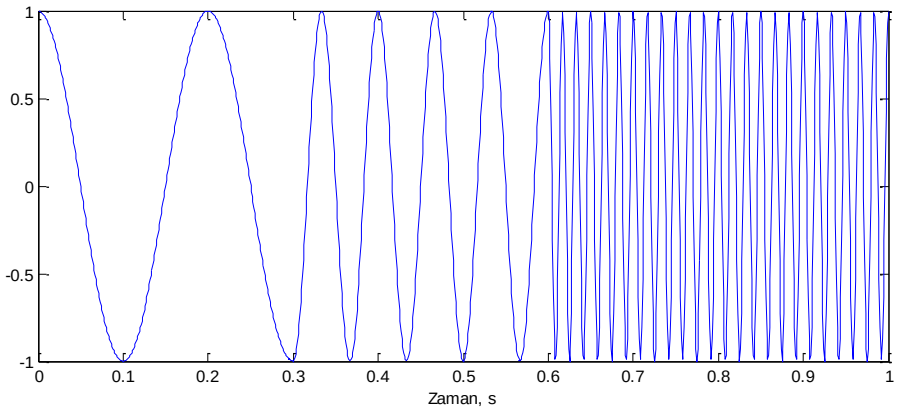
Bir zaman serisinin frekans içeriği değişmiyor ise bu tür serilere durağan (stationary) zaman serileri denir. Yani tüm spektral bileşenler tüm zaman boyunca mevcutturlar. Şekil 2.1'de durağan bir zaman serisi örneği görülmektedir.



Şekil 2.1: Durağan zaman serisi örneği.

2.1.2 Durağan olmayan (nonstationary) zaman serileri

Zaman içinde frekans içeriği değişkenlik gösteriyorsa bu tür serilere ise durağan olmayan (nonstationary) zaman serileri denir. Özellikle zaman içerisinde ortaya çıkıp kaybolan olayların tespit edilmesi veya bir olayın başlangıcının ne zaman olduğu bilgisinin elde edilmesi doğal olayların incelenmesinde büyük öneme sahiptir. Bu nedenle hangi bileşenin ne zaman görüldüğünün bilinmesi gerekir. Şekil 2.2'de durağan olmayan bir zaman serisi örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2.2: Durağan olmayan zaman serisi örneği.

2.1.3 Dönüşüm nedir? Dönüşüme neden ihtiyaç duyulur?

Dönüşüm, diziler veya fonksiyonlar arasında birinin diğerine haritalanmasını sağlayan matematiksel işlemdir. Dönüşümler yararlıdır çünkü bir fonksiyonun dönüşümü orijinal fonksiyon hakkında başka türlü elde edilemeyen ilave ve gizli bilgileri verebilir. Bir denklemin dönüşümünü çözmek orijinal denklemi çözmekten daha kolay olabilir (örneğin; Diferansiyel denklemlerin Laplace dönüşümü yardımıyla çözümü gibi). Bir fonksiyonun veya dizinin dönüşümü daha az yer tutabilir böylece veri sıkıştırma veya azaltma sağlanmış olur. Bir fonksiyonun orijinalinden ziyade dönüştürülmüş haliyle işlem yapmak daha kolay olabilir. Karmaşık fonksiyonların daha basit bir şekilde temsil edilmeleri dönüşüm işleminde asıl hedeftir (Küçük, 2004).

Bu çalışmada kullanılacak dönüşümler ise koordinat zaman serilerinin ilk bakışta görmekte zorlanılan bilgi ve özelliklerinin elde edilmesine yarayan dönüşümlerdir. Çalışmada kullanılan dönüşümler Fourier Dönüşümü ve Dalgacık Dönüşümüdür. Bu dönüşümler hakkında detaylı bilgi ilerleyen bölümlerde verilecektir.

2.1.4 Örnekleme frekansı

Örnekleme işleminde, Analog sinyalden eşit zaman aralıklarında örnekler alınarak, geri kalan kısmı atılır. Bu örneklerin hangi sıklıkta alınacağını belirlemek için örnekleme teoreminden yararlanılır. Bir sinyalden T_S saniye aralıkla örnek alındığını varsayalım. Örnekleme frekansı (sıklığı) $f_S=1/T_S$ olur. Fourier teoremine göre sabit bir aralıkta tanımlanmış herhangi bir fonksiyon sinüzoidal fonksiyonların toplamı şeklinde ifade edilebilir. Analog sinyali oluşturan frekans bileşenleri Fourier analiziyle belirlenebilir. Bu sinyalin en yüksek frekans bileşenini f_m ile belirleyelim. Örnekleme teoremi,

$$f_S \geq 2f_m \tag{2.1}$$

(2.1) eşitliğindeki koşulu sağlanırsa, yani örnekler en az $2f_m$ sıklığıyla alınırsa, özgün sinyalin tıpkısının bu örneklerden tekrar oluşturulabileceği söylenebilir. Bu teorem, Shannon örnekleme teoremi veya Nyguist örnekleme teoremi olarak da adlandırılır. Örnekleme frekansı ne kadar büyük olursa, asıl işarete benzerlik o kadar artar.

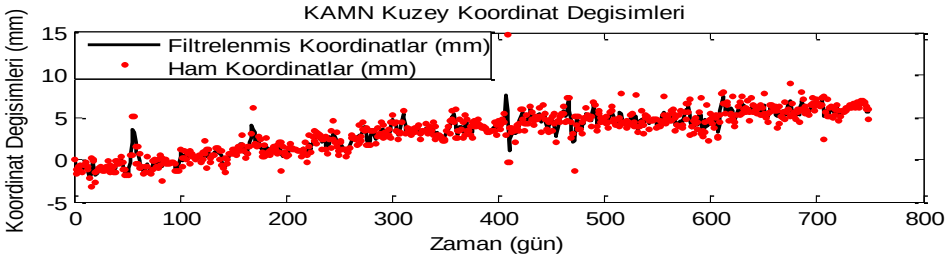
2.1.5 Serilerin zaman bölgesinde filtrelenmesi

Filtreleme, sinyallerin; belirli frekanslarını güçlendirmek ya da zayıflatmak, belirli frekanslarını tamamen bastırmak veya ortadan çıkarmak amacı ile kullanılmaktadır. Filtreler, geçirdikleri ve bastırdıkları frekans aralıklarına göre sınıflandırılmaktadır. Alçak-geçiren filtreler (low-pass filter), düşük frekansları geçirerek yüksek frekansları bastırmaktadır.

Seride yer alan gürültü bileşeninin kısmen giderilerek zaman serilerindeki periyodik ve trend bileşenlerinin daha belirgin bir şekilde elde edilmesi amacıyla yumuşatma işlemi için kayan ortalamalar yöntemi kullanılmaktadır (Şen, 2002). Bu yöntemde her kaymada aritmetik ortalama işleminden geçmiş verilerden bir tanesi düşerken onun yerine sağ taraftan bir yenisi girmektedir. Bu sayede üst üste binen kısımları olan aritmetik ortalama değerler serisi elde edilmektedir. Kayan ortalama işlemine kaç tane veri alınacağının önceden tespit edilmesi gerekmektedir. Örneğin; y_1, y_2,…,y_n gözlem değerlerinin 3 değerli aritmetik ortalama için üçüncü dereceden kayan ortalamalar (2.2) eşitliği ile tanımlanmaktadır.

$$Y_1 = (y_1 + y_2 + y_3)/3, y_2 = (y_2 + y_3 + y_4)/3, \dots, y_{n-2} = (y_{n-2} + y_{n-1} + y_n)/3 \qquad (2.2)$$

En büyük ve en küçük veri değerlerinin etkilerinin daha da fazla yumuşatılmaması için kayan ortalamalarda (3, 5,…) alınmaktadır. Şekil 2.3'te 3. Derece yumuşatma yapılan bir zaman serisi görülmektedir.



Şekil 2.3: Gürültü içeren (.) ve üçüncü dereceden yumuşatma uygulanmış zaman serisi (-).

2.1.6 Zaman serilerinin bileşenleri

Sabit GNSS istasyonlarının kabuk hareketi, yer altı su kaynaklarının hareketi, gel-git, güneş lekeleri değişimi ve referans sistemi hataları gibi farklı sebepler sonucu gösterdiği davranış biçimi (lineer, periyodik vb.) ve büyüklüğü, bu istasyonlarda

zamana bağlı olarak yapılan ölçülerin zaman serilerinin hem zaman bölgesi hem de frekans bölgesi analizleri ile açıklanabilir (Gülal vd., 2013).

Genel olarak ti (i=1,2,3,…,N) zamanlarında GNSS istasyonlarında yapılan ölçümlerin Y(ti) zaman serisi, yapay ya da ko-sismik ve post-sismik atılımların sebep olduğu kayıklıklar hariç, üç bileşene ayrılabilir. Bu bileşenler (2.3) eşitliğinde verilmiştir.

$$Y(t_i) = T(t_i)_{Trend} + P(t_i)_{Periyodik} + S(t_i)_{Stokastik} \quad (2.3)$$

Zaman serileri analizinde, ilk olarak serinin zaman ekseni grafiği çizilerek serideki olağan dışı ölçüler (örneğin kaba hatalar) giderilir ve serinin genel bir yorumu yapılabilir. Ardından trend ve periyodik bileşenlerin daha belirgin bir şekilde elde edilmesi için serideki noise etkisinin kısmen giderilmesi amacıyla seriye uygun bir alçak geçişli filtreleme (örneğin, 3.dereceden kayan ortalama yöntemi gibi) işlemi uygulanır. Daha sonra serideki bileşenler tespit edilir.

2.1.6.1 Trend bileşen analizi

Bir zaman serisinin belli bir yönde göstermiş olduğu eğilime trend adı verilir. Serideki trend bileşeni, serinin zamana bağlı uzun zamanlı değişimlerini temsil etmektedir. Genellikle polinom şeklinde tanımlanan serideki trend bileşeni (2.4) eşitliğinde gösterilmiştir (Gülal vd., 2013)

$$T(t_i)_{Trend} = \sum_{k=1}^{m} c_k t_i^{k-1} \quad (2.4)$$

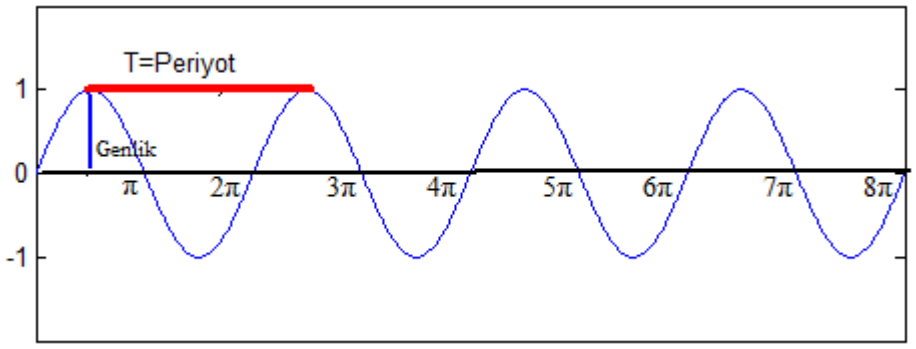
Burada c_k, $(k=1,2,\ldots,m)$ fonksiyonunun derecesine bağlı parametrelerdir. GNSS istasyonları için $m=2$ alınarak, GNSS istasyonlarının lineer olarak artan veya azalan yöndeki değişimleri (hızları) tanımlanır.

2.1.6.2 Periyodik bileşen analizi

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

Periyot; bir sürecin döngüsel hareketini tamamlaması için gerekli zaman uzunluğu olarak tanımlanabilir. Şekil 4.1'de görüldüğü üzere, sürekli aynı döngüyü tekrar eden bir dalga olan sinüs fonksiyonunun periyot uzunluğu verilmiştir. Periyot süresi

literatürde genellikle *T* harfi ile gösterilmektedir. Şekil 2.4'de görülmekte olan sinüs fonksiyonunun periyot uzunluğu *2π*'dir.



Şekil 2.4: Bir sinüs fonksiyonunda periyot ve genlik.

Frekans; bir olayın birim zaman (1 saniye) içinde kaç defa tekrarladığı bilgisini verir. Matematiksel ifadeyle periyodun çarpmaya göre tersidir. Bu durum (2.5) eşitliği ile ifade edilebilir.

$$f = \frac{1}{T} \tag{2.5}$$

Bu eşitlikte *f* frekans, *T* periyottur. Uluslararası Birim Sistemi'nde (SI) frekans, Hertz (Hz) ile gösterilir. Bir Hz, bir olayın saniyede bir tekrarlandığı anlamına gelir. Dolayısıyla frekansın artması bir zaman serisindeki salınımların sayısının artması, frekansın azalması ise zaman serisindeki salınımların azalması demektir. Bu nedenle frekans bilgisi ile zaman serileri hakkında önemli bilgiler elde edilebilmektedir.

Frekans kavramı bir zaman serisi veya fonksiyonun içinde farklı periyoda sahip bileşenlerin tanımlanmasına imkân vermesi nedeniyle araştırmacılar için oldukça önemlidir.

Frekans alanının önemi nedeniyle, zaman alanını frekans alanına dönüştüren matematiksel araçlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu işlemi gerçekleştiren birçok analiz yöntemi vardır. Bu analiz yöntemleri arasında en bilinen ve en çok kullanılan yöntem Fourier dönüşümüdür. Bunun yanında Wigner dağılımı, Hilbert ve Radon dönüşümü de sayılabilir (Qiao, 2005). Son yıllarda yeni ve en gelişmiş analiz yöntemlerinden biri olan dalgacık dönüşümü de bu amaçla kullanılmaktadır.

Serideki periyodik bileşen, f_s (s=1,2,…,p) frekansları ile $P(t_i)$ ölçülerine bağlı olarak eşitlik (2.6)'da verilen trigonometrik fonksiyon ile modellenebilmektedir (Gülal vd., 2013).

$$P(t_i)_{Periyodik} = \sum_{s=1}^{p}[a_s \cos(2\pi f_s t_i) + b_s \sin(2\pi f_s t_i)] \quad (2.6)$$

(2.4) ve (2.6) eşitlikleri, (2.3) eşitliğinde yerine konulursa $Y(t_i)$ (2.7) eşitliği elde edilir.

$$Y(t_i) = \sum_{k=1}^{m} c_k t_i^{k-1} + \sum_{s=1}^{p}[a_s \cos(2\pi f_s t_i) + b_s \sin(2\pi f_s t_i)] + S(t_i)_{Stokastik} \quad (2.7)$$

(2.4) eşitliğinde bilinmeyen trend bileşeni parametreleri c_k ile periyodik bileşen parametreleri a_s, b_s ve bu parametrelerin kovaryans matrisi En Küçük Kareler (EKK) Yöntemine göre kestirilir. Parametrelerin standart sapmaları hesaplanır. Elde edilen ck, a_s ve b_s parametreleri ve bu parameterlerin m_{ck}, m_{as} ve m_{bs} standart sapmaları ile (2.8) eşitliği kullanılarak her bir parametre için test büyüklükleri hesaplanır.

$$\hat{t}_{ck} = \frac{c_k}{m_{ck}}; \ \hat{t}_{as} = \frac{a_s}{m_{as}}; \ \hat{t}_{bs} = \frac{b_s}{m_{bs}} \quad (2.8)$$

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

$$|\hat{t}_{ck}|; |\hat{t}_{as}|; |\hat{t}_{bs}| < t_{f,1-\alpha/2} \quad (2.9)$$

ise parametreler anlamsız,

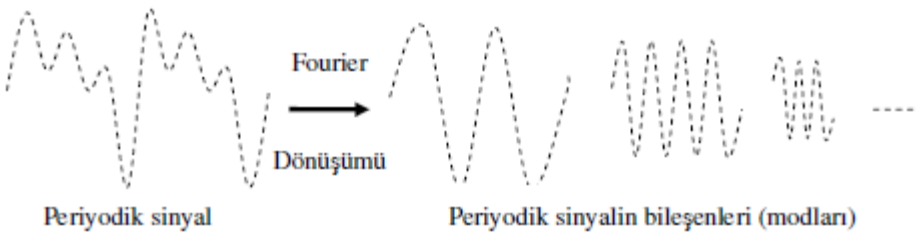
$$|\hat{t}_{ck}|; |\hat{t}_{as}|; |\hat{t}_{bs}| > t_{f,1-\alpha/2} \quad (2.10)$$

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

2.2. Hızlı Fourier Dönüşümü

Fonksiyonlar kendilerini oluşturan sinüs veya kosinüs gibi periyodik fonksiyonlarla ifade edilebilmektedirler. Bir fonksiyonun kendisini oluşturan birçok sayıda alt fonksiyonlarla ifade edilebilmesi matematiksel olarak fonksiyonların kullanılabilirliğini arttırmıştır. 19. yüzyılda Fransız matematikçi Joseph Fourier herhangi bir periyodik fonksiyonun sınırsız sayıda karmaşık üstel periyodik

fonksiyonun toplamıyla ifade edilebileceğini göstermiştir. Şekil 2.5'te periyodik bir sinyalin frekans dönüşümü ile elde edilen sinüs bileşenleri gösterilmiştir (Beyazıt, 1996).



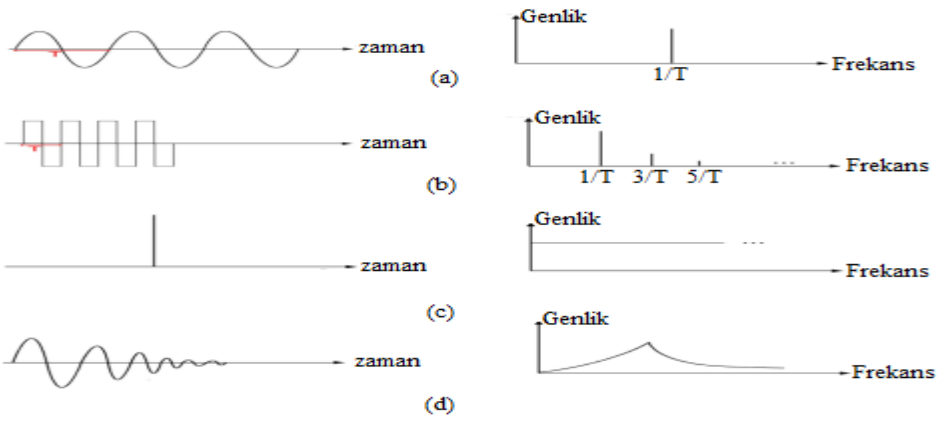
Şekil 2.5: Periyodik bir sinyalin Fourier dönüşümü (Beyazıt, 1996).

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

$$X_s(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t).\, e^{-2j\pi ft}\, dt \tag{2.11}$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X_s(f).\, e^{2j\pi ft}\, df \tag{2.12}$$

Bağıntılardaki t, zamanı, f frekansı ifade etmektedir. Burada $e^{2j\pi ft}$ karmaşık ve periyodik üstel fonksiyonu ifade etmektedir. $X_s(f)$ ise x(t) sinyalinin Fourier Dönüşümü'dür (FD). Sinyalin yeniden elde edilmesi için frekans katsayıları belirlenen üstel fonksiyonlarla katsayıların çarpılıp zaman aralığı boyunca toplanması gerekmektedir (Erdoğan, 2006). Bu sayede farklı frekanslardaki periyodik fonksiyonlar toplanarak sinyal yeniden oluşturulmaktadır. Şekil 2.6'da FD'ye uğramış çeşitli fonksiyonların spektral analizi konunun daha iyi anlaşılması için örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2.6: Örnek zaman serileri ve Fourier dönüşümleri (Duran, 2013).

FD bir zaman serisini zaman ortamından frekans ortamına dönüştürmektedir. Dönüşüm esnasında zaman bilgisi kaybolmaktadır. Dolayısıyla zaman serisine ait sadece frekans bilgisi kalmaktadır. Sadece zaman serisinin içerdiği frekansları hesaplamayı amaçlayan analizlerde zaman bilgisinin kaybolması önemli değildir. Durağan zaman serilerinde FD önemli fayda sağlayan bir yöntemdir. Ancak durağan olmayan zaman serilerinde FD çok anlamlı sonuçlar vermez. Bundan dolayı zaman serisinden zaman bilgisinin yok olması bu yöntemin dezavantajıdır. Durağan olmayan zaman serilerinde, Fourier Dönüşümünün yaşadığı en temel sorun zaman bilgisinin analiz esnasında kaybedilmesidir.

Zaman serileri analizinde en çok kullanılan tekniklerden biri olan Fourier Dönüşümü ile zaman serisinin içerdiği farklı frekans değerleri hesaplanır. Buna rağmen bu dönüşüm bazı dezavantajlara sahiptir. En önemlisi dönüşüm esnasında zaman bilgisinin kaybolmasıdır. Bunun sonucunda zaman serisinin Fourier Dönüşümü incelendiğinde özel bir olayın hangi zamanda gerçekleştiği bilgisi elde edilemez. Eğer zaman serisinin karakteristik özellikleri zaman boyunca değişmez ise (yani durağan ise) bu dezavantaj önemli değildir. Çünkü seriyi oluşturan tüm zaman dilimlerinde zaman serisi aynı frekans bileşenlerine sahiptir. Diğer taraftan, çoğu zaman zaman serisi önemli sayılabilecek durağansızlıklar veya geçici özellikler (eğim, ansızın değişim, kırılma ve olayların başlangıç ve bitişlerini) içerir. Verilen örnekler gibi belirli zaman dilimlerinde ortaya çıkan özellikler belki de zaman serisinin önemli kısımlarını oluşturmaktadır. Fourier analizi bunları temsil etmek için uygun değildir. Bu sebepten ötürü kullanılacak yöntemin bu gibi durağansızlıklara duyarlı olması gerekir. Fourier Dönüşümüne bu sebepten ötürü alternatif olarak Dalgacık Dönüşümü tekniği ortaya çıkmıştır. Dalgacık Dönüşümü öncesinde,

Fourier Dönüşümüne alternatif olarak ortaya atılan Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) ile bu eksikliğe çözün aranmaya çalışılmıştır.

KZFD, FD'nde zaman bilgisinin dönüşüm esnasında kaybolması ve zaman serisinin durağansızlıklarına duyarsız kalması durumuna çözüm olarak Denis Gabor tarafından 1946 yılında geliştirilmiştir. Bu dönüşüme aynı zamanda Gabor Dönüşümü de denilmektedir (Mallat, 1998). Gabor analiz edilecek zaman serisinin küçük bir parçasını zaman tanım aralığında ele almış ve böylece zaman serisini, zaman ve frekansın fonksiyonu olarak iki boyutta ifade etmiştir. Bu dönüşümde zaman serisi durağan olduğu küçük parçalara bölünür. Bundan sonraki süreç Fourier Dönüşümü'ndeki gibi devam eder. Durağanlığın olduğu kabul edilen bu zaman serisi parçaları ile pencere fonksiyonunun çarpılması ile dönüşüm tamamlanır (Polikar, 1999).



Şekil 2.7: KZFD'nin zaman serisine uygulanması ve pencereleme.

KZFD'yi sağlayan bağıntı (2.13) eşitliği ile verilmiştir (Misiti vd., 1997).

$$KZFD(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} [x(t).w^*(t-\tau)].e^{-j2\pi ft}\, dt \qquad (2.13)$$

Burada; x(t) sinyali, w(t) pencere fonksiyonu, * karmaşık eşleniği, τ zamanda ötelemedir. KZFD, bir pencere fonksiyonuyla çarpılan sinyalin FD'nden oluşmaktadır. Her t ve f için yeni bir KZFD katsayı takımı hesaplanmaktadır. Bu şekilde FD, sadece frekansın bir fonksiyonu iken KZFD, hem frekansın hem zamanın bir fonksiyonudur.

Sayısal sinyal işlemenin pratik uygulamalarının çoğunda, bilgisayar sonsuz x(n) dizisinin elemanlarını saklayamaz ve sürekli w frekansının değerlendirilmesi olanaksızdır. Bu nedenle sayısal sinyaller için Fourier dönüşümünün kullanılması uygun olmamaktadır. N uzunluğunda, (sonlu) bir x(t) ayrık sinyal için "Ayrık Fourier Dönüşümü" (AFD),

$$X_s(f) = \sum_{t=0}^{N-1} x(t).\, e^{-jf\frac{2\pi}{N}t} \quad (2.14)$$

$$x(t) = \frac{1}{N}\sum_{f=0}^{N-1} X_s(f).\, e^{jf\frac{2\pi}{N}t} \quad (2.15)$$

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

Eşitlik (2.6)'daki periyodik hareketin belirlenebilmesi için bu hareketin frekanslarının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, ilk olarak serideki trend bileşeninin eşitlik (2.4) ile belirlenmesi ve parametrelerinin anlamlı çıkması durumunda seriden giderilmesi gerekmektedir. Eğer trend bileşeni seriden giderilmezse, serideki trend bileşeni spektral analiz sonuçlarını etkiler ve sıfır frekansında peak verir. Trend bileşeni giderilmiş zaman serisinin zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüşümü Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) ile yapılmaktadır. HFD, AFD'den farklı değildir. AFD'nin hesaplanması için etkili ve mükemmel bir algoritmadır. Ancak, AFD periyodik bir yapıya sahip olduğundan, spektrum hesabında, sinyal son örneğinin arkasından tekrar ilk örneği geliyormuş gibi işlem görmektedir. Bu durumda sinyal enerjisinin diğer frekanslara sızması sonucu spektral sızma (spectral leakage) meydana gelmektedir. Bu etkiyi azaltmak için sinyalin dönüşüm öncesi, genliği kenarlara doğru yavaşça sıfıra yaklaşan bir pencere fonksiyonu ile çarpılması öngörülür. Bu amaçla kullanılan pencereleme fonksiyonlarından Hanning Pencere Fonksiyonu, *N* ölçü sayısı olmak üzere

$$w(i) = 0.5 - 0.5\cos\left(\frac{2\pi i}{N}\right) \quad (2.16)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Pencerelenmiş $Y(t_{ip})=Y(t_i).w(i)$ ölçülerinin HFD (2.17) eşitliği ile tanımlanır.

$$X(k) = \sum_{t_i=0}^{N-1} Y(t_{ip})\, e^{-jk\frac{2\pi}{N}t_i} \quad (2.17)$$

$0 \leq k \leq N-1$ aralığı için (2.16) eşitliğindeki X(k)'nın hesabı için *N* adet karmaşık çarpım gereklidir. *X(k)* değeri tüm *N* değerleri için hesaplanırken N^2'nin karmaşık çarpımları ve N^2-*N* karmaşık eklenir. *X(k)*'nın HFD katsayıları yorumlamaya

yardımcı olmaz çünkü bu değerler karmaşık sayılardır. Bu yüzden sinyalin (2.18) eşitliği ile gücü hesaplanır.

$$P_{xx}(k) = |X(k)|^2 \tag{2.18}$$

$P_{xx}(k)$ değerleri ile sinyalde yoğunluk gösteren frekanslar belirlenir (Allen, 2004). Güç spektrumu ile belirlenen f_s frekansları (2.3) eşitliğinde yerine konularak frekansa ait a_s ve b_s parametreleri EKK ile kestirilebilmektedir. Kestirilen parametrelerin "0" beklenen değerinden sapmalarının anlamlı olup olmadığı (2.5) eşitliği ile hesaplanan test büyüklükleri yardımıyla test edilir. $1-\alpha$ güven seviyesi ve f serbestlik derecesine bağlı t-dağılımının $t_{f,1-\alpha/2}$ güven sınırına göre anlamsız çıkan frekans fonksiyondan çıkartılır. Bu işleme anlamlı frekanslar (parametrelerden birinin anlamlı olması yeterlidir) tespit edilene kadar devam edilir.

2.3. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, serbest ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişki düzeyini veya derecesini ölçen analizdir. Korelasyon katsayısı, değişkenlerin arasında etkileşimin nasıl ve ne derece olduğu hakkında bilgi verir. Değişkenler arasında ilişki var mı, varsa bu etkileşimin ne kadar kuvvetli olduğu ve gözlem verilerinden birinin değeri artarken diğeri artıyor mu yoksa ters yönde mi olduğu gözlenebilir.

Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişen değerler alabilir. Katsayı, ilişkinin olmadığı durumda 0, tam ve kuvvetli bir etkileşim varsa +1, ters yönlü ve tam bir etkileşim varsa -1 değerini alır. Korelasyon katsayısı genellikle r harfi ile gösterilir. Sonuç olarak korelasyon katsayısını $-1 \leq r \leq +1$ eşitsizliği ile gösterebiliriz.

Pozitif bir ilişkinin olması X değişkeninin değerlerinin artması durumunda Y değişkeninin de değerlerinin artması ya da X değişkeninin değerlerinin azalması durumunda Y değişkenine ait değerlerin de düşme eğiliminde olduğu anlamına gelir. Negatif korelasyon (negatif ilişki) olması değişkenlerin birine ait değerlerin artması durumunda diğer değişkene ait değerlerin düşmesi demektir.

X değişkenleri $X_i=(X_1, X_2, \ldots, Xn)$ ve Y değişkenleri $Y_i=(Y_1, Y_2, \ldots, Y_n)$ olmak üzere X ve Y değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısı (2.19) eşitliği ile hesaplanır.

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}\ \sqrt{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2}} \quad (2.19)$$

2.3.1 Standart sapmalardan hesaplanan korelasyon

Ölçülen büyüklüklerin beklenen değerleri bilinmiyorsa varyans ve kovaryanslar düzeltmeler yardımıyla belirlenir. L_{x_i} ölçülerinin aritmetik ortalaması $\bar{x}$ ve L_{y_i} ölçülerinin aritmetik ortalaması $\bar{y}$ ise $v_{xi} = \bar{x} - L_{x_i}$ ve $v_{yi} = \bar{y} - L_{y_i}$ düzeltmelerinin oluşturduğu $v_x = [v_{x1}\ v_{x2} \dots v_{xn}]^T$ ve $v_y = [v_{y1}\ v_{y2} \dots v_{yn}]^T$ vektörleri yardımıyla varyanslar ve kovaryans,

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} v_x^T v_x \ ,\ s_y^2 = \frac{1}{n-1} v_y^T v_y \ ,\ s_{xy} = \frac{1}{n-1} v_x^T v_y \quad (2.20)$$

(2.20) eşitlikleriyle bulunur (Demirel, 2003). Buna göre deneysel korelasyon katsayısı r_{xy} (2.21) eşitliği ile elde edilir.

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \qquad -1 \le r_{xy} \le +1 \quad (2.21)$$

2.3.2 Çapraz korelasyon analizi

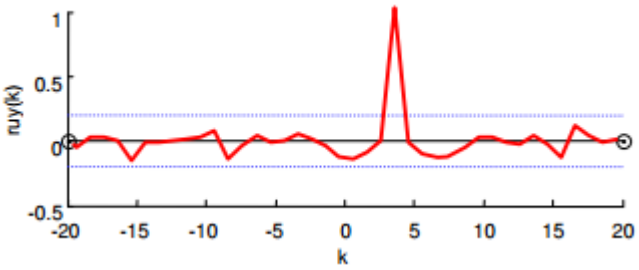
Çapraz-korelasyon analizi ile sistemin tepkisinin, etkiye göre gecikip gecikmediği belirlenebilmektedir. Yani etkiyen büyüklük, etkiden hemen sonra tepkiye sebep olmuş ise sistemde herhangi bir gecikme durumu olmamıştır.

Çapraz-korelasyon için, aynı periyot içerisinde birim zaman aralıklarında u etki büyüklüğü ve y tepki büyüklüğü ya da ölçüler gibi iki değişkenden N sayıda gözlem yapıldığında, gözlemleri $(u_1,y_1),\dots,(u_N,y_N)$ şeklinde ifade edilmektedir. Bu değişkenler için çapraz-korelasyon fonksiyonu (2.22) eşitliğinde verilmiştir.

$$r_{yu}(k) = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} y(t).u(t-k) \quad (2.22)$$

Çapraz-korelasyonda içsel bağımlılık k=0 için değil k_{max} için ortaya çıkmaktadır ve bir serinin diğer seri ile ilişkisini göstermektedir. Çapraz-korelasyon katsayılarının güven sınırları da, %95 güven aralığı için; $\pm 1{,}96/\sqrt{N}$ olarak verilmektedir.

Şekil 2.8'de u_{20} ve y_{20} iki ayrı değişkenli serinin $k = \pm 20$ için hesaplanan çapraz-korelasyon katsayıları görülmektedir. k=4'de çapraz-korelasyon katsayısının 1'e yakın olması, seride etkiye karşılık 4 birim kadar sonra bir tepkinin olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.8: k=±20 için çapraz-korelasyon katsayıları.

Çapraz-korelasyon fonksiyonunun özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

- $r_{yu}(k)=r_{uy}(-k)$
- k=0 için çapraz-korelasyon fonksiyonu $r_{yu}(0)=E(y(t)u(t))$'dir.
- Çapraz-korelasyon fonksiyonu otokorelasyon fonksiyonuna göre fazladan bir sinyalin (eğer varsa bir sinüs titreşiminin) fazı hakkında bilgi vermektedir (Hekimoğlu, 1981).
- $k < 0$ için, $r_{yu}(k) \neq 0$ ise model nedensel değildir. Yani, sisteme etki başlamadan sistem tepki gösteriyorsa, sistem etkiyi bilerek önceden ona uygun bir davranış gösteriyor demektir. Oysa, gerçek zamanlı olarak çalışan tüm pratik sistemler etki olmadan tepki göstermezler ve tepki etkiden hemen sonra ya da gecikmeli olarak meydana gelmektedir (Erdoğan, 2006).

3. DALGACIK ANALİZİ

3.1 Dalgacık Analizinin Tarihsel Gelişimi

Dalgacık analizi kullanım olarak oldukça yeni olmasına karşın, temelleri 1805 yılında Joseph Baptiste Fourier tarafından atılmıştır. Fourier' in çalışmasının temelini oluşturan frekans analizi konusunun hem önemli hem de etkili bir yöntem olduğu ispatlanmıştır. Uygulamalarda günümüzde sıkça karşımıza çıkmaktadır.

Sadece frekans analizinin yeterli olmadığı kanaatine varılarak, frekans analizinden ölçek analizine geçiş yapılmıştır. Çünkü ölçülen ortalama dalgalanmaların farklı ölçeklerdeki analizleri gürültüye daha az duyarlı olduğu açıkça görülmüştür. Yani zaman dizilerinin geneline ilişkin kararlar vermek yerine bölgesel ölçekte oluşan küçük dalgalanmaların önemli olabileceği gündeme gelmiştir. Dolayısıyla kullanıcılar için dalgacık analizi seçenek olmuştur. Şimdiki kullanımıyla "dalgacık" sözü ilk kez Alfred Haar' ın (1909) doktora tezinin ekler kısmında kullanılmıştır.

Paul Levy, Brownian hareketini (parçacıkların raslantısal hareketini) modelleyerek dalgacık teorisine katkı sağlamıştır (1930-1950). Levy, parçacıkların raslantısal hareketini Haar' ın ölçek değişkenli temel fonksiyonlarının (Haar dalgacığı) Fourier temel fonksiyonlarına oranla daha iyi modellediğini ispat etmiştir.

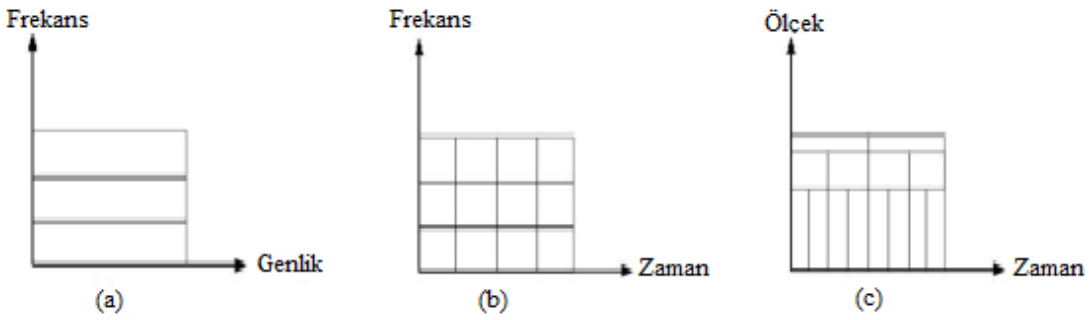
Dalgacık teorisinin esasları hakkındaki ayrıntılar ilk defa Jean Morlet ve Alex Grossmann yönetimindeki Marsilya Teorik Fizik Merkezi çalışma gurubu tarafından 1985 yılında ortaya atılmıştır.

Dalgacık analizi yöntemleri Yves Meyer ve meslektaşları tarafından geliştirilmiştir. Ana algoritma Mallat (1988)'ın çalışmasına dayanmaktadır. Bundan sonra dalgacık analizi konusunun uluslararası bir yön kazandığı görülür. Özellikle Daubechies, Coifman ve Wickherhouser adlı araştırmacılar önemli çalışmalarıyla konuya ivme kazandırmışlar. Bu aşamadan sonra dünya literatüründe sıkça duyulmaya başlandı (1988-1989).

3.2 Dalgacık Teorisi

Dalgacık (Wavelet), dalganın küçük bir parçası olarak tanımlanabilir. Bu anlamda dalgacık, süresi sınırlı bir titreşim işaretidir ve bu nedenle zamanda bölgeleşmeye (yerselleşmeye) sahiptir (Daubechies, 1996). Princeton Üniversitesi'nden I.Daubechies dalgacık dönüşümlerini şu şekilde tarif etmiştir; "Dalgacık dönüşümü, verileri, fonksiyonları veya operatörleri farklı frekanstaki bileşenlere ayıran bir araçtır ve böylece her bir bileşen ile kendi ölçek değerine uygun bir çözünürlükte çalışılabilir".

KZFD'de kullanılan pencere fonksiyonunun, tarama sırasında sabit genişlikte olması, işaretin hızlı değişen yüksek frekanslı değişimlerin zaman uzayında tam olarak bölgelendirilememesine neden olur. Bu soruna çözüm olarak, sabit genişlikteki pencereler yerine, işaretteki yavaş değişimleri yakalamak üzere geniş pencere fonksiyonları ve hızlı değişimlerin olduğu yerlerde ise dar pencere fonksiyonlarının kullanımı düşünülmüş ve sonuç olarak Dalgacık Dönüşümü bu amaçları gerçekleştirebilmek için çözüm olarak ortaya atılmıştır. DD, FD ve KZFD'nin aksine zaman-frekans bölgesi yerine zaman-ölçek bölgesini kullanır. Şekil 3.1'de FD, KZFD ve DD'nin pencereleme yöntemleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde DD'nin pencereleme noktasında sahip olduğu esneklik göze çarpmaktadır.



Şekil 3.1: (a) FD (b)KZFD (c) DD pencereleme tekniği.

Dalgacık analizi özelde değişken ebatta bölgelere ayrıştırma yapabilen bir pencereleme tekniğidir. Dalgacık dönüşümünde, pencere fonksiyonları, ana dalgacık fonksiyonunun ötelenmesi yanında sıkıştırılmasıyla (veya genişletilmesiyle) da oluşturulurlar. İşaret, KZFD'de sabit genişlikteki bir pencere fonksiyonuyla çarpılırken, Dalgacık Dönüşümünde (DD) dalgacık adı verilen zamanda ötelenebilen, genişliği değiştirilebilen bir fonksiyonla çarpılır. Analiz sinyal boyunca adım adım

ötelenmeyi sağlar ve her adımda dalgacık ile sinyal arasındaki korelasyonu ifade eden katsayılar elde edilir. İşaretin tamamı geçilip sonuna ulaşıldığı zamanda aynı kararlılığa sahip dalgacık katsayılarından bir küme elde edilmiş olur. Katsayıların değişimi zaman ekseni boyunca sinyal ile dalgacık arasındaki benzerliğin değişimini ifade eder. Yapılan işlemler ölçeği değiştirilmiş yeni dalgacıkla tekrar edilir. Böylece başka bir ölçekte de dalgacık katsayıları kümesi elde edilmiş olur. Her ölçek değeri için dalgacık katsayıları zamanın bir fonksiyonu şeklinde ayrı ayrı elde edilir.

DD'nin en önemli avantajı, zaman serisinin yerel olarak analizine imkân sağlamasıdır. Örneğin, kısa bir zaman sürecinde, süreksizliğe sahip sinüzoidal bir dalga ele alınırsa, dalgacık katsayıları süreksizliğin zaman boyutunda tam olarak nerede olduğunu verebilir. FD ve KZFD ise bu bilgiyi sağlayamaz.

3.2.1 Dalgacığın matematiksel temelleri

Dalgacıklar sınırlı zaman diliminde tanımlıdırlar. Fourier analizinin temelini oluşturan sinüs ve kosinüs fonksiyonlarına bakıldığında -∞'dan +∞'a kadar olan aralıkta sürekli ve yumuşak geçişlere sahip olduğu görülür. Öte yandan dalgacıklar düzensiz ve asimetrik özellikler göstermektedirler. (-∞,+∞) aralığında tanımlı dalgacık fonksiyonları (ψ(t)) ele alındığında bu fonksiyonların genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

1. Dalgacık fonksiyonunun (-∞,+∞) aralığında integrali sıfırdır. Bu durum (3.1) eşitliği ile gösterilmiştir. Bu eşitlik (-∞,+∞) aralığında dalgacık fonksiyonunun ortalamasının sıfır olduğunu gösterir.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t)dt = 0 \qquad (3.1)$$

2. Bir fonksiyonun enerjisi, kendi alanı boyunca integrali alınan kareli bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. Dalgacık fonksiyonunun (-∞,+∞) aralığında karesinin integrali bire eşittir ve dolayısıyla ana dalgacık fonksiyonu birim enerjiye sahiptir. Bu durum (3.2) eşitliği ile gösterilmiştir (Gürsakal, 2009).

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2(t)dt = 1 \qquad (3.2)$$

3. Daha önce bahsedildiği üzere dalgacık fonksiyonları sınırlı olmalıdır. Sınırlı bir fonksiyonun mutlak değerinin integrali de sınırlı olmak zorundadır. Bu durum (3.3) eşitliği ve sinüs fonksiyonu gibi sınırlı olmayan bir fonksiyonun integralinin durumu (3.4) eşitliği ile verilmiştir.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(t)| dt < \infty \quad (3.3)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |sint| dt = +\infty \quad (3.4)$$

4. Frekans değeri f sıfıra yaklaşırken, dalgacık fonksiyonu $\psi(t)$'nin Fourier dönüşümünü temsil eden ve frekansın bir fonksiyonu olan $\psi(f)$ de sıfıra yaklaşımıdır. Bu durum literatürde kabul edilebilirlik (admissibility) koşulu olarak bilinen (3.5) eşitsizliğini ortaya çıkarmaktadır (Chain vd, 1998).

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|\psi(f)|^2}{|f|} df < \infty \qquad \psi(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t)\, e^{-jft} dt \quad (3.5)$$

Bu dört özelliği sağlayan fonksiyonlar ana dalgacık fonksiyonu (mother wavelet) olarak tanımlanmaktadır. Bu özellikleri sağlaması bir fonksiyon için ölçeklenebilme, dönüşüm ve ters dönüşüm özelliklerini gösterebilmesini sağlaması bakımından önemlidir. Ölçeklenme ve dönüşüm yoluyla da dalgacık ailesi oluşur (Miner, 1998). Bu özelliklerin hepsini sağlayan dalgacıklar, ana dalgacık fonksiyonu ve ölçeklenme fonksiyonu (father wavelet) olmak üzere iki bileşenden oluşur (Crowley, 2007).

Ana dalgacık fonksiyonunun tersine, ölçekleme fonksiyonunun integrali 1 değerine eşittir. Bu durum (3.6) eşitliğinde gösterilmiştir. Bu eşitlikte $\emptyset(t)$ ölçekleme fonksiyonudur.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \emptyset(t) dt = 1 \quad (3.6)$$

Ölçekleme fonksiyonu zaman serisinin alçak frekansa sahip genel trend özelliklerini temsil ederken, ana dalgacık fonksiyonu yüksek frekansa sahip zaman serisinin detay özelliklerini temsil eder (Gürsakal, 2009).

Ana dalgacık fonksiyonu ayrık dalgacık dönüşümündeki detay katsayılarını veren yüksek frekansları geçiren dalgacık filtresini (h_k), ölçekleme fonksiyonu ise yaklaşım katsayılarını veren düşük frekansları geçiren dalgacık filtresini (g_k) temsil etmektedir (Miner, 1998). Bu filtreleme özelliklerinden ayrık dalgacık dönüşümü bölümünde ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

Bir ana dalgacık fonksiyonunun yazımı ölçek parametresi (a) ve konum parametresi (u) katılımıyla (3.7) eşitliğindeki gibidir.

$$\Psi_{a,u}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\Psi(\frac{t-u}{a}) \quad (3.7)$$

Bu eşitlikteki $a, u \in R$ ve $a \geq 0$ olmalıdır. DD, Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD) ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) olmak üzere iki ana başlık altında incelenecektir.

3.2.2 Sürekli dalgacık dönüşümü

Sürekli Dalgacık Dönüşümü, analiz edilen zaman serisi ile dalgacık fonksiyonunun ölçekli ve kaydırılmış versiyonlarının bütün zaman değerlerinde çarpılarak toplanması sonucu elde edilir (Misiti vd, 1997).

SDD'de ölçek (a) ve konum (u) parametreleri reel (gerçel) sayılarda tanımlı (R) ve $a \geq 0$ kısıtlaması altında sürekli biçimde değişmektedir (Daubechies, 1992). SDD'nin matematiksel ifadesi (3.8) eşitliği ile verilmiştir.

$$C(a,u) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\Psi^*(a,u,t)dt \quad (3.8)$$

Bu eşitlikte C(a,u); SDD sonucu oluşan katsayıları, $\Psi^*(t)$; dalgacık fonksiyonunun eşleniğini, x(t); dönüşümün uygulandığı zaman serisini, a; ölçek parametresini, u; konum parametresini temsil etmektedir.

SDD'de hem sadece reel içeriğe sahip dalgacıklar kullanılabilir hem de Morlet ve Paul gibi sanal içeriğe sahip dalgacıklar da kullanılabilmektedir (Duran, 2013). Eğer sanal içeriğe sahip olmayan bir dalgacık kullanılıyorsa eşleniğin bir anlamı yoktur. Çünkü eşlenik, sanal bileşenin işaretinin değişmesi ile ilgili bir kavramdır. Eğer karmaşık içeriğe sahip bir dalgacık kullanıyorsak SDD esnasında eşleniğini kullanmayız. Ayrıca karmaşık içeriğe sahip dalgacıklar sadece SDD dönüşümünde kullanılabilir (Duran, 2013). ADD'de sanal içeriğe sahip dalgacıklar kullanılamaz.

Zaman boyunca kaydırılmış ve ölçeklenmiş ana dalgacık fonksiyonu zaman serisine uygulandığında, karmaşık yapıda bulunan zaman serisi daha basit bileşenlere ayrıştırılır. Bu işlem zaman serisinin ayrıştırılması veya analiz edilmesi olarak adlandırılır. Eğer dalgacık fonksiyonu kabul edilebilirlik koşulunu sağlarsa, ters alma işlemi ile dalgacık katsayıları kullanılarak zaman serisi tekrar elde edilebilir. Bu işleme ise sentezleme (reconstruction) denilmektedir. (3.9) eşitliğinde kabul edilebilirlik koşuluna sahip dalgacık ile ters dönüşümü sağlayan formül verilmektedir.

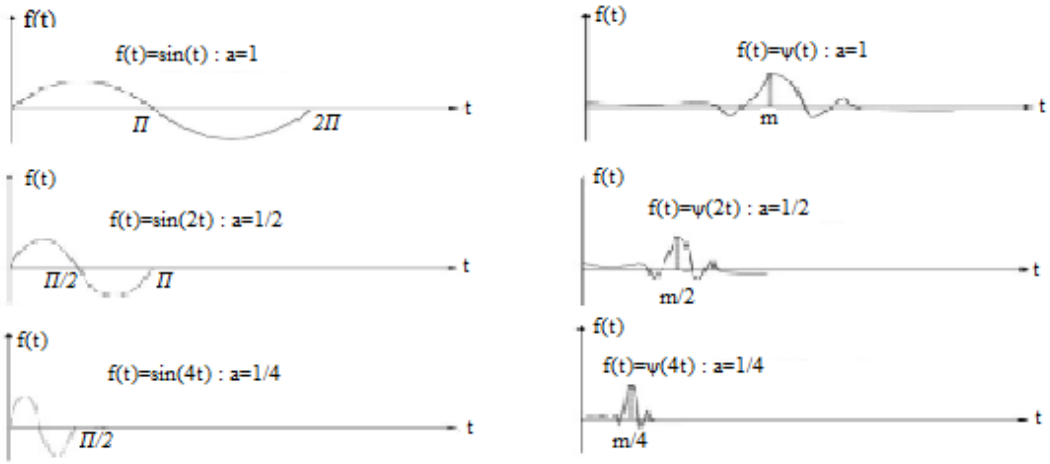
$$x(t) = \frac{1}{C_\Psi} \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} C(a,u) \Psi_{a,u}(t) \mathrm{du} \frac{\mathrm{da}}{\mathrm{a}^2} \quad (3.9)$$

Sonuç olarak (3.8) eşitliği ile gerçekleştirilen SDD ile çok büyük sayıda dalgacık katsayısı elde edilir. Farklı ölçek ve zamanlarda elde edilmiş olan dalgacık katsayıları ile uygun ölçeklenmiş ve kaydırılmış dalgacık çarpılarak, işlemin tersine döndürülmesi sağlanır ve başlangıçtaki zaman serisi tekrar elde edilebilir.

SDD'de önemli yeri olan ölçek ve konum parametrelerinin özelliklerini incelemek dönüşümü anlamak açısından önemlidir.

3.2.2.1 Ölçekleme

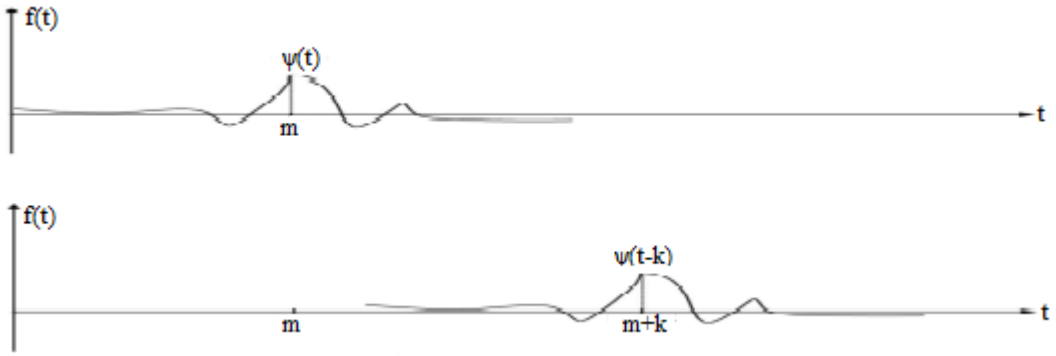
Ölçekleme bir fonksiyonu sıkıştırma veya genişletmeye yarar. Her fonksiyonun ölçeklenebilmesi mümkün değildir. Ölçekleme fikrinin daha iyi anlaşılabilmesi için ölçeklenebilme özelliğine sahip periyodik bir fonksiyon $f(t) = sint$ ile aynı biçimde ölçeklenebilme özelliğine sahip bir dalgacık Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Ölçekleme ile fonksiyonun gerçekte var olan hiçbir özelliği kaybolmaz.



Şekil 3.2: Sinüs ve dalgacık fonksiyonunun ölçeklenmesi.

3.2.2.2 Kaydırma

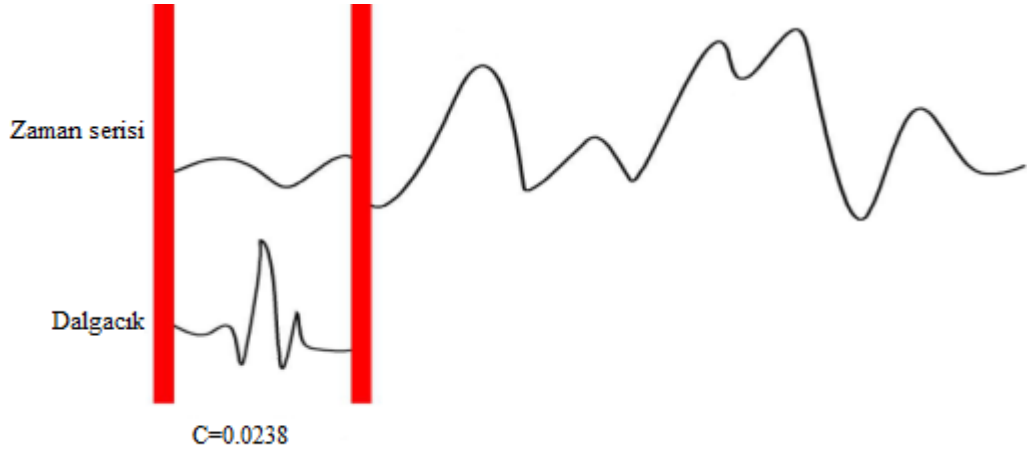
Matematiksel olarak $\Psi(t)$ dalgacık fonksiyonunun zaman ekseni boyunca kaydırılmış biçimi $\Psi(t-k)$ olarak gösterilir. Kaydırma miktarını belirleyen k bütün reel sayı değerlerini alabilmektedir. Kaydırma işlemi sayesinde, belirli bir ölçek değeriyle sıkıştırılmış dalgacık fonksiyonu ile analiz edilen zaman serisinin en uyumlu kısmı belirlenebilmektedir. Bu işlem Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Bir dalgacığın zaman ekseni boyunca kaydırılması.

3.2.2.3 Bir zaman serisine sürekli dalgacık dönüşümünün uygulanması

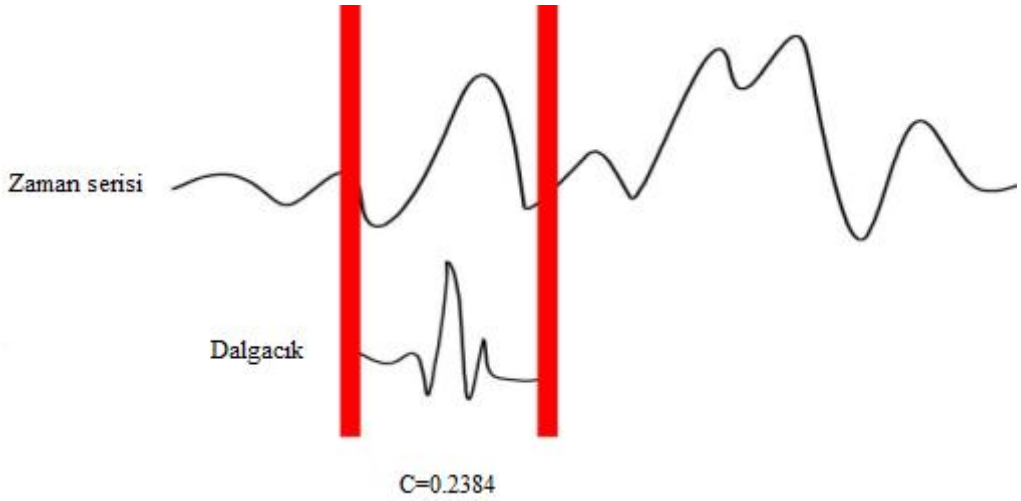
1. adım: Uygun bir dalgacık seçilir ve analiz edilecek zaman serisinin başlangıç kısmındaki bir parça ile Şekil 3.4'te görüldüğü gibi karşılaştırılır.



Şekil 3.4: Dalgacık ile serinin başlangıç kısmının karşılaştırılması.

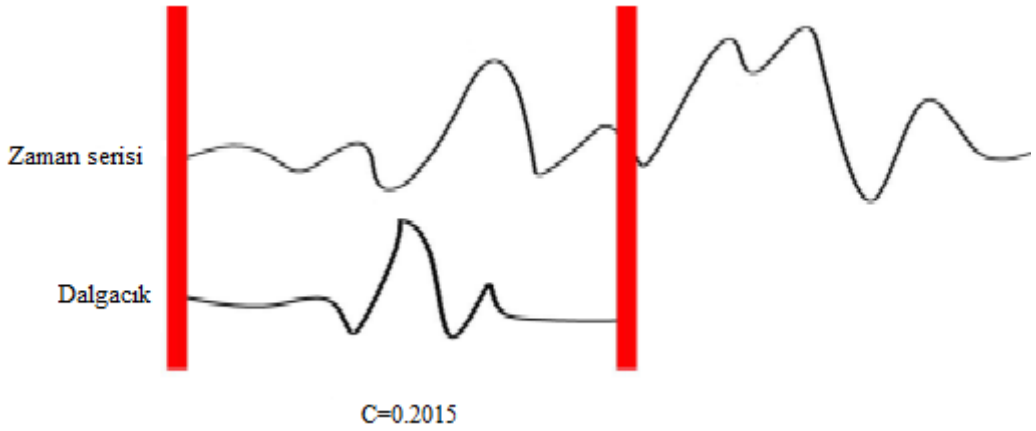
2. adım: Bu karşılaştırma sürekli dalgacık katsayıları olan C değerlerinin hesaplanması ile gerçekleştirilir. Elde edilen bu katsayılardan büyük C değerleri zaman serisi ile analizde kullanılmakta olan dalgacık arasındaki benzerliğin yüksek, küçük C değerleri ise benzerliğin düşük olduğunu göstermektedir. Eğer zaman serisinin ve dalgacığın enerjisi 1 değerine eşit kabul edilirse, C değerleri dalgacık ile zaman serisi arasındaki korelasyon katsayıları olarak yorumlanabilir (Duran, 2013). Sonuç olarak C değerleri 1'e yaklaştıkça dalgacık ile zaman serisi arasındaki ilişki artar.

3. adım: Dalgacık sağa doğru kaydırılarak 1. ve 2. adımlar zaman serisinin bitimine kadar tekrarlanır ve zaman serisi bu şekilde analiz edilmiş olur.



Şekil 3.5: Dalgacığın zaman serisi üzerinde kaydırılması.

4. adım: Dalgacık ölçeği değiştirilerek genişletilir ve 1'den 3'e kadar olan adımlar tekrar hesaplanır. Bu sayede ölçek analize dâhil olur. Bu şekilde belirli bir ölçek ve zamandaki, dalgacık ile zaman serisi arasındaki benzerlikler belirlenir. Şekil 3.6'daki ölçeklenerek genişletilmiş olan dalgacık ile zaman serisinin C değeri hesaplanmıştır. Benzerlik artışı Şekil 3.4 ile kıyaslandığında, hem gözle hem de çıkan C değeri ile açıkça görülmektedir.

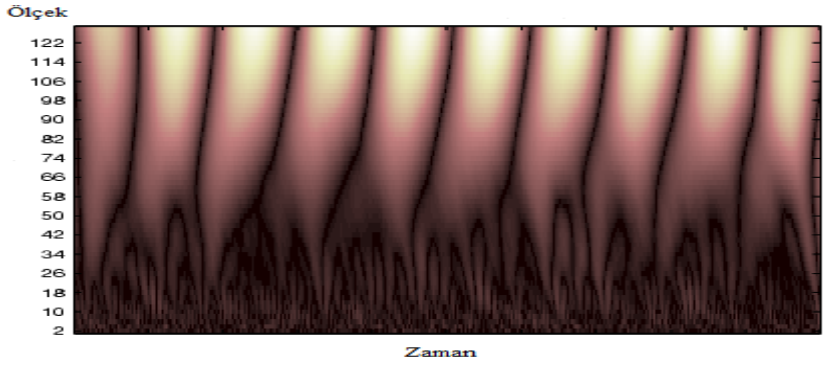


Şekil 3.6: Ölçeği değiştirilmiş dalgacık ile serinin karşılaştırılması.

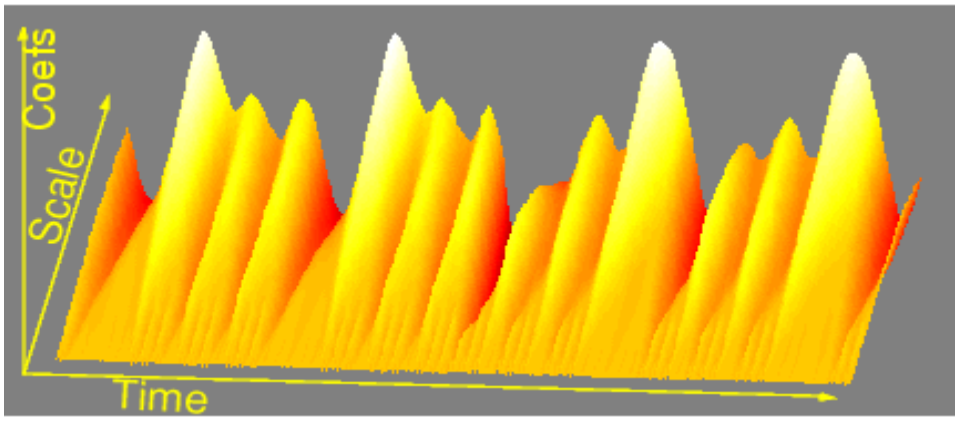
5. adım: Son adımda ise 1'den 4'e kadar olan adımlar bütün ölçek değerleri için hesaplanır. Bu sayede konum ve ölçeğin birer fonksiyonu olan çok büyük miktarda katsayı elde edilir.

Bu beş işlem sonucunda, farklı ölçeklerde ve sinyalin farklı parçalarındaki dalgacık katsayıları elde edilir. Bu katsayılar zaman serisi üzerine uygulanan dalgacığın regresyon sonuçlarını oluşturmaktadır. Bu işlemler sonucu oluşan dalgacık katsayıları sayısal değerlerinin alınıp incelenmesi çok mümkün olmayan büyük bir

veri yığını oluşturmaktadır. Bu nedenle sonuçların grafiklere aktarılması vasıtasıyla analiz edilen veri hakkında yorum yapma imkânı elde edilebilir (Misiti vd, 1997). Bu beş adımlık analizin tamamlanması ile Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de görülen grafikler elde edilir. Şekil 3.7'de analiz sonuçlarını 2 boyutta gösteren grafik, Şekil 3.8'de ise analiz sonuçlarını 3 boyutlu gösteren grafik verilmiştir. Bu grafikler sayesinde zaman serisinin yorumlanabilmesi mümkün hale gelmektedir.



Şekil 3.7: SDD ile elde edilen katsayıların 2 boyutlu görünümü.



Şekil 3.8: SDD ile elde edilen katsayıların 3 boyutlu görünümü (URL-2, 2015)

3.2.2.4 Ölçek ile frekans ilişkisi

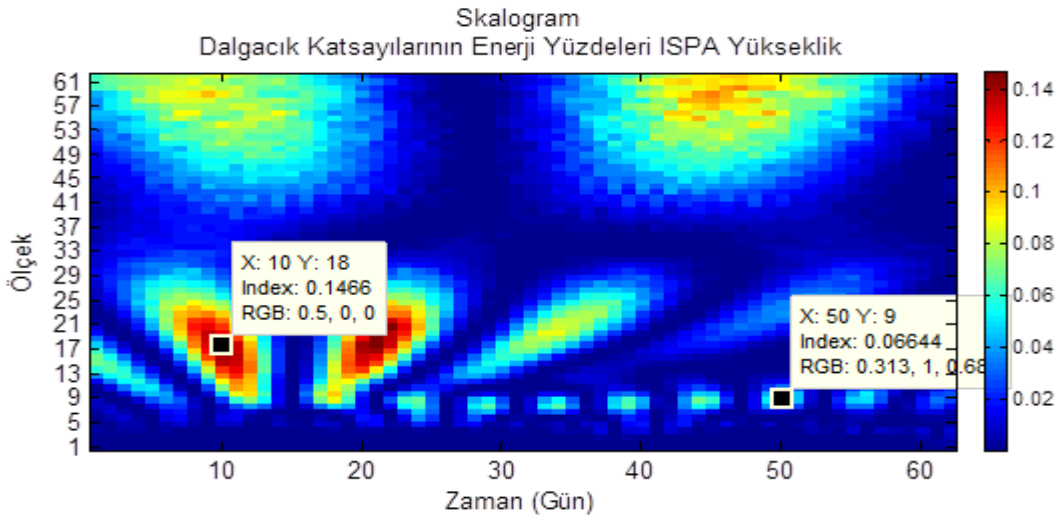
Şekil 3.7'de ölçek değerleri 1 ile 122 arasında değişmektedir. Önceki bölümlerde belirtildiği üzere, yüksek ölçek değerleri daha genişletilmiş dalgacıklar üretirken, düşük ölçek değerleri sıkıştırılmış dalgacıklar üretir. Ölçeklendirmede ölçeklendirilmiş dalgacığın uzunluğu, zaman serisinin uzunluğunu geçmemelidir. Analiz esnasında, zaman serisi içinde dalgacığın en az iki salınım yapmasına imkân tanıyacak ölçek değeri maksimum ölçek değeri olmalıdır. Bu şarta uyulmadığı durumda sürekli dalgacık dönüşümünün zaman serisi içindeki periyodiklikleri yakalama özelliğini kaybetmesine sebep oluruz. Bu noktada kullanılacak zaman

serisinin uzunluğunun ikinin bir kuvveti olması durumunda ölçek belirlenmesi kolaylaşır. Zaman serisinin uzunluğu ikinin bir kuvveti olmadığı durumlarda analiz esnasında zaman serisinin sonuna sıfırlar eklenerek (zero padding) zaman serisindeki veri adedi ikinin kuvvetine tamamlanır. Bu durum elde edilecek sonuçlara yapay bir etkidir.

Düşük ölçek değerleri, sıkıştırılmış dalgacık üretir. Hızlı değişen detaylar daha iyi yakalanır ve dolayısıyla yüksek frekans değerleri tespiti için uygundur. Yüksek ölçek değerleri ise, genişletilmiş dalgacık üretir. Yavaş değişen özellikler, yani zaman serisinin genel trendini yansıtan özellikler daha iyi yakalanır ve dolayısıyla alçak frekans değerleri tespiti için uygundur.

3.2.2.5 Skalogram

Skalogramlar sürekli dalgacık dönüşümünde her bir katsayının enerji yüzdesini verir. Maksimum enerjinin bulunduğu ölçek seviyesinde hangi frekans değerine veya periyoda denk geldiği bilgisine Skalogram sayesinde ulaşabiliriz. Bu yöntem dalgacık analizi kullanılarak spektral bilgi elde edilebilen bir yöntemdir (URL-1, 2015). Frekans bilgisinin konumu (doğruluğu) analizde kullanılan dalgacığa bağlıdır. Bazı dalgacıklar frekansın konumunu (daha doğru) verebilir. Morlet dalgacığı bu yöntem için tavsiye edilen bir yöntemdir. Zaman serisinin SDD sonrasında elde edilen Skalogramlar, zaman serisinde bulunan periyodiklikler ve hangi zamanda ortaya çıktıkları bilgisini elde etmeye imkân tanımaktadır. Şekil 3.9'da örnek bir Skalogram gösterilmiştir. Şekil 3.9 incelendiğinde zaman serisinde bulunun periyodiklikler ve hangi zamanda bu periyodikliklerin bulunduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 3.9: Sürekli dalgacık dönüşümünde katsayıların enerji yüzdesi.

3.2.3 Ayrık dalgacık dönüşümü

SDD'de hesaplanan dalgacık katsayıları bütün ölçek değerlerinde hesaplanmaktadır. Bu işlem ağır bir işlem yükü ve veri yığınına sebep olmaktadır. Ayrıca bu verilerin hepsi üzerinde çalışma yapılması büyük zorluklar içermektedir. Bu sebeple bütün ölçek ve konum değerlerinde hesaplama yapmak yerine, bu ölçek ve konum değerlerinin bizi amacımıza ulaştıracak alt kümeleri ile çalışma fikri ADD'nin çıkış noktasını oluşturmaktadır (Misiti vd., 1997).

ADD'de sırasıyla ölçek ve konum parametreleri ayrıklaştırma işlemine uğrayarak (3.10) ve (3.11) eşitliklerindeki hale gelirler.

$$a = a_0^{\,m} \tag{3.10}$$

$$u = nb_0a_0^{\,m} \tag{3.11}$$

Bu eşitliklerdeki m ve n birer tamsayıdır. Elde edilen ölçek ve konum parametreleri ile dalgacık fonksiyonu (3.12) eşitliğindeki halini alır.

$$\Psi_{m,n}(t) = a_0^{-\frac{m}{2}}\Psi(a_0^{-m}t - nb_0) \tag{3.12}$$

Bu denklemde tamsayı olan m ve n değerleri sırasıyla frekansın ve zamanın yerini belirtir. Ayrıklaştırma işleminin bu noktasında ölçek ve konum parametreleri ikinin kuvvetleri ile gösterim fikrini temel almaktadır. İkili ölçek ve konum belirleme işlemi a_0=2 ve b_0=1 alınması (3.10) ve (3.11) eşitliklerinde bu durumun uygulanması ile sırasıyla (3.13) ve (2.14) eşitlikleri ortaya çıkar.

$$a = 2^m \tag{3.13}$$

$$u = n.2^m \tag{3.14}$$

Yeni oluşan ölçek ve konum parametreleri (4.19) eşitliğinde yerine yazılarak ikili ölçekleme ve konumlamaya dayanan ADD uygulamalarında kullanılan dalgacığa (3.15) eşitliğinde verilen şekli ile ulaşılmış olur.

$$\Psi_{m,n}(t) = 2^{-\frac{m}{2}}\Psi(2^{-m}t - n) \tag{3.15}$$

Bu ikili ölçekleme ve konumlama işlemi filtreleme işleminin de temelini oluşturur. ADD katsayılarının elde edilmesini sağlayan matematiksel ifadeye (3.13), (3.14) ve (3.15) eşitliklerinin SDD formülünde yerine konulması sonucu (3.16) eşitliği ile ulaşılır.

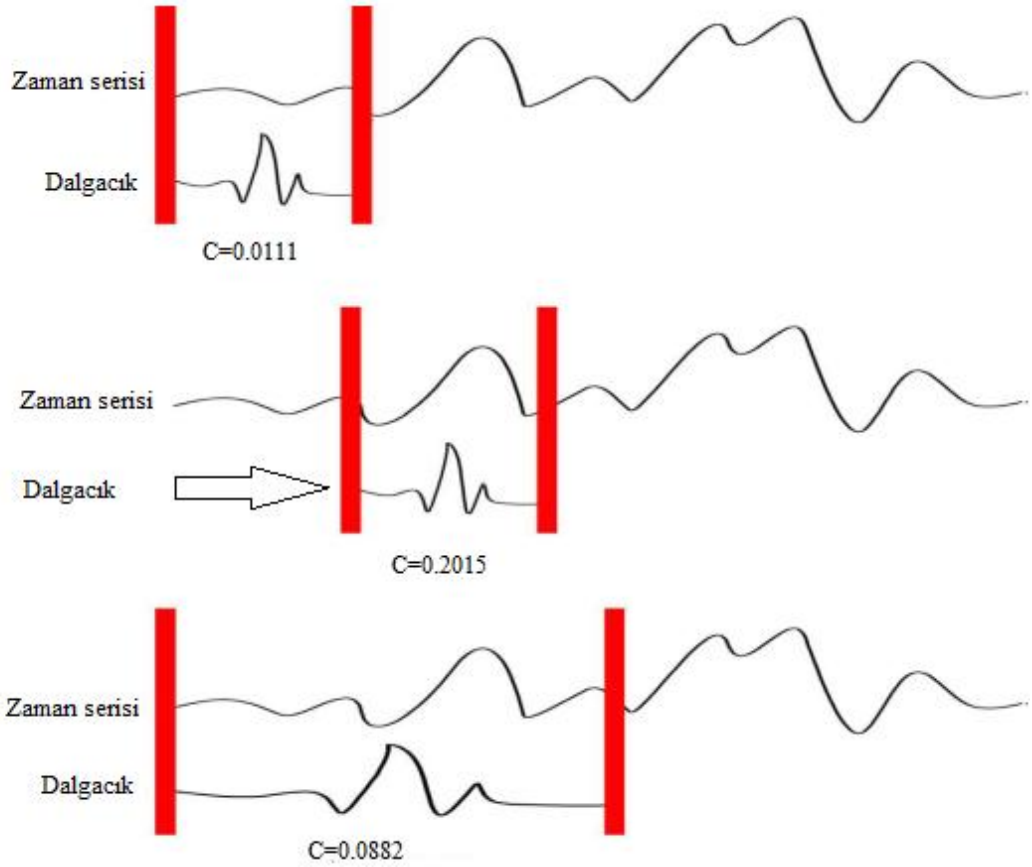
$$A_{m,n} = 2^{-\frac{m}{2}}\int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\ \Psi(2^{-m}t - n)dt \tag{3.16}$$

Bu eşitlikte $A_{m,n}$, zaman serisi ile ayrık dalgacık fonksiyonunun işleme girmesi ile oluşan dalgacık katsayılarını göstermektedir. Şekil 3.10'da ADD'nin zaman serisine uygulanması ve uygulama sonucu elde edilen dalgacık katsayıları gösterilmiştir.

SDD'de sırasıyla ölçek ve konum parametreleri olan *a* ve *u* reel sayı değerleri alırken, ayrık dalgacık dönüşümünde tamsayı değeri almaktadırlar. Bu iki dönüşümde de ölçek değeri sıfıra eşit olamaz (Daubechies, 1992).

3.2.3.1 Filtreleme ile ayrık dalgacık dönüşümü

ADD'nin ikili ölçekleme ve konumlamaya dayanan uygulama şekli filtrelemenin temelini oluşturmaktadır. Filtreleme ile analiz, 1988 yılında Mallat tarafından geliştirilen son derece etkili ve verimli bir şekilde ayrık dalgacık dönüşümü uygulamaları sağlayan bir yöntemdir. Mallat'ın bu yöntemi en basit şekilde anlatılacak olursa bir kutudan zaman serisi geçirilerek son derece hızlı bir şekilde dalgacık katsayıları oluşturulur. Filtreleme uygulamalarına geçmeden önce dalgacık dönüşümünde kullanılan filtreler olan alçak geçiren filtre ve yüksek geçiren filtreleri incelemek faydalı olacaktır.



Şekil 3.10: ADD'nin zaman serisine uygulanması.

Zaman serisini farklı frekans aralıklarına ayrıştırmak, zaman serisinin art arda yüksek ve alçak geçiren filtrelerden geçirilmesi ile sağlanır. Zaman serisi (x(t)), önce yarım bantlı yüksek geçiren (g(k)) filtresinden ve ardından alçak geçiren (h(k)) filtresinden geçirilir. Filtrelemeden sonra zaman serisindeki en yüksek frekans f yerine f/2 olur ve Nyquist kriterine göre zaman serisindeki örneklerin yarısı elenir. Bu işlemde kullanılan filtrelerin matematiksel ifadeleri (3.17) ve (3.18) eşitliklerinde verilmiştir.

$$g(k) = \Sigma_n x(t) g(2k - t) \tag{3.17}$$

$$h(k) = \Sigma_n x(t) h(2k - t) \tag{3.18}$$

ADD'nin önemli özelliklerinden birisi de yüksek geçiren ve alçak geçiren filtrelerin birbirinden bağımsız olmayıp aralarında aşağıdaki gibi bir ilişkinin bulunmasıdır. Bu ilişki (3.19) eşitliği ile verilmiştir. Bu eşitlikte L filtre uzunluğudur ve çift sayı olmak zorundadır.

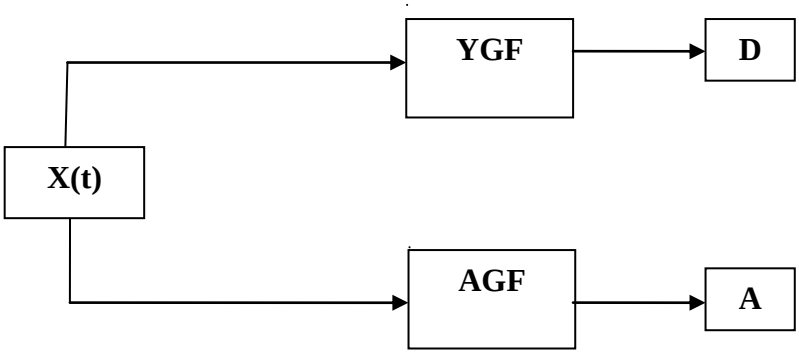
$$g(L - 1 - k) = (-1)^k . h(k) \tag{3.19}$$

Zaman serilerinde alçak frekans bileşeni serinin önemli kısmını oluşturur. Bu kısım serinin ana kısmını göstermenin yanında serinin genel davranışı hakkında da bilgi

verir. Alçak ve yüksek frekans bileşenlerinin bir zaman serisine etkisi insan sesine ait zaman serisi üzerinde daha iyi anlaşılabilir. Bir insan sesinin oluşturduğu zaman serisindeki yüksek frekans bileşeni ortadan kaldırılırsa sadece sesin tonunda değişim gözlenirken alçak frekans bileşeni ortadan kaldırılırsa anlaşılması mümkün olmayan bir ses duyulur (Misiti vd., 2002).

Bir aşamalı filtreleme sayesinde ADD ile zaman serisi alçak ve yüksek frekans bileşenlerine ayrıştırılır. Bu bileşenler yaklaşım (approximations) ve detay (details) bileşenleri olarak adlandırılır. Yaklaşım bileşeni yüksek ölçek değerlerine sahip olmakla birlikte zaman serisindeki alçak frekans değerlerini temsil eder. Detay bileşenleri ise düşük ölçek değerlerine sahip zaman serisinin yüksek frekans değerlerini temsil eder. Yaklaşım bileşeni A harfi ile, detay bileşenleri D harfi ile gösterilmektedir. Bir aşamalı filtreleme Şekil 3.11'de basit bir şekilde gösterilmiştir.

Ayrıştırma işlemi Şekil 3.11'de görüldüğü üzere orijinal zaman serisinin 2 farklı filtreden geçirilmesi ile gerçekleşir. Bu filtreler Alçak Geçiren Filtre (AGF) ve Yüksek Geçiren Filtre (YGF)'dir. AGF alçak frekans değerlerine sahip yaklaşım bileşenini oluştururken, YGF yüksek frekans değerlerine sahip detay bileşenini oluşturur. Bu ayrışımı sağlayan filtreler bu işlemi gerçekleştirirken AGF ölçekleme fonksiyonu olan $\emptyset(t)$'yi (father wavelet) kullanırken, YGF ise dalgacık fonksiyonu



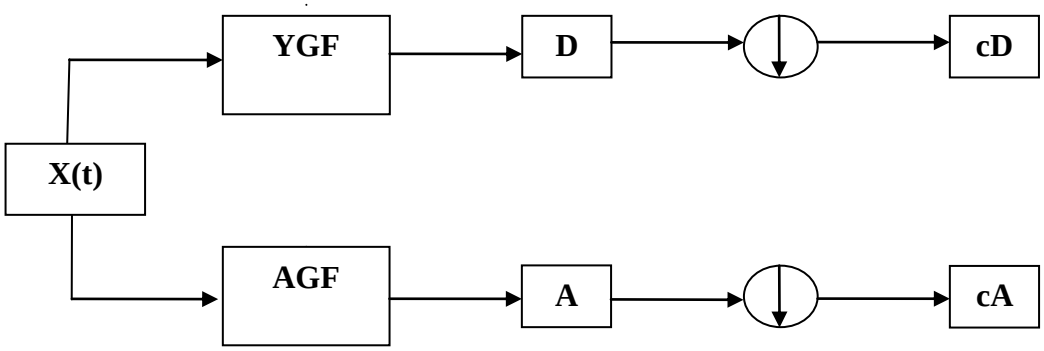
Şekil 3.11: Filtreleme ile yaklaşım ve detay bileşeni oluşumu.

olan $\Psi(t)$'yi kullanır. Bu işlem gerçek zamanlı sayısal bir veri ile gerçekleştirildiğinde başlangıçtaki durumdan daha fazla sayıda veriyle işlem sonuçlanır. Örnek olarak 1000 adet bulunan bir zaman serisine bu işlem uygulanırsa her biri 1000'er adet veriden oluşan A ve D bileşenlerinin elde edilmesi ile toplamda 2000 adet veri ortaya çıkar. Orijinal zaman serisi dönüşüm sonrasında kendi veri

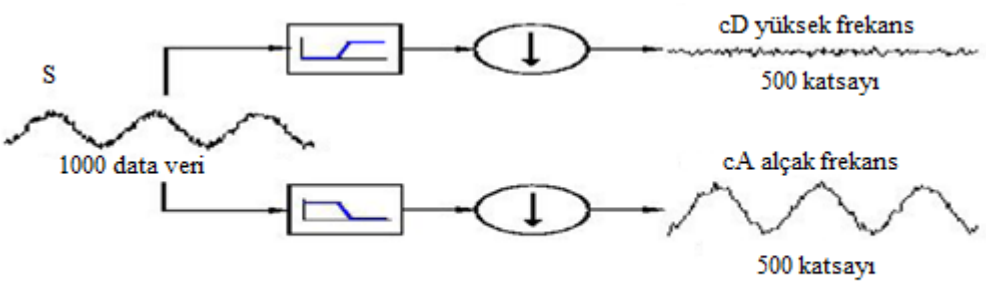
sayısının 2 katı veri ile temsil edildiğinden bu istenilmeyen bir durumdur. Bu sebepten dolayı orijinal veri adedinin korunması için aşağı örnekleme (downsampling) denilen yeni bir işleme ihtiyaç vardır.

Aşağı örnekleme esnasında, başlangıçta 1000 veriye sahip zaman serisi ile aynı sayıda veri elde edebilmek için AGF ve YGF ile filtreleme sonrasında ortaya çıkan 2000 veriden her birinde 2 noktadan sadece birinin alınması ile filtreleme işlemi sürdürülerek yine 1000 adet veri elde edilir. Bu işlem sonucunda yaklaşık olarak 500 yaklaşım katsayısı (cA) ve 500 adet detay katsayısı (cD) elde edilmiş olur. Bu işlem aşağı örnekleme (down-sampling) olarak adlandırılır. Şekil 3.12'de bir zaman serisinin aşağı örneklenmesinin de dâhil olduğu filtreleme süreci grafik ile gösterilmiştir. Şekil 3.13'te ise gerçek zamanlı bir zaman serisinin aşağı örnekleme süreci gösterilmiştir.

Aşağı örnekleme sonucu oluşan yaklaşım ve detay bileşenlerine ait katsayı adetleri veri sayısının yarısından çok küçük bir oranda daha fazla olabilir. Bunun nedeni filtrelemeden kaynaklı konvolüsyon işleminin zaman serisine ekstra veriler ekleyerek, onu yaymasıdır.



Şekil 3.12: Bir zaman serisinin aşağı örnekleme algoritması.

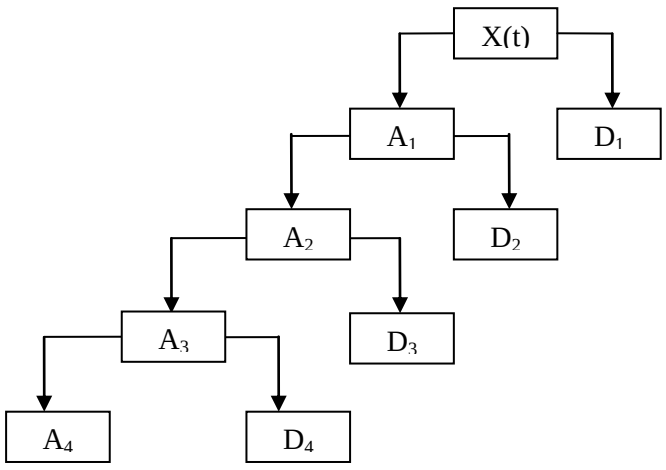


Şekil 3.13: Gerçek zamanlı serisinin aşağı örneklemesi.

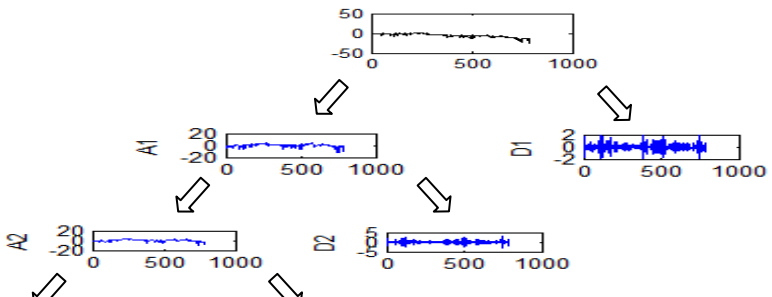
3.2.3.2 Çoklu çözünürlük analizi

Bir filtreli ayrışım işlemi ardışık bir şekilde tekrar ederek her yaklaşım bileşeni tekrar filtrelerden geçerek yeniden detay ve yaklaşım bileşenleri oluşacak şekilde devam eden yönteme Çoklu Çözünürlük Analizi (Multiresolution Analysis) denilmektedir. Daha anlaşılır bir şekilde anlatmak gerekirse, zaman serisi bir kez ayrıştırmaya uğrarsa 1 yaklaşım ve 1 detay bileşeni elde edilir. Devamında elde edilen yaklaşım bileşeni tekrar ayrıştırmaya uğrarsa yine 1 yaklaşım ve 1 detay bileşeni elde edilir. Şekil 3.14'te 4 seviye ayrıştırma işlemi gösterilmiştir. Gerçek zamanlı bir zaman serisine aynı işlemin uygulanması Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

Şekil 3.15 detaylı olarak anlatılacak olursa en son yaklaşım bileşeni cA_4 başlangıçtaki zaman serisinin genel özelliklerini daha sade bir şekilde göstermektedir. Detay bileşenleri ise zaman serisi içindeki ani değişimleri yani yüksek frekanslı bölümlere ait bilgileri verir.



Şekil 3.14: ÇÇA ile 4. seviye yaklaşım ve detay bileşenleri.



Şekil 3.15: Gerçek zamanlı bir serinin 4. seviye ayrıştırılması.

Çözünürlükten kasıt yarım bantlı alçak geçiren filtre zaman serisindeki en yüksek frekansın yarısından büyük olan tüm frekansları yok ederken, yarım bantlı yüksek geçiren filtrenin zaman serisindeki en yüksek frekansın yarısından küçük tüm frekansları yok etmesidir. Örneğin; en yüksek frekansı 1000 Hz olan bir zaman serisi düşünelim. 1.seviye ayrıştırma sonucu yarım bantlı alçak geçiren filtre 500 Hz'nin üzerindeki tüm frekanslar, yarım bantlı yüksek geçiren filtre ile 500 Hz'nin altındaki tüm frekanslar yok edilir. 2.seviye ayrıştırma 1.seviyede elde edilen yaklaşım bileşenine uygulanır. Yukarıda bahsedildiği üzere 1.seviyede elde edilen yaklaşım bileşeni 500 Hz'nin altındaki frekansları içerir. 2.seviye ayrıştırma sonucunda ise yarım bantlı alçak geçiren filtre 250 Hz'nin üzerindeki tüm frekanslar, yarım bantlı yüksek geçiren filtre ile 250 Hz'nin altındaki tüm frekanslar yok edilir. Bunun sonucunda 2.seviye yaklaşım ve detay bileşenleri elde edilir. Sonuç olarak, zaman serisinin bu işlemlerin ardışık tekrarı ile birçok alt frekans bandında çözünürlük analizi gerçekleştirilmiş olur. Yaklaşım bileşeni, zaman serisinin yüksek ölçekli veya düşük frekanslı kısmını, detay bileşenleri ise düşük ölçekli ve yüksek frekanslı kısmını temsil eder.

ÇÇA'da bir zaman serisi bir yaklaşım bileşeni (ayrıştırmanın son seviyesinde elde edilen yaklaşım bileşeni) ve kaç seviye ayrıştırma yapılmışsa o kadar detay bileşeninden oluşur. Bu sebepten ötürü ayrıştırmanın kaç seviye olması gerektiği konusu önemlidir.

ÇÇA'da gerçekleştirilen işlem zaman serisini sürekli en yüksek frekans değerinden ikiye bölerek yaklaşım ve detay bileşenlerini oluşturmak olduğundan ve ayrıştırma seviyesinden sonra çıkan yaklaşım bileşenine aynı işlem uygulandığından teorik olarak bu işlem sonsuza kadar devam ettirilebilir. ADD ayrık verilere uygulandığından ayrıştırma işlemi son ayrıştırma seviyesinde 1 yaklaşım ve 1 detay katsayısı kalıncaya kadar uygulanabilir. Pratikte, bu seçim, analiz yapan kişinin

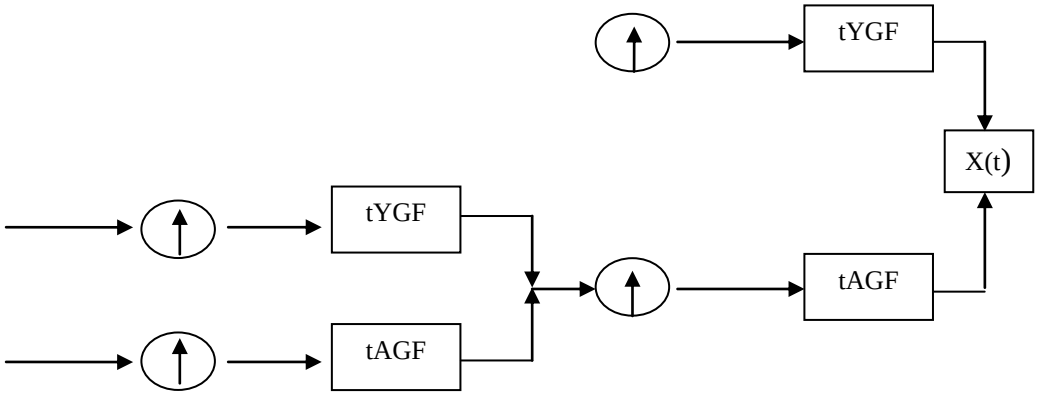
kararına kalmıştır. Ayrıştırma seviyesini etkileyen faktörler, zaman serisinin özellikleri ve analizin amacı önemlidir. Kaç seviye ayrıştırma yapılacağı N veri adedi ve L ayrıştırma seviyesini göstermek üzere (3.20) eşitliği ile verilmiştir.

$$2^L = N \tag{3.20}$$

L maksimum ayrıştırma yapılabilecek seviyeyi göstermektedir. Analist isterse L değerini maksimum değerden daha küçük alabilir.

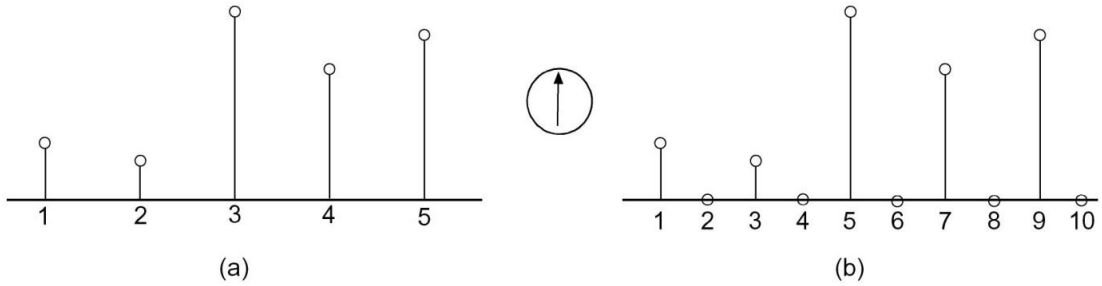
3.2.3.3 Zaman serisinin sentezlenmesi

Ayrıştırma işlemi sonucu elde edilen yaklaşım ve detay bileşenleri kullanılarak orijinal zaman serisi herhangi bir kayıp olmadan tekrar elde edilebilir. Bu işleme sentezleme denilmektedir. Aynı ayrıştırma seviyesinde elde edilen yaklaşım ve detay bileşeni sentezlenerek filtreden geçirildikten sonra toplanırsa bir üst seviyedeki yaklaşım bileşeni elde edilir. Bu işlem ardışık olarak tekrarlanırsa orijinal zaman serisi x(t) yeniden oluşturulabilir. Sonuç olarak, ayrık dalgacık dönüşümü uygulanan zaman serisi dalgacık katsayılarından tekrar elde edilebilir.



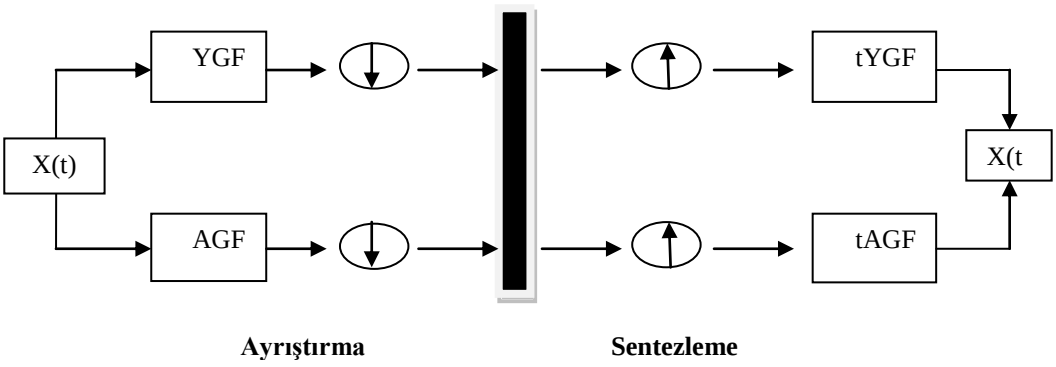
Şekil 3.16: Ters dönüşüm ile orijinal zaman serisinin elde edilmesi.

ADD ile yapılan ÇÇA'da ayrıştırma işlemi filtrelemenin ardından aşağı örnekleme ile yapılırken, zaman serisinin sentezlenmesi yapılırken gerçekleştirilen ters dönüşüm işleminde yukarı örnekleme (upsampling) ardından filtreleme yapılır. Şekil 3.17 gerçekleştirilen ters dönüşüm işlemini, Şekil 3.18 ise bir zaman serisinin yukarı örneklemesinde gerçekleşen süreci göstermektedir.



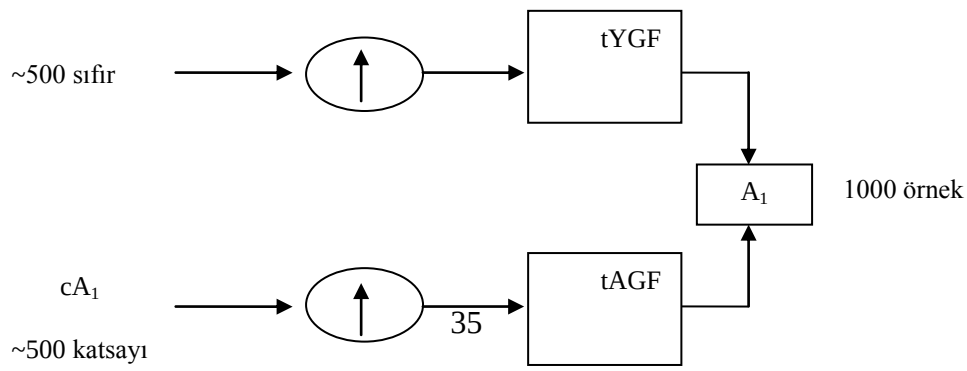
Şekil 3.17: (a) Zaman serisi (b) Zaman serisinin yukarı örneklemesi.

Karesel Ayna olarak bilinen ters dönüşüm filtrelemesi Şekil 3.18'de gösterilmiştir. AGF ve YGF olarak bilinen dönüşüm filtreleri önceki bölümlerde geniş olarak anlatılmıştı. tAGF ve tYGF ters dönüşüm filtrelerini belirtmektedir.



Şekil 3.18: Karesel ayna (Misiti ve diğ., 1996).

Yaklaşım ve detay bileşenleri kendi içlerinde katsayı vektörleriyle oluşturulabilir. 1.seviye yaklaşım bileşenine ait zaman serisi (A_1) oluşturulmak istenildiğinde cD_1 yerine sıfırlardan oluşan bir vektör kullanılır. Şekil 3.19 bahsedilen işlemi göstermektedir. Bu işlem ile elde edilen A_1 zaman serisi orijinal zaman serisi ile aynı uzunlukta ve orijinal zaman serisine gerçek bir yaklaşımı temsil eder. Aynı işlem adımı detay bileşenine ait zaman serisinin (D_1) oluşturulmasında da kullanılabilir. Şekil 3.20 detay serisinin yeniden elde edilmesini göstermektedir.

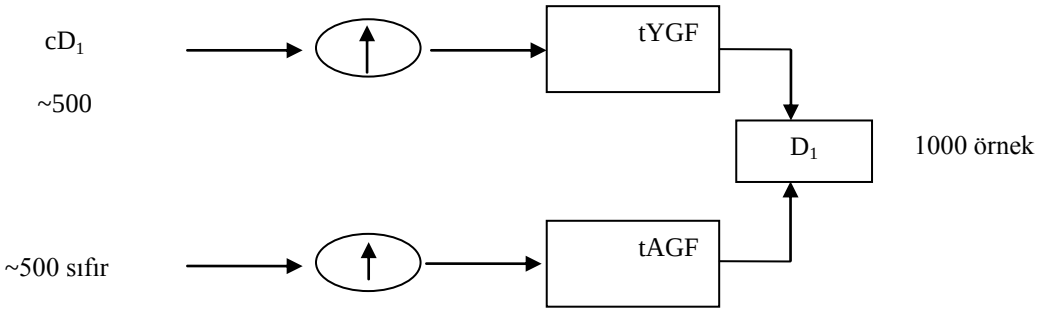


Şekil 3.19: Tek seviye yaklaşım bileşeninin sentezlenmesi.

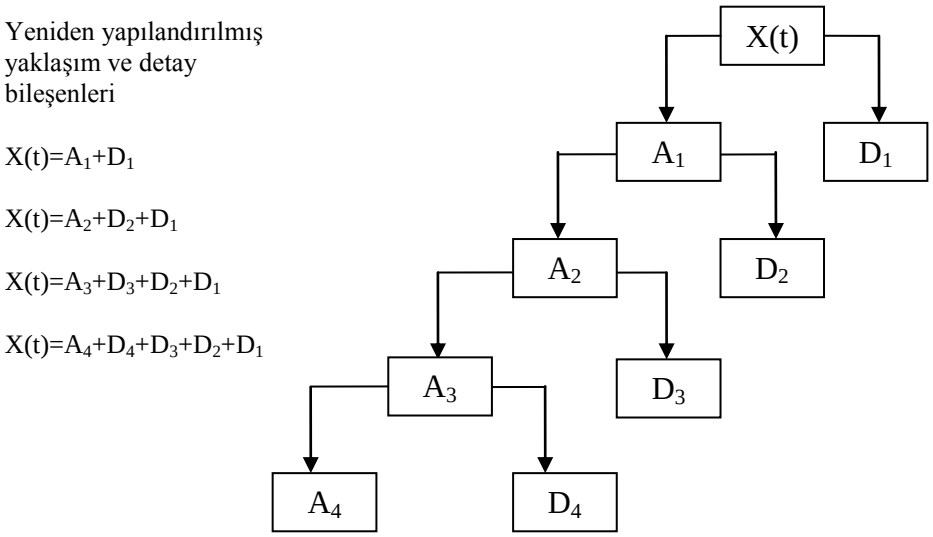
Ters dönüşüm ile yeniden yapılandırılmış zaman serisi detay ve yaklaşım bileşenlerinin toplamından elde edilir. Bu işlem (3.21) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$x(t) = D_1 + A_1 \tag{3.21}$$

Ters dönüşüm tekniğinin çok seviyeli analize uygulanması düşünüldüğünde orijinal zaman serisini elde etmede birçok alternatif ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.21'de bu alternatifler gösterilmiştir.



Şekil 3.20: Tek seviye detay bileşeninin sentezlenmesi.



Şekil 3.21: Zaman serisinin yeniden yapılandırılması.

3.2.4 Dalgacık ayrışımlarında enerji dağılımları

Bir zaman serisinin toplam enerjisi matematiksel olarak (3.22) eşitliği ile gösterilmektedir (Angrisani vd., 1998; Lyons 1999).

$$\sum_{n=1}^{N}|x(n)|^2 = \sum_{n=1}^{N}|a_j(n)|^2 + \sum_{j=1}^{l}\sum_{n=1}^{N}|d_j(n)|^2 \qquad (3.22)$$

Eşitlikte bulunan N veri sayısı, *l* ayrıştırma seviyesinin toplam sayısıdır. Bu denklem bir zaman serisinin toplam enerjisinin, *j*. seviyedeki alçak frekans bileşeni ile 1'den *j*'ye kadar tüm yüksek frekans bileşenlerinin enerjilerinin toplamına eşit olduğunu göstermektedir.

3.2.4.1 Parseval teoremi

ADD sonucu elde edilen yaklaşım ve detay katsayıları kullanılarak Parseval Teoremi ile farklı seviyelerin enerjileri belirlenebilmektedir. Farklı seviyelerin enerjilerinin belirlenmesi, seviyelerin karşılaştırılmasına imkân tanımaktadır. (3.23) eşitliği detay bileşenlerinin enerjilerinin hesaplanmasında, (3.24) eşitliği ise yaklaşım bileşenlerinin enerjilerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

$$ED_i = \sum_{j=1}^{N}|D_{ij}|^2 \qquad (3.23)$$

$$EA_k = \sum_{j=1}^{N}|A_{kj}|^2 \qquad (3.24)$$

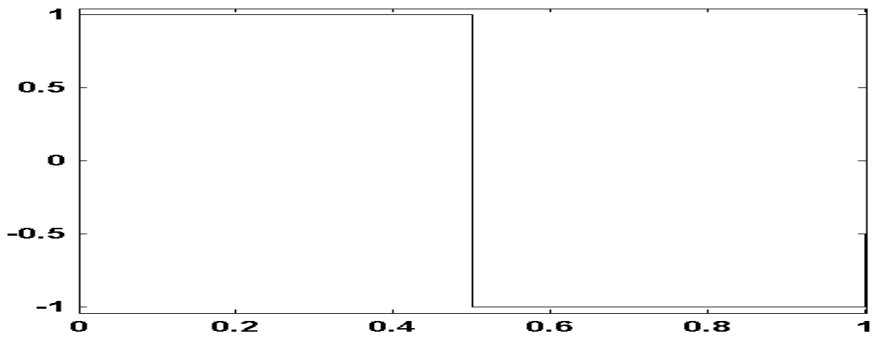
Denklemlerde kullanılan *i*=1,2,…,k olmak üzere ayrıştırma seviyelerini temsil etmektedir. Bu seviyelerin 1'den *k*' ya kadar olan kısmı detay katsayılarına ait seviyeleri gösterirken, yaklaşım sadece son seviye olan *k* seviyesinde bulunur. N değeri her seviyede detay veya yaklaşım bileşenlerinin katsayılarının sayısını göstermektedir. ED_i ifadesi *i.* Seviyedeki detay bileşeninin enerjisini göstermektedir. EA_k ise *k.*seviyedeki yaklaşım bileşeninin enerjisini göstermektedir.

3.2.5 Dalgacık fonksiyonları ve özellikleri

Dalgacık fonksiyonları ortogonallik veya biortogonallik, simetri özelliğinin varlığı, Sürekli Dalgacık Dönüşümü veya Ayrık Dalgacık Dönüşümüne uygunluk gibi özelliklere göre sınıflandırılırlar.

3.2.5.1 Haar dalgacık fonksiyonu

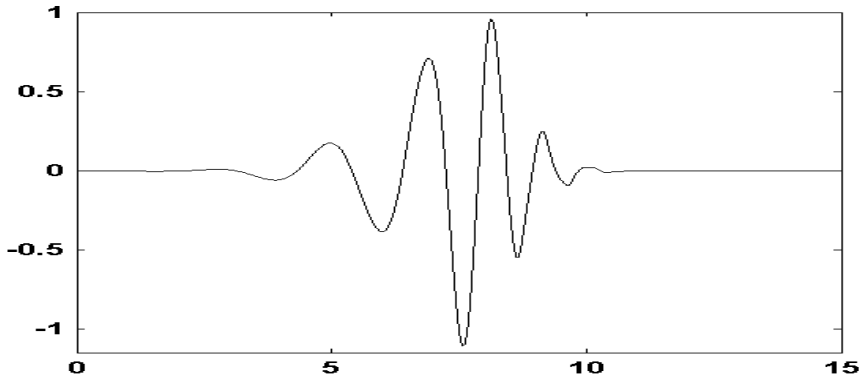
Haar dalgacık fonksiyonu ortogonal, biortogonal ve simetri özelliklerini taşır. Ayrıca Haar dalgacık fonksiyonu ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.22: Haar dalgacığı.

3.2.5.2 Daubechies dalgacık fonksiyonları

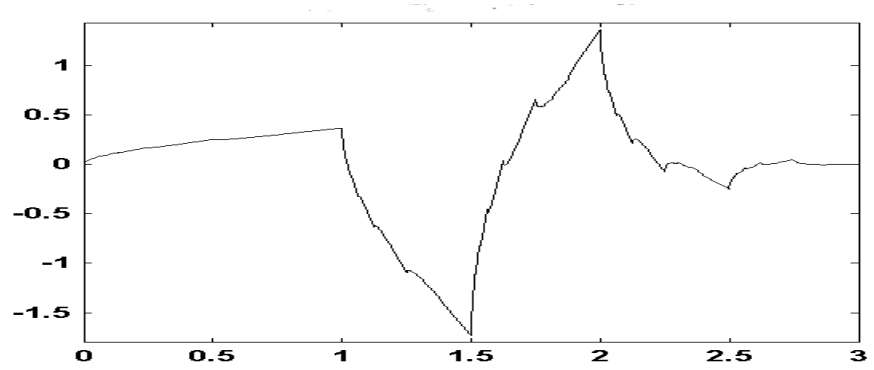
Daubechies dalgacık fonksiyonları ortogonal ve biortoganal özelliğindedir. Ayrıca Daubechies dalgacık fonksiyonları ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.23: Daubechies8 dalgacığı.

3.2.5.3 Symlets dalgacık fonksiyonları

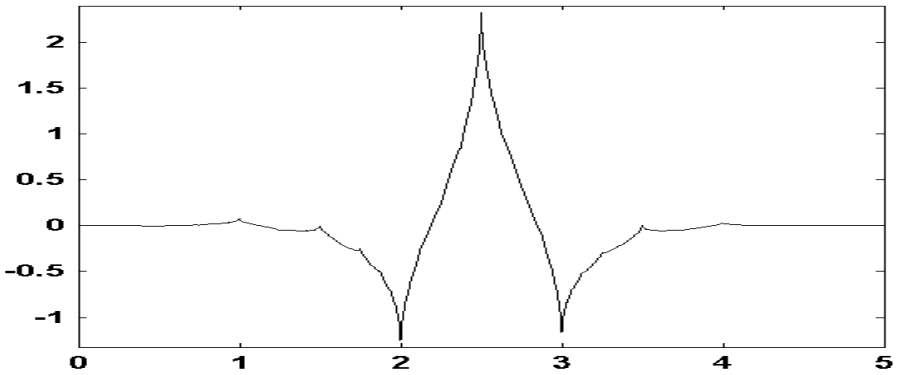
Symlets dalgacık fonksiyonları ortogonal ve biortogonal özelliğindedir. Bu dalgacık fonksiyonları ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.24: Symlets2 dalgacığı.

3.2.5.4 Coiflets dalgacık fonksiyonları

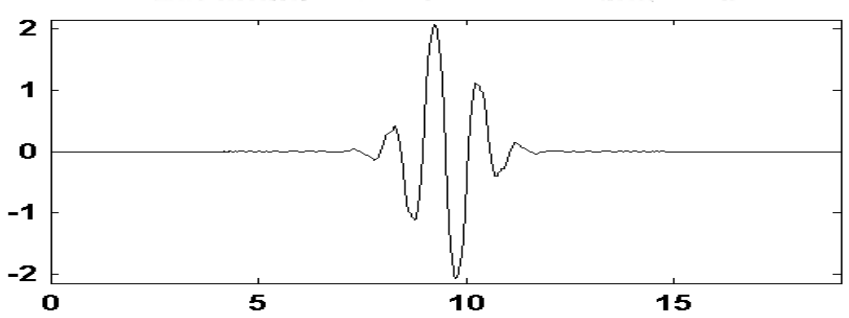
Coiflets dalgacık fonksiyonları ortogonal ve biortogonal özelliğindedir. Ayrıca bu dalgacık fonksiyonları ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.25: Coiflet1 dalgacığı.

3.2.5.5 Biortogonal dalgacık fonksiyonları

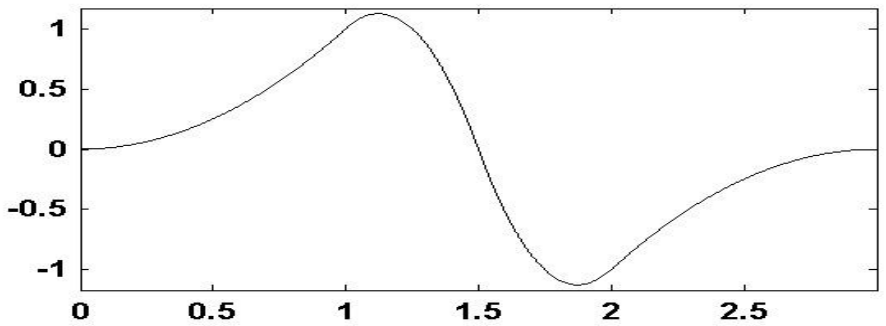
Biortogonal dalgacık fonksiyonları biortogonal ve simetri özelliğindedir. Ayrıca bu dalgacık fonksiyonları ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.26: Biortogonal3.9 dalgacığı.

3.2.5.6 Reverse biortogonal dalgacık fonksiyonları

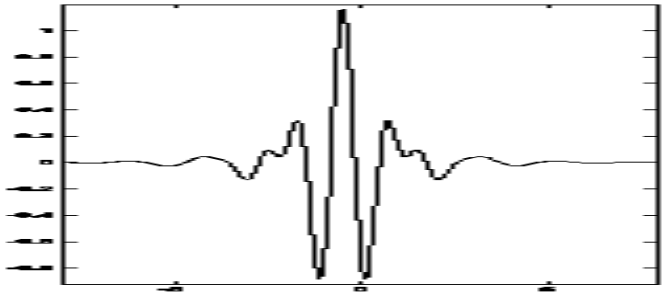
Reverse Biortogonal dalgacık fonksiyonları biortogonal ve simetri özelliklerine sahiptirler. Bu dalgacık fonksiyonları ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.27: Reverse Biortogonal3.1 dalgacığı.

3.2.5.7 Meyer dalgacık fonksiyonu

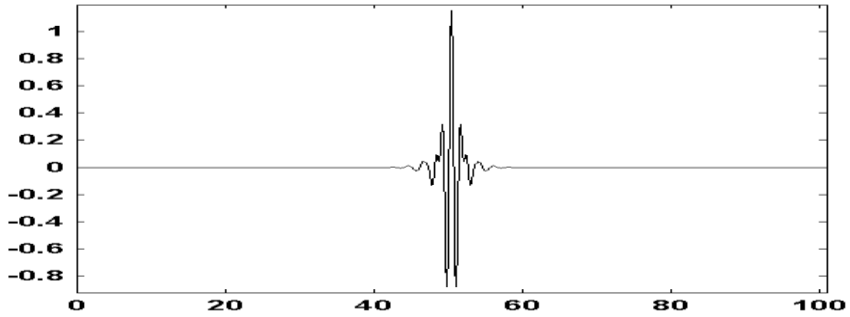
Meyer dalgacık fonksiyonu ortogonal, biortogonal ve simetri özelliklerine sahiptir. Bu dalgacık fonksiyonu ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.28: Meyer dalgacığı.

3.2.5.8 Ayrık Meyer dalgacık fonksiyonu

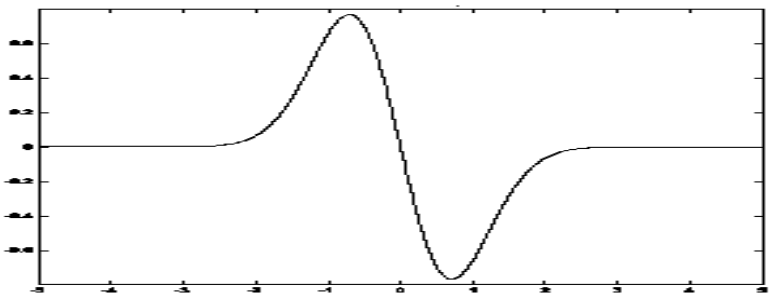
Ayrık Meyer dalgacık fonksiyonu ortogonal ve biortoganal özelliklerine sahiptir. Bu dalgacık fonksiyonu ile ADD ve SDD uygulanabilir.



Şekil 3.29: Ayrık Meyer dalgacığı.

3.2.5.9 Gauss dalgacık fonksiyonu

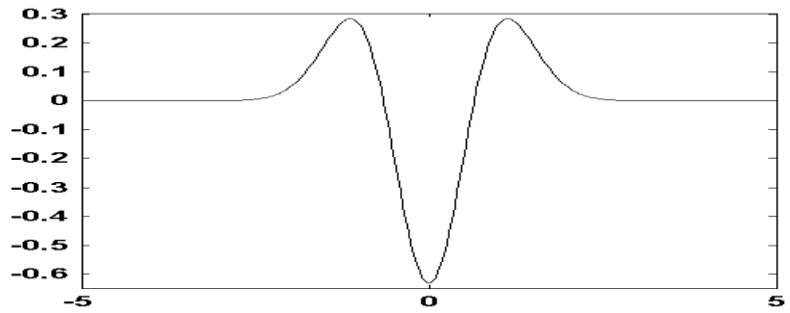
Gauss dalgacık fonksiyonları simetri özelliğindedir ve bu dalgacıklar ile SDD uygulanabilir.



Şekil 3.30: Gauss1 dalgacığı.

3.2.5.10 Kompleks Gauss dalgacık fonksiyonu

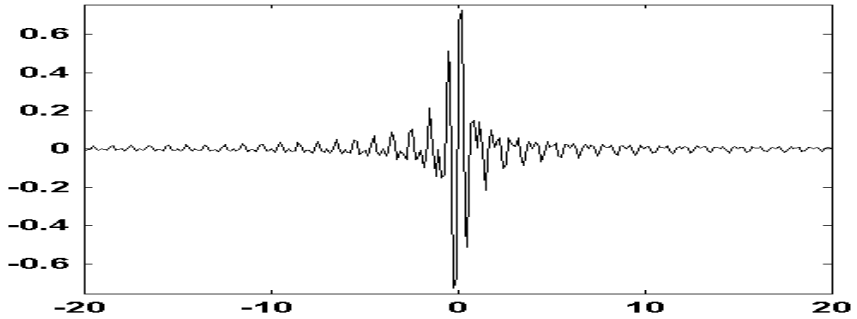
Kompleks dalgacık fonksiyonları simetri özelliğindedir ve bu dalgacık fonksiyonları ile SDD uygulanabilir.



Şekil 3.31: Kompleks Gauss dalgacığı.

3.2.5.11 Kompleks Shannon dalgacık fonksiyonu

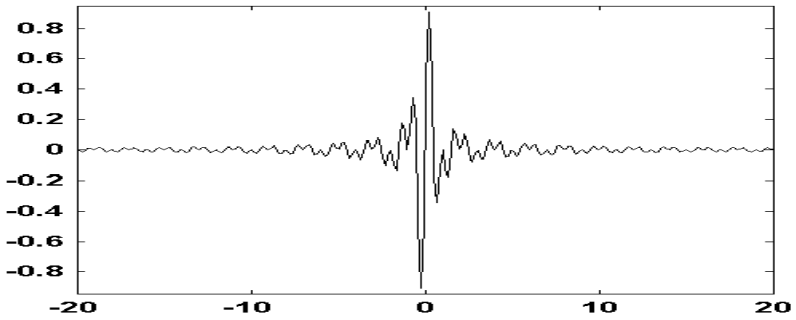
Kompleks Shannon dalgacık fonksiyonu ile SDD uygulanabilir.



Şekil 3.32: Shannon1-1.5 dalgacığı.

3.2.5.12 Kompleks Frekans B-Spline dalgacık fonksiyonu

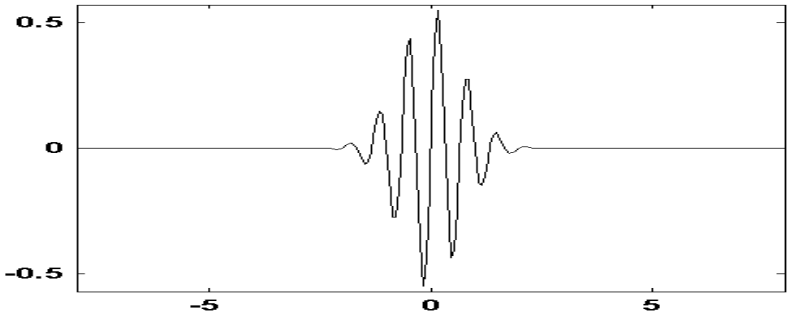
Kompleks Frekans B-Spline dalgacık fonksiyonu ile SDD uygulanabilir.



Şekil 3.33: Kompleks Frekans B-Spline1-1-1 dalgacığı.

3.2.5.13 Kompleks Morlet dalgacık fonksiyonu

Kompleks Morlet dalgacık fonksiyonu ile SDD uygulanabilir.



Şekil 3.34: Kompleks Morlet 1-1.5 dalgacığı.

Çizelge 3.1'de dalgacık fonksiyonlarının özellikleri verilmektedir.

Çizelge 3.1: Dalgacık fonksiyonlarının özellikleri (Matlab, 2015).

Dalgacık	**Kısa İsmi**	**Ortogonal**	**Biortogonal**	**ADD**	**SDD**	**Simetri**
Haar	haar	evet	evet	evet	evet	evet
Daubechies	dbN	evet	evet	evet	evet	-
Symlets	symN	evet	evet	evet	evet	-
Coiflets	coifN	evet	evet	evet	evet	-
Biorthogonal	biorNr.Nd	hayır	evet	evet	evet	evet
Reverse Biorthonal		hayır	evet	evet	evet	evet
Meyer	meyr	evet	evet	evet	evet	evet
Discrete Meyer	dmey	evet	evet	evet	evet	-
Gaussian	gaus	hayır	hayır	hayır	evet	evet
Mexican Hat	mexh	hayır	hayır	hayır	evet	evet
Morlet	morl	hayır	hayır	hayır	evet	evet
Complex Gaussian	cgauN	hayır	hayır	hayır	evet	evet
Complex Shannon	shanFb.Fc	hayır	hayır	hayır	evet	-
Complex Frequency B-Spline	fbspM.Fb.Fc	hayır	hayır	hayır	evet	-
Complex Morlet	cmorFb.Fc	hayır	hayır	hayır	evet	-

Çizelge 3.2'de bazı dalgacık fonksiyonlarının analitik formülleri verilmiştir.

Çizelge 3.2: Dalgacık fonksiyonlarının analitik formülleri (Arı, 2008).

No	Tanım	Analatik İfadeler
1	Quadratic Polynom-Spline	$S(t) = 2(t^2+1) \quad -1 < t < -1/2$ $-6t^2 - 4t, \quad -1/2 <= t < 0$ $6t^2 - 4t, \quad 0 <= t < 1/2$ $-2(t-1)^2, \quad 1/2 <= t < 1$
2	Gabor Wavelet	$G_k(t) = exp\,(-t^2/2\sigma^2)exp\,(jkt)$
3	2-D Gabor Wavelet	$w_k(t) = exp\,(-t^2k^2/2\sigma^2)exp\,(jkt)$
4	Chirps Wavelet	$C_k(t) = exp\,(-t^2/2\sigma^2)exp\,(jkt + rt^2/2)$ rt^2: Frekans Faktörü, $jkt \gg rt^2/2$
5	Mexican Hat	$M(t) = (2/\sqrt{3})\pi^{-1/4}(1-t^2)exp\,(-t^2/2)$ $M(t) = \left(1/\sqrt{2}\pi\right)(1/\sigma^3)((t^2/\sigma^2 - 1)exp(-t^2/\sigma^2))$
6	Morlet Wavelet	$\psi(t) = exp\,(-t^2/2\sigma)exp\,(jat)$ a: Modülasyon ve σ: Ölçekleme parametresi
7	Grossman-Morlet	$gm(t) = (1/\sqrt{s})\psi[t-\tau/s], a > 0$ s: Ölçekleme faktörü, τ: Merkez nokta

8	Daubechies	$d(t) = 2^{j/2}\psi(2^j t - k)$ 2^j : Ölçekleme, k : Merkez nokta
9	Gabor-Malvar	$GM(t) = w(1-t)cos\,[\pi(k+1/2)(t-1)]$

4. SABİT GNSS İSTASYONLARI

Türkiye'de uzay jeodezisi faaliyetleri oldukça eskiye dayanmaktadır. Doğu Akdeniz'de plaka hareketleri ve kabuk deformasyonlarını ölçmeyi amaçlayan WEGENER MEDLAS Projesi kapsamında Yığılca (BOLU), Diyarbakır, Melengiçlik (KARAMAN), Demirköy (KIRKLARELİ), ve Yozgat'ta uluslararası projeler çerçevesinde tesis edilen SLR (uydulara lazerle mesafe ölçme) noktalarında, 1987 yılında ilk uydu lazer ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Aynı yıl içerisinde Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği-GPS (TUJJB-GPS) Programı hazırlanarak, takip eden yıllarda farklı ülkelerden (ABD, Almanya, İsviçre, İngiltere) yabancı kuruluşlarla imzalanan protokoller çerçevesinde, 300'den fazla GNSS noktasında jeodezik ve jeodinamik amaçlı tekrarlı GNSS kampanyaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Ankara'da Sabit GNSS istasyonu, beşinci SLR noktası olarak HGK tarafından 1991 yılında tesis edilmiştir.

Türkiye'nin dünyanın önemli fay hatlarının düğümlendiği ve yerkabuğu hareketleri bakımından son derece aktif bir bölgede yer alması nedeniyle, jeodezik ağlarda zaman içerisinde önemli deformasyonlar uluşmaktadır. Bu deformasyonların belirlenebilmesi için yüksek duyarlıklı modern ölçme ve hesaplama tekniklerine gereksinim doğmaktadır. Ayrıca, hızlı nüfus artışı ve kalkınmaya yönelik alt yapı hizmetlerine de gereksinim artmış, bu da özellikle ülke kadastrosunun sayısal formda, doğru ve en kısa zamanda tamamlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Günümüzde, özellikle uzay teknikleri, sayısal teknikler ve bilgisayarlardaki baş döndürücü gelişmeler coğrafi bilgi ve belge üretimine de yansımış, kalkınma amaçlı olarak bu güne kadar kullanılan coğrafi bilgi ve belgelerin üretim yöntemleri ile bunlardan beklenen doğruluklar da değişmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temelini oluşturan geometrik ve öznitelik bilgilerinin söz konusu modern teknikler kullanılarak yüksek duyarlıklı ve güvenilir olarak belirlenmesi ve bu bilgilerin Ülke Temel Jeodezik Ağlarına dayalı olarak elde edilmesi gerekmektedir. Bunun için ülke yüzeyini yeterli sıklıkta kaplayan, üç boyutlu koordinatları istenen doğrulukta belirlenmiş noktalardan oluşan ve uydu tekniklerine dayalı bir temel jeodezik ağa gereksinim bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen amaçları gerçekleştirebilmek için

Harita Genel Komutanlığı ile Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) arasında "Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) Projesi" nin birlikte yürütülmesi konusunda 1996 yılında bir protokol imzalanmıştır. Söz konusu protokol gereği HGK, TUTGA projesi çalışmalarını 1997 yılında fiilen başlatmıştır. Buna göre TUTGA; ülke yüzeyini jeoidin değişimine bağlı olarak 15-70 km sıklıkta kaplayan, Uluslararası Yersel Referans sisteminde (ITRF, International Terrestial Referance Frame) birkaç cm doğruluğunda üç boyutlu koordinatları (X,Y,Z) ve bu koordinatların zamana bağlı değişimleri (hızları; Vx, Vy, Vz) ile uygun yükseklik sisteminde yüksekliği (H) ve jeoit yüksekliği (N) olmak üzere 8 elemanı bilinen 594 noktadan oluşan ağdır.

4.1 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif (TUSAGA-AKTİF, CORS-TR)

TÜBİTAK, "ülkemizin rekabet gücünü ve refahını artırmak ve sürekli kılmak için toplumun her kesimi ve ilgili kurumlarla işbirliği içinde, ulusal önceliklerimiz doğrultusunda bilim ve teknoloji politikaları geliştirmek, bunları gerçekleştirecek altyapı ve araçları oluşturmaya katkı sağlamak, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini desteklemek ve yürütmek, bilim ve teknoloji kültürü oluşturmakta öncü rol oynamak" olarak tanımladığı misyonu çerçevesinde, kamu kurumlarının araştırma çalışmaları ile çözümlenecek sorunlarını ele alan projeleri desteklemek amacıyla 10 Mart 2005 tarihli Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu kararı ile yeni bir program başlatmıştır.

Bu program kapsamında Türkiye için son derecede önemli olan bir projeyi, Yürütücü sıfatıyla İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ); Müşterek Müşteri sıfatıyla Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) birlikte TÜBİTAK'a sunmuşlardır. TÜBİTAK, bilimsel değerlendirmeler sonucunda 18 Nisan 2006 tarihinde bu ulusal nitelikli ve kısaca CORS-TR olarak adlandırılan "Ağ ilkesiyle çalışan gerçek zamanlı kinematik (RTK) prensipli sabit GNSS istasyonlarının kurulması ve hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesini destekleme kararı almıştır. Projeye ilişkin sözleşme, TÜBİTAK, İKÜ, TKGM ve projeye 3 sonradan müşterek müşteri sıfatıyla katılan HGK arasında 8 Mayıs 2006 tarihinde imzalanmıştır. CORS-TR Projesi araştırma ve geliştirme çalışmaları, ülke mühendislik altyapısı anlamında uygulamaları ile TÜBİTAK, üniversite ve aynı sektörde hizmet veren iki güzide harita kurumunun işbirliği anlamında da ülkemizdeki ilklerden birisini oluşturmuştur (Uzel T. ve Eren K. 2008).

4.1.1 Projenin amacı

Kadastro ve haritacılık çalışmaları, alt ve üst yapı hizmetlerinin ve diğer mekânsal çalışmaların yürütülmesi ve yönetimi, güncel coğrafi altlıkların kullanımını zorunlu kılmaktadır (Şekil 4.1). Bu nedenlerle CORS-TR projesinde ileri teknoloji kullanılarak arazi ve araziye yönelik coğrafi tabanlı her türlü verinin hızlı, doğru ve güvenilir olarak toplanması, ayrıca ülke genelinde plaka hareketlerinin izlenmesi ve meteorolojik tahminlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 4.1: CORS-TR konumlandırma uygulamaları**.**

Kadastro, haritacılık ve CBS / KBS çalışmalarında esas olan, coğrafi konumun (yani koordinatların), güvenilir yöntemlerle doğru, ünik ve üniform olarak belirlenmesidir. Aksi halde verilerin uyuşumsuzluğu ve entegrasyonu sorunu ile karşılaşılmaktadır. Konum belirlenmesinde GPS (Global Positioning System) teknikleri yepyeni bir çığır açmıştır. GPS teknolojisi, ülkemize 1990'lı yıllarda girdiği halde uygulayıcılar hala hiç de ekonomik olmayan yerel referans istasyonları gerektiren eski yöntem ve teknikleri kullanmaktadır. CORS-TR projesi, böylesine verimsiz kullanılan sistemleri, tüm ülkeye daha hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak hizmet veren yeni ve modern bir sistemle değiştirmeyi amaçlamıştır. Bu proje, ayrıca, daha önce kullanılan ulusal ED50 datumundan halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna dönüşüm parametrelerini belirleyerek ED50 datumundaki verilerin ITRFyy datuma aktarılmasına da hizmet etmiştir.

Söz konusu ulusal CORS-TR projesinin amaçları genel olarak aşağıdaki başlıklar altında ifade edilebilir:

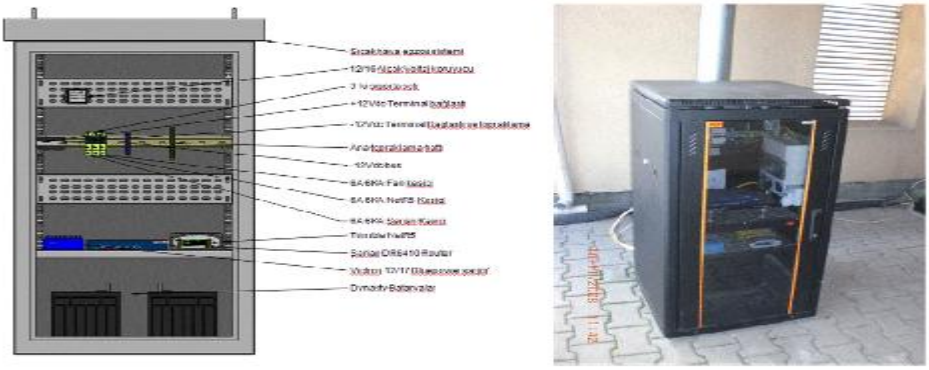
1. Tüm ülke genelinde coğrafi konumları, 24 saat süreyle dakikalarda hatta saniyelerde hem gerçek zamanda (RTK) hem de sonradan hesapla cm'ler duyarlığında hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak belirlemek. Böylece :
   a. Başta ülke savunması ve kalkınması amacına yönelik olmak üzere coğrafi belge ve bilgilerin üretilmesi için gerekli olan konum verilerini CORS-TR yöntemleriyle elde etmek,
   b. TKGM ve HGK başta olmak üzere harita ve harita bilgisi üreten kurumların jeodezik nokta tesisi, yersel harita ve kadastro ölçmeleri, CBS/KBS amaçlı diğer yersel ölçmelerini bu sistemde gerçekleştirmek.
2. Hava, deniz ve karada metre altında duyarlıkta navigasyon sağlamak,
3. Ulusal hücresel dönüşüm parametrelerini belirlemek ve böylece TKGM ve HGK başta olmak üzere tüm harita ve harita bilgisi üreten kurumların temel datum dönüşümü sorununu çözmek, ED50 datumundaki harita ve kadastro ölçülerinin ve paftalarının halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna aktarımını sağlamak,
4. Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya olanak ve katkı sağlamak,
5. Bir deprem ülkesi olan ülkemizde tektonik (plaka) hareketlerin son derece duyarlı ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmek, deformasyon miktarlarını mm'ler duyarlığında belirlemek; böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak,
6. Ülkemizdeki AR-GE çalışmalarına ve uzay araştırmalarına katkıda bulunmak (Uzel ve Eren 2008).

4.1.2 CORS-TR projesinin sonuçları

CORS-TR Projesi 8 Aralık 2008 tarihi itibariyle bitmiş olup datum dönüşüm çalışmalarının sonuçları ile birlikte 5 Mayıs 2009 tarihinde müşteri kurumlara teslim edilmiştir. Bu tarihten itibaren CORS-TR, müşterek müşteriler olan Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü işletimi ve hizmet vermeyi üstlenmişlerdir. Bölge şartlarına ve konuma uygun yapılan istasyonlar ve kabinler yapılmıştır. Projenin yürütücülüğünü yapmış olan İstanbul Kültür Üniversitesi'nde de kontrol merkezi ve istasyon da bulunmaktadır (Şekil 4.2-4.3) (Uzel T. ve Eren K. 2010a).



Şekil 4.2: ISTN-TR (İKÜ) istasyonu.



Şekil 4.3: ISTN-TR (İKÜ) istasyon kabini.

CORS-TR projesinin ülkemize sağladığı katkıları Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı, Ulusal Datum dönüşümü ve Ekonomik faydalar olmak üzere üç başlık altında toplayabiliriz.

4.1.2.1 Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR)

CORS-TR Projesi ile ülke genelinde 24 saat hizmet veren, format ve standart birliği sağlayan modern bir sistem ülkemize kazandırılmış bulunmaktadır. Şekil 4.4'te 147 sabit istasyondan oluşan CORS-TR istasyonları gösterilmiştir. Sistem haritacılıkta klasik yöntemlere göre çok daha avantajlı olacak ve tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturacaktır.

GNSS gözlem bilgileri, ADSL veya EDGE aracılığı ile her saniye NetR5 CORS referans istasyonlarından kontrol merkezine aktarılmaktadır. Kontrol merkezinde hatalar modellenmekte ve her saniye düzeltmeler hesaplanmaktadır. Ayrıca post processing amacıyla tüm GNSS gözlemleri 1 saniye, 15 saniye veya 30 saniye aralıklarda ftp kullanımına açılmıştır.

Dolayısıyla sistem iki yöntemle hizmet vermektedir:

- Gerçek zamanda koordinat belirleme ve

- Post-processing ile koordinat belirleme.

Ülke genelinde kullanıcılar karada, havada ve denizde;

a) GPS veya GNSS alıcıları ile kontrol merkezine bağlanarak RTK yöntemiyle dakikalarda, hatta saniyelerde, cm-mertebesinde koordinatlarını belirleyebilmektedirler;
b) Navigasyon alıcıları ile kontrol merkezi RTCM yayınları sayesinde RDGPS yöntemiyle gerçek zamanda dm'ler mertebesinde koordinatlarını belirleyebilmektedirler.

Böylece sistem ülke genelinde:

Tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturacaktır (jeodezik nokta ölçüleri, topoğrafik ölçüler; kadastro ölçüleri, mühendislik ölçmeleri, demiryolları, karayolları vd altyapı mühendisliğinde planlama, projelendirme ve uygulama projeleri; planlama ve imar ölçüleri; hidrografik ölçüler; çevre, e-devlet, e-belediye, e-ticaret uygulamaları kapsamında yersel ölçüler, planlamalar, projendirmeler ve uygulamalar, vd),



Şekil 4.4: CORS-TR istasyonlarının konumları (80-100 km mesafelerde).

- Binlerce GPS / GNSS alıcısının kendi referans istasyonuna gereksinim olmaksızın gözlem yapabilmesine olanak vermektedir.
- Jeodezik kontrol noktalarında yer tesisi yapma zorunluluğunu büyük ölçüde kaldırmıştır.

Buradaki uygulamadan TKGM ve HGK başta olmak üzere kamu kurumları, tüm belediyeler, binlerce harita firması, altyapı ve mühendislik firmaları vd. yararlanmaktadır. Sistemin diğer kullanıcılarından bazıları şunlardır:

- Milli Savunma Bakanlığı
- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı,
- Tarım, Orman ve Çevre Bakanlığı,
- İçişleri Bakanlığı,
- Kültür ve Turizm Bakanlığı,
- Ulaştırma Bakanlığı,
- Enerji Bakanlığı,
- İller Bankası,
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü (deformasyon / deplasman belirlemesi),
- Deniz Müsteşarlığı,
- TCK,
- TCDDY,
- DSİ,
- TEDAŞ,
- GAP İdaresi,
- Askeri Kuruluşlar.

Belediyeler sistemin önemli kullanıcılarından birisidir. Bu kuruluşlar hali hazır harita yapımında, imar planı yapım ve uygulamalarında, altyapı ve diğer mühendislik çalışmalarında, kamulaştırmada, ulaşımda vd. birçok uygulamada sistemi daha etkin olarak kullanacaktır. Sistemin en önemli kullanıcıları, doğal olarak projenin ortak müşterileri olan TKGM ve HGK'dır.

CORS-TR sayesinde ülke genelinde elde edilecek çok duyarlı koordinatlar, bilimsel çalışmalar ve araştırmalar için en önemli verilerden birisini oluşturmaktadır. Böylesine hassas verilerin kullanılabileceği bazı alanlar şunlardır:

- Deprem mühendisliği, jeofizik ve sismoloji çalışmaları,
- Depremlerin önceden bilinmesi ve erken uyarı çalışmaları,
- Deformasyon ve plaka hareketlerinin izlenmesi,
- Meteorolojik çalışmalar (troposfer ve iyonosferin modellenmesi; daha hassas meteorolojik tahminler, vb).

4.1.2.2 Ulusal datum dönüşümü

Yıllardır çözüm bekleyen ulusal datum dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi, bu proje ile çözüme kavuşmuştur. Geçmişte ulusal nitelikteki haritalar ve harita bilgileri ED50 datumunda üretilmiştir. Ülkemizde ED50 datumundan ITRFyy datumuna geçiş 2001 yılında gerçekleşmiştir. Coğrafi verilerin entegrasyonu için ED50 datumundaki 600,000 üzerindeki haritanın ve harita bilgilerinin ITRFyy datumuna aktarılması gerekmektedir. Söz konusu aktarmayı yapabilmek için dm duyarlıkta hücresel dönüşüm parametrelerine gereksinim bulunmaktadır. Zorunlu olan bu dönüşüm parametrelerini hesaplayabilmek için proje kapsamında incelemeler ve araştırmalar yapılmış ve yaklaşık 10 km aralıklarda ED50 jeodezik noktalarında ITRFyy koordinatlarının belirlenmesi kararlaştırılmıştır. Önce kurumlardan "2000 sonrası yapılan projelerde" ölçülen ED50 noktaları derlenmiş ve böylece 3468 ortak nokta bulunmuştur (Uzel ve Eren, 2008).

TUTGA-99A ve ED-50 arasındaki dönüşümü modellemek için kaba hatalardan arındırılmış koordinatları bilinen toplam 6324 noktadan dublike olan ve düzeltmeleri 1.5 m'yi geçen ölçüler hatalı olarak değerlendirilerek ayıklanmış ve verilen 4024 nokta kullanılmıştır. Datum noktasında kullanılan ortak noktalarla ilgili bilgiler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir (Uzel ve Eren, 2008).

Yukarıda bahsedilen 4024 ortak nokta kullanılarak aşağıdaki değişik matematik modellerle datum dönüşüm hesapları yapılmıştır;

- Helmert transformasyonu,
- Multiple regresyon (multiple regression),
- Kriging,
- Delaunay üçgenleri,
- Minumum eğrilik yüzeyi (Minimum curvature surface).

Çizelge 4.1: Datum dönüşümünde kullanılan ortak noktalar (Bülbül, 2011).

NO	AÇIKLAMA	SAYI
Derlenen ortak noktalar		
1	TKGM orijinal ortak nokta sayısı	3986
2	HGK orijinal ortak nokta sayısı	815
3	IBB orijinal ortak nokta sayısı	122
4	CORS-TR ölçüleri ortak nokta sayısı	1401
		6324
Editleme (duplikasyon ve kaba hata) sonrası ortak noktalar		
1	TKGM noktaları	2217
2	HGK noktaları	663
3	IBB noktaları	118
4	CORS-TR ölçüleri ortak nokta sayısı	1026
		4024

Çizelge 4.2'de datum dönüşümü sonucu elde edilen istatistikler verilmiştir. Sonuçlarda açıkça görüldüğü gibi Minumum Eğrilik Düzeyi ile Kriging yöntemleri en iyi sonucu vermektedir. Enlemde 0.18 m ve boylamda 0.20 m düzeltme ile Kriging, Minumum Eğrilik Düzeyinden de daha iyi sonuç verdiğinden CORS-TR Datum Dönüşümü için bu yöntemin kullanılmasına karar verilmiştir. Minumum Eğrilik Yüzeyi ve Kriging dönüşüm hesaplarının ülke genelinde kullanılabilmesi için kodlanmış ve TRCON Paketi geliştirilmiştir. Datum Dönüşümü ile ilgili detaylı bir rapor olan "CORS-TR Datum Dönüşüm Raporu" bir kitapçık halinde hazırlanmış; proje kapsamında TÜBİTAK ve Müşteri Kurumlara sunulmuştur (Eren ve Uzel, 2008).

Çizelge 4.2: Datum dönüşümü kullanılan teknikler-hesaplarla ilgili istatistikler (Bülbül, 2011).

	Helmert Enlem Düzeltmesi	Helmert Boylam Düzeltmesi	Multireg Enlem Düzeltmesi	Multireg Boylam Düzeltmesi	Kriging Enlem Düzeltmesi	Kriging Boylam Düzeltmesi	Min Curv Enlem Düzeltmesi	Min Curv Boylam Düzeltmesi
Min (")	-0.1187	-0.0913	-0.0568	-0.0832	-0.0358	-0.0794	-0.0513	-0.0757
Max (")	0.1155	0.1255	0.0569	0.0939	0.0460	0.0569	0.0452	0.0609
RMS (")	0.0288	0.0311	0.0124	0.0172	0.0058	0.0082	0.0061	0.0087
RMS (m)	0.89	0.75	0.30	0.41	0.18	0.20	0.15	0.27

4.1.2.3 CORS-TR'nin sağladıkları

CORS-TR, ülkemizde yeni uygulamalara öncülük etmekte ve sağladığı gerçek konum değerleriyle altlık oluşturmaktadır. Bunlardan bazıları;

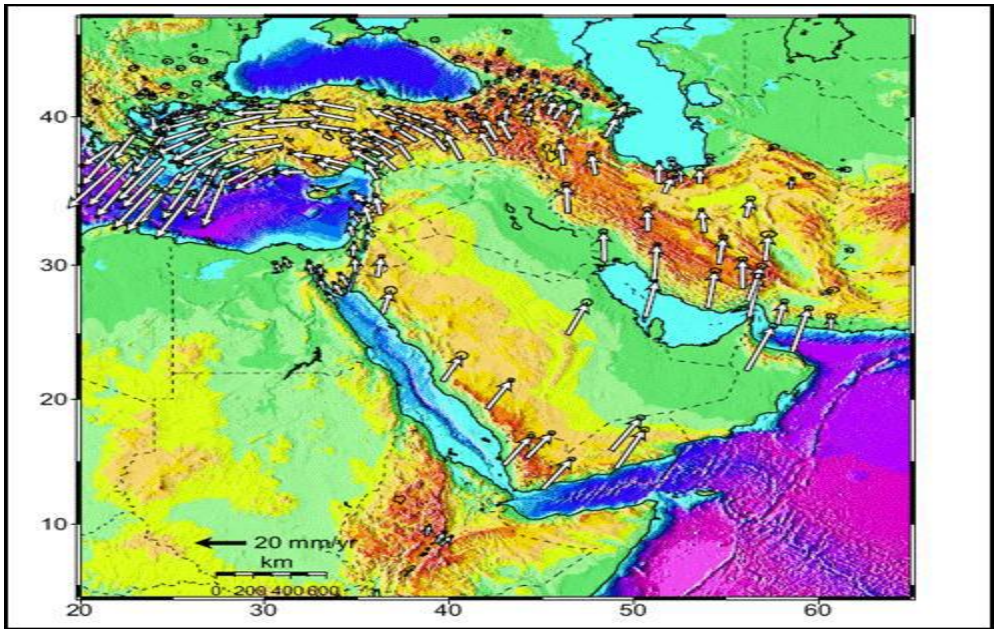
- Deprem erken uyarı sistemleri ve ARGE çalışmaları,
- Depremlerin önceden saptanması ve ARGE çalışmaları,
- Geoidin daha hassas belirlenmesi,
- İyonosfer araştırmaları,
- Troposfer araştırmaları ve hassas meteorolojik tahminler,
- Küresel afet bilgilerine gerçek veri sağlama,
- Bölgesel afetlerin belirlenmesi ve afet yönetim sistemi oluşturma (sel, yamaç kayması, deprem, çiğ düşmesi ve fırtına afet yönetim sistemleri),
- Kıyı kenar çizgilerinin belirlenmesi,
- Deniz ulaşımı, yönlendirme ve takip sistemleri,
- Kara ulaşımı, yönlendirme ve takip sistemleri,
- Hava ulaşımı, yönlendirme ve takip sistemleri,
- Kullanıcısız araç sistemleri ARGE,
- Deniz yapıları (marine structure) proje ve uygulamaları,
- Gemi yaklaşımı için teniz tabanı taraması (İskandil),
- Deniz, göl, nehir kirliliğinin belirlenmesi ve temizlenmesinde hassas konumlama,
- Büyük barajların sürekli gözetimi ve merkezi erken uyarı sistemleri tasarımı,
- Hassas tarım,
- İnsansız tarım,
- Uzaktan algılama için hassas konum belirleme,
- Fotogrametri için hassas konum belirleme,
- Arkeoloji için hassas konum belirleme,
- Mühendislik projeleri ölçüm ve uygulamaları, vd.'dir (Eren,Uzel vd., 2008).

CORS-TR Sistemi sayesinde kullanıcılar 24 saat boyunca tüm ülke genelinde gerçek zamanda santimetreler veya sonradan hesaplarla (post-processing) milimetreler mertebesinde koordinatlarını belirleyebilmektedir. Böylece koordinatlar karada, denizde ve havada; çok daha hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak hesaplanabilmekte, ulusal bir standart ve formatta üretilebilmektedir.

Aktif CORS yaklaşımı aşağıdaki avantajları sağladığından büyük öneme sahiptir:

- 40-50 km baz uzunluklarına kadar gezici alıcılarda çözüm,
- Ulusal koordinat sisteminde (ITRFyy) otomatik çözüm,
- Sistematik hataların giderilmesi;
  - Klasik yaklaşımda 1 metreye kadar çıkan hatalar,
  - CORS yaklaşımında $< 1cm + 1ppm$
- Arazi ölçü sürelerinin önemli ölçüde azalması,
- Daha uzun mesafelerde RTK ölçülerinin mümkün olması;
  - Standart RTK $< 5 - 10\ km$
  - CORS ile $< \sim 40 - 50\ km$
- RTK ölçülerinin daha güvenli olması (Bülbül, 2011).

Bilindiği gibi Türkiye bir deprem ülkesidir. Kuzey Anadolu Fay Hattı boyunca 1939 tarihinden bu güne kadar dokuzdan fazla büyük deprem olmuştur. Avrasya plakasına göre Arap plakasının kuzey yönünde ve Anadolu plakasının da batı yönünde deplasmanı söz konusudur. (Şekil 4.5) Plaka hareketleri ve deformasyonları yakın zamana kadar yerel ağlarda değişik periyotlarda yapılmaktaydı. Günümüzde CORS-TR kullanılarak Türkiye genelinde mm'ler mertebesinde plaka hareketleri izlenmektedir (Uzel ve Eren, 2008).



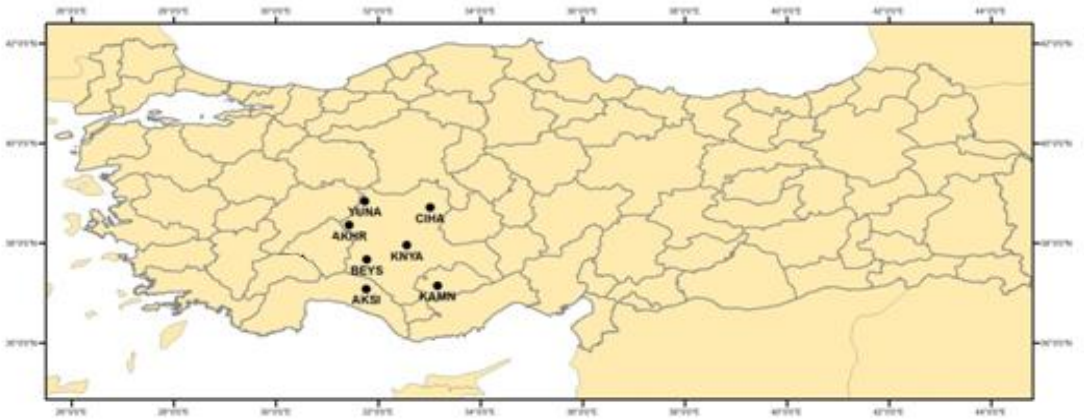
Şekil 4.5: Avrasya Levhasına Göre Hız Vektörleri (Bülbül, 2011).

5. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada; Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) istasyonlarının davranışları sinyal işleme alanında yaygın olarak kullanılan dalgacık ve fourier dönüşümleri, trend ve korelasyon fonksiyonları ile araştırılmış ve tanımlanması yapılmıştır. Bu amaçla; TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarından; AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA, AKSI ve KNYA istasyonlarının N(Kuzey), E(Doğu) ve U(Yükseklik) günlük koordinatları zaman serileri kullanılmıştır. Serilere uygulanan dönüşüm, lineer ve korelasyon fonksiyonları ile istasyonların hem zaman bölgesinde hem de frekans bölgesindeki lineer (hız), periyodik, frekans ve korelasyon değerleri hesaplanarak, istasyonların davranış biçim ve fonksiyonları tanımlanmıştır.

5.1 Çalışma Alanı ve Veri

Bu tez çalışmasında 6'sı (AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA ve KNYA) Konya Kapalı Havzası'nda, 1 tanesi (AKSI) Akdeniz Havzası'nda olmak üzere toplam 7 TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonunun günlük koordinat verileri kullanılmıştır. İstasyonların konumları Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1: GNSS istasyonları konumları.

Çalışmada kullanılan GNSS verileri 01.10.2008-26.11.2010 tarihleri arası günlük koordinat değerleri olup, istasyonlara ait bilgiler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1: GNSS istasyonları genel bilgileri.

İSTASYON NUMARASI	İL/İLÇE	KISA ADI	ENLEM (derece)	BOYLAM (derece)
1	Konya/Akşehir	AKHR	38.3596	31.4150
2	Konya/Beyşehir	BEYS	37.6700	31.7200
3	Konya/Cihanbeyli	CIHA	38.6559	32.9309
4	Karaman/Merkez	KAMN	37.1801	33.2215
5	Konya/Yunak	YUNA	38.8198	31.7275
6	Antalya/Akseki	AKSI	37.0454	31.7906
7	Konya/Selçuklu	KNYA	38.0108	32.5117

GNSS istasyonlarına ait 01.10.2008-26.11.2010 tarihleri arası günlük koordinat verileri kullanılmıştır fakat anten bozukluğu, bilgisayar arızası vb. nedenlerden dolayı veri eksikleri ve büyük boşluklar bulunmaktadır. Çizelge 5.2'de bu istasyonlara ait veri adetleri ve eksik veri yüzdeleri verilmektedir.

Çizelge 5.2: GNSS istasyonları veri durumları ve yüzdelikleri.

İSTASYON ADI	VERİ ADEDİ	EKSİK VERİ (%)
AKHR	787	Tam
BEYS	748	5.0
CIHA	787	Tam
KAMN	749	4.8
YUNA	761	3.3
AKSI	590	25.0
KNYA	733	6.9

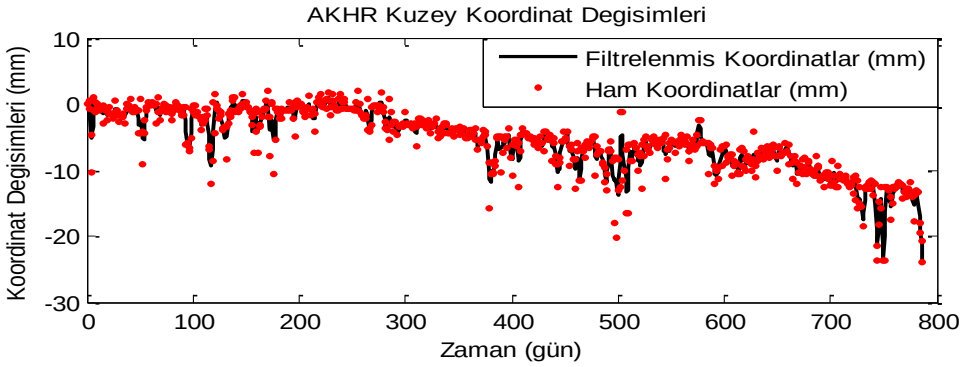
Çizelge 5.3: GNSS istasyon verilerinin başlangıç-bitiş tarihleri.

İSTASYON NUMARASI	İSTASYON ADI	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ
1	AKHR	01.10.2008	26.11.2010
2	BEYS	08.11.2008	26.11.2010
3	CIHA	01.10.2008	26.11.2010
4	KAMN	08.11.2008	26.11.2010
5	YUNA	27.10.2008	26.11.2010
6	AKSI1	22.03.2009	28.08.2010
7	AKSI2	23.09.2010	26.11.2010
8	KNYA1	11.11.2008	23.07.2009
9	KNYA2	06.08.2009	26.11.2010

İstasyon verilerindeki büyük boşluklardan dolayı AKSI ve KNYA istasyonları iki ayrı veri gurubu olarak çalışmaya dâhil edilmiştir. Dolayısıyla AKSI istasyonu, AKSI1 ve AKSI2 olarak; KNYA istasyonu, KNYA1 ve KNYA2 olarak ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan verilere ait zaman aralığı Çizelge 5.3'te verilmektedir.

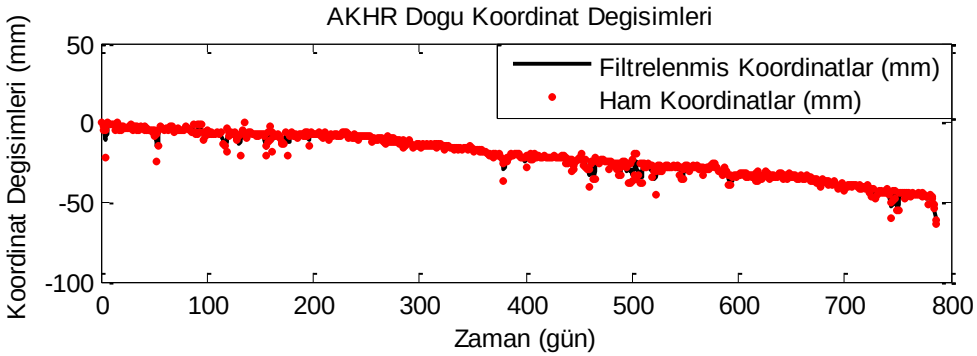
5.2 GNSS İstasyonları Zaman Serileri ve Filtreleme

Uygulamada ham koordinatların başlangıca göre değişimini görmek için tüm koordinatlardan ilk koordinat değeri çıkartılarak ham koordinat zaman serileri oluşturuldu. Daha sona zaman serisinin periyodik ve trend bileşenini daha doğru belirlemek ve seriden gürültüyü (noise) kısmen gidermek için (2.2) eşitliği ile seriye 3.derece yumuşatma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem alçak-geçiş özelliği gösteren bir filtreleme işlemidir.

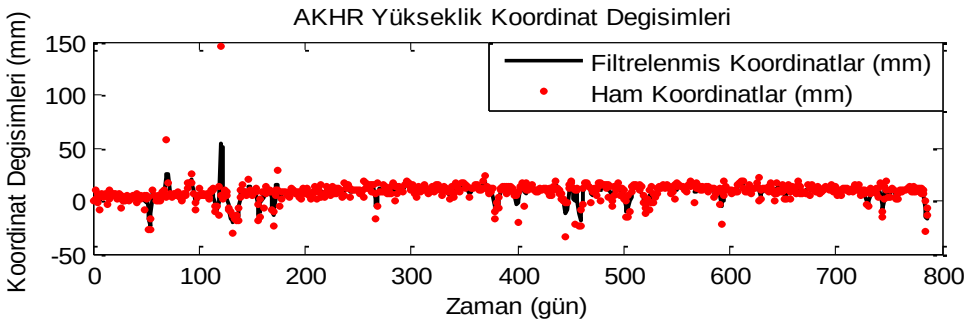


Şekil 5.2: AKHR kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.

AKHR istasyonu Kuzey, Doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerine uygulanan bu alçak-geçiş filtreleme işlemleri Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te de görüldüğü üzere filtreleme işlemi ile zaman serilerindeki gürültü kısmen giderilmiştir. Tüm istasyonların her bir koordinat bileşenleri için elde edilen Ham Koordinatlar ve Filtrelenmiş Koordinatlar zaman serileri grafikleri Ek.A'da verilmiştir.



Şekil 5.3: AKHR doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.

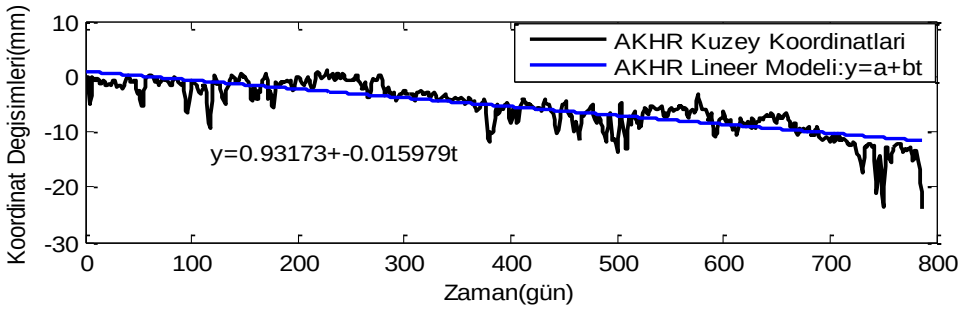


Şekil 5.4: AKHR yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.

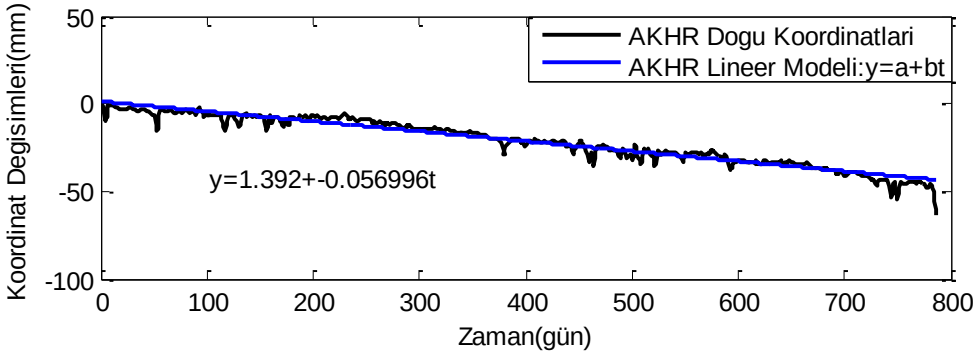
5.3 Trend Bileşeni Analizi (hız kestirimi)

CORS-TR istasyonlarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerinin zaman serilerindeki değişimde lineer bir trend bileşeninin olup olmadığı (2.4) eşitliği ile verilen $y = a + bt$ amaç fonksiyonunun a ve b parametreleri ve bu parametrelerin standart sapmaları EKK yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan parametrelerin anlamlı olup-olmadığına *t*-dağılımı testi ile karar verilmiştir. *%95* güven düzeyinde f serbestlik derecesine göre t-dağılım tablo değerleri; AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA ve AKSI1 istasyonları için ($f > 500, t_{500,1-0.05/2} = 1.96$) 1.96, KNYA1 ve KNYA2 istasyonları için ($f > 200, t_{200,1-0.05/2} = 1.97$) 1.97 ve AKSI2 istasyonu için ise ($f > 60, t_{60,1-0.05/2} = 2$) 2'dir. Tüm istasyonlar için, t-dağılım tablosundan alınan bu değerler, (2.10) eşitliği ile hesaplanan test büyüklüğü (test büyüklüğü=parametre/parametrenin standart sapması) değerleri ile karşılaştırılmış ve

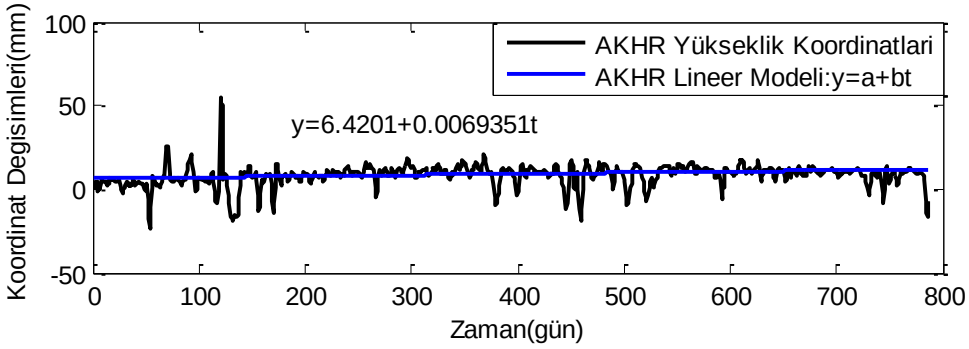
test büyüklüğü değerlerinin %95 güven düzeyinde tablo değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Böylece, tüm istasyonların kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serilerinin lineer bir trend bileşeni içerdiği yani istasyonlarda lineer bir hareketin var olduğu sonucuna varılmış ve sonuçlar Çizelge 5.4'de ve şekiller Ek.B'de verilmiştir. Ayrıca, AKHR istasyonu Kuzey, doğu ve yükseklik koordinatları zaman serileri ve lineer trend modeli sırasıyla Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.5: AKHR kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



Şekil 5.6: AKHR doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



Şekil 5.7: AKHR yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.

Çizelge 5.4'te istasyonların istatistiksel olarak anlamlı lineer trend bileşen fonksiyonları (lineer modeli) ve bu modelden hesaplanan yıllık lineer değişimleri başka bir ifade ile istasyonların lineer hareketleri görülmektedir. Çizelge 5.4'te trend fonksiyonunun b parametresi zaman "t" gün olmak üzere istasyonların zaman serilerinin lineer değişimini göstermektedir. Parametrenin (+) veya (-) olması sırası ile hareketin artış ve azalış yönünü ifade eder. Bu parametreleri kullanarak istasyonlardaki lineer değişimleri veya hareketleri, hareketin yönü ile birlikte belirlemek mümkündür. Diğer yandan, yatayda (+) yöndeki değişim istasyonların kuzey ve doğu yönlerindeki hareketlerini, (-) yöndeki değişim ise güney ve batı yönlerindeki hareketlerini göstermektedir. Düşeyde ise (+) değişim yüksekliğin arttığını, (-) değişim ise yüksekliğin azaldığını belirtir.

Çizelge 5.4'te görüldüğü gibi CORS-TR istasyonları batı ve güney yönünde lineer hareketler gösterirken, KAMN (+3.65 mm/yıl) kuzey yönünde lineer hareketi ile farklılık göstermiştir. İstasyonların yatay konumdaki lineer hareketleri; güney yönündeki en büyük lineer hareket 5.84 mm/yıl ile AKHR istasyonunda, güney yönündeki en küçük lineer hareket 0.66 mm/yıl ile KNYA1 istasyonunda görülmüştür. Batı yönündeki en büyük lineer hareket ise 20.81 mm/yıl ile AKHR istasyonunda, en küçük lineer hareket de 6.57 mm/yıl ile AKSI1 istasyonunda tespit edilmiştir.

KAMN istasyonu hariç diğer istasyonların batı ve güney yönündeki lineer hareketlerinden elde edilen ortalama bileşke hareket 17.78 mm/yıl ve yönü güneybatıdır. KAMN istasyonunu lineer hareketi ise 13.46 mm/yıl ve yönü kuzeybatıdır.

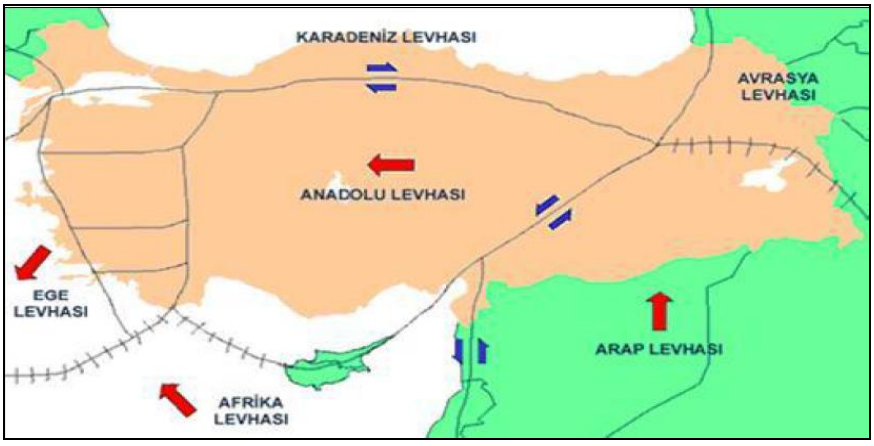
İstasyonların yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketlere bakıldığında AKHR, CIHA, YUNA ve KNYA2'de (+) yönde lineer hareketler gözlenmiş yani yükseklik değerlerinin arttığı görülmüştür. En büyük lineer hareket 2.63 mm/yıl değeri ile YUNA istasyonunda ve en düşük lineer hareket 0.99 mm/yıl değeri ile CIHA istasyonunda hesaplanmıştır. BEYS, KAMN, AKSI1, AKSI2 ve KNYA1 istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler (-) yöndedir. En büyük lineer hareket -21.39 mm/yıl değeri ile KAMN istasyonunda ve en küçük lineer hareket -0.29 mm/yıl değeri ile BEYS istasyonunda tespit edilmiştir.

Çizelge 5.4: GNSS istasyonlarının lineer modelleri (trend) ve yıllık hızları.

İstasyon adı	y(ti)Trend=a+bt KUZEY lineer modeli	Hız=365*b (mm/yıl)	y(ti)Trend=a+bt DOĞU lineer modeli	Hız=365*b (mm/yıl)	Bileşke hız (mm/yıl)	y(ti)Trend=a+bt YÜKSEKLİK lineer modeli	Hız=365*b (mm/yıl)
AKHR	y(ti)=0.9317-0.0160t	-5,84	y(ti)=1.3920-0.0570t	-20,81	***21.61/Güneybatı***	y(ti)=6.4201+0.0069t	2,52
BEYS	y(ti)=0.8158-0.0106t	-3,87	y(ti)=0.6500-0.0473t	-17,26	***17.69/Güneybatı***	y(ti)=3.3999-0.0008t	-0,29
CIHA	y(ti)=0.5395-0.0068t	-2,48	y(ti)=0.6260-0.0551t	-20,11	***20.26/Güneybatı***	y(ti)=1.3254+0.0027t	0,99
KAMN	y(ti)=-0.6009+0.0100t	3,65	y(ti)=0.6775-0.0355t	-12,96	***13.46/Kuzeybatı***	y(ti)=1.0992-0.0586t	-21,39
YUNA	y(ti)=2.9643-0.0080t	-2,92	y(ti)=-0.8951-0.0611t	-22,30	***22.49/Güneybatı***	y(ti)=-1.6710+0.0072t	2,63
AKS1	y(ti)=1.9641-0.0205t	-4,56	y(ti)=-8.2630-0.0180t	-6,57	***8.00/Güneybatı***	y(ti)=6.1963-0.0180t	-6,57
AKS2	y(ti)=2.5445-0.0001t	-4,60	y(ti)=6.8398-0.0453t	-16,53	***17.16/Güneybatı***	y(ti)=-16.8542-0.0036t	-1,31
KNYA1	y(ti)=-0.7201-0.0018t	-0,66	y(ti)=-0.5415-0.0466t	-17,01	***17.11/Güneybatı***	y(ti)=2.7933-0.0144t	-5,26
KNYA2	y(ti)=-1.6482-0.0054t	-1,97	y(ti)=-3.8107-0.0487t	-17,78	***17.89/Güneybatı***	y(ti)=2.0578+0.0031t	1,13

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

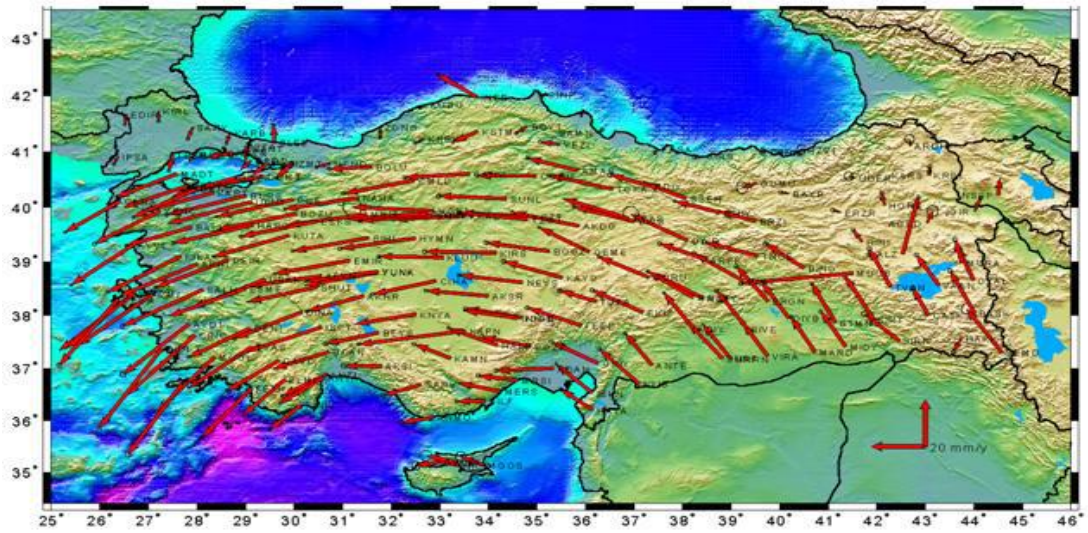
Ülkemizin de üzerinde bulunduğu Anadolu Levhası güneyde Afrika ve Arap Levhaları, doğuda Doğu Anadolu Bloğu ve batıda Ege Bloğu tarafından çevrilmiştir (Şekil 5.8). Bu çalışmada yatayda Çizelge 5.4'te Anadolu Levhası üzerinde bulunan Konya kapalı havzasının 17.78 mm/yıl güneybatı yönünde ve KAMN istasyonunun 13.46 mm/yıl kuzeybatı yönünde hareket ettiği belirlenmiştir.



Şekil 5.8: Türkiye'yi etkileyen belli başlı yapılar (URL1, Uzel vd., 2011).

Yatay koordinatlar için elde edilen sonuçlar Şekil 5.9'da verilen Cingöz ve ark. (2013) çalışmalarında elde ettiği $20\ mm/yıl$ (Avrasya Sabit) hız değeri ve Gülal ve

ark. (2013) çalışmalarında elde ettiği $21.72\ mm/yıl$ hız değeri ile uyuşumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 5.9: TUSAGA-Aktif nokta hızları (Avrasya sabit) (Cingöz vd., 2013).

Düşeyde elde edilen sonuçların Şekil 5.10'da verilen düşey hız değerleri (URL-3) ile uyuşumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 5.10: TUSAGA-Aktif nokta hızları (Düşey) (URL-3).

5.4 Dalgacık Dönüşümü Analizi

GNSS istasyonları koordinatları zaman serilerine SDD ve ADD uygulanarak, bu istasyonların hem zaman bölgesindeki hem de frekans bölgesindeki davranışları tanımlanmıştır.

İlk olarak, koordinat zaman serilerine, Morlet dalgacığı seçilerek SDD uygulanmış ve Skalogramlar elde edilmiştir. Bu sayede koordinat zaman serilerinin içerisindeki periyodikliklerin tespiti ve görülme zamanları belirlenmeye çalışılmıştır.

İkinci dönüşüm yönteminde ise, db1 (Daubechies 1) ana dalgacığı seçilerek minumum 5 maksimum 10 seviye olmak üzere koordinat zaman serilerine ADD uygulanmıştır. Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile yaklaşım (approximate) ve detay (detail) bileşenleri elde edilmiş ve istasyonlardaki koordinat karakteristiği anlaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıştırma sonucu elde edilen yaklaşım ve detay bileşenlerinin katsayıları kullanılarak Parseval Teoremi'ne göre bileşenlerin enerji değerleri yani hangi bileşenin ana sinyali daha fazla temsil ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca, bileşenlerin enerji yüzdeleri de hesaplanmış ve hesaplanan bu değerler ile istasyonların enerji yüzdelerinin yüksek olduğu seviyeler incelenerek karşılaştırma yapılmıştır.

5.4.1 Sürekli dalgacık dönüşümü ile spektral analiz

5.4.1.1 Dalgacık seçimi

DD analizlerinde ana dalgacık seçimi analiz sonucu için çok önemlidir. Bu yöntemde yapılacak dalgacık dönüşümü analizinde Bölüm 3'de belirtilen sebepler nedeniyle ana dalgacık olarak Morlet dalgacığı seçilmiştir.

Ayrıca, Torrence ve Combo, (1998), sadece reel içeriğe sahip dalgacık fonksiyonlarının tek bir değişken gücüne sahip olduğunu ve tepe değerleri veya süreksizlikleri yakalamada daha başarılı olduklarını göstermişlerdir. Aynı çalışmada, Morlet dalgacığının reel ve sanal bileşen içermesinden dolayı sadece reel bileşene sahip dalgacıklarla kıyaslandığında çok daha fazla salınıma sahip olduğu ve bu sayede dalgacığın gücünün pozitif ve negatif tepe noktalarının, tek ve geniş bir tepe noktası olarak birleşeceği belirtilmektedir. Bu özellikler doğrultusunda, Morlet dalgacığının sürekli dalgacık dönüşümü kullanılarak yapılan spektral analizde periyodikliğin tespiti noktasında en başarılı dalgacık olduğu söylenebilir.

5.4.1.2 Ölçek seçimi

SDD'nde ölçek, zaman serisindeki periyodikliklerin skalogramlarda daha iyi görülebilmesi için zaman serisindeki veri sayısı kadar seçilmiştir. Eğer ölçek zaman serisi içerisinde bulunan veya bulunması olası periyodikliklerden küçükse bu

periyodiklikler analiz sonucunda elde edilemez. Bu sebeple ölçek seçimi analiz edilen zaman serisinin özelliklerine ve analistin tercihine bağlıdır.

5.4.1.3 Skalogramlar

Dalgacıkların kullanımı ile yapılan spektral analiz zaman serilerindeki zaman-frekans-enerji karakteristiklerini anlama ve tahmin etme konusunda klasik spektral analiz yöntemlerine göre büyük üstünlükler sağlamaktadır. Klasik spektral analiz yöntemlerinin zaman ve frekans bilgisini aynı anda sağlayamama durumu, dalgacık analizi yönteminin bir boyutlu zaman serisinden ayrıştırma veya dönüştürme yapabilmesi sayesinde iki boyutlu zaman ve frekans bilgisini aynı anda yansıtan görüntüler vermesi ile ortadan kalkmaktadır. Bu çalışmada zaman ve frekans bilgisini (zaman serisinin içerdiği periyodiklikler ve ne zaman olduğu) aynı anda elde etmek için koordinat zaman serilerinin Skalogram grafikleri elde edilmiştir.

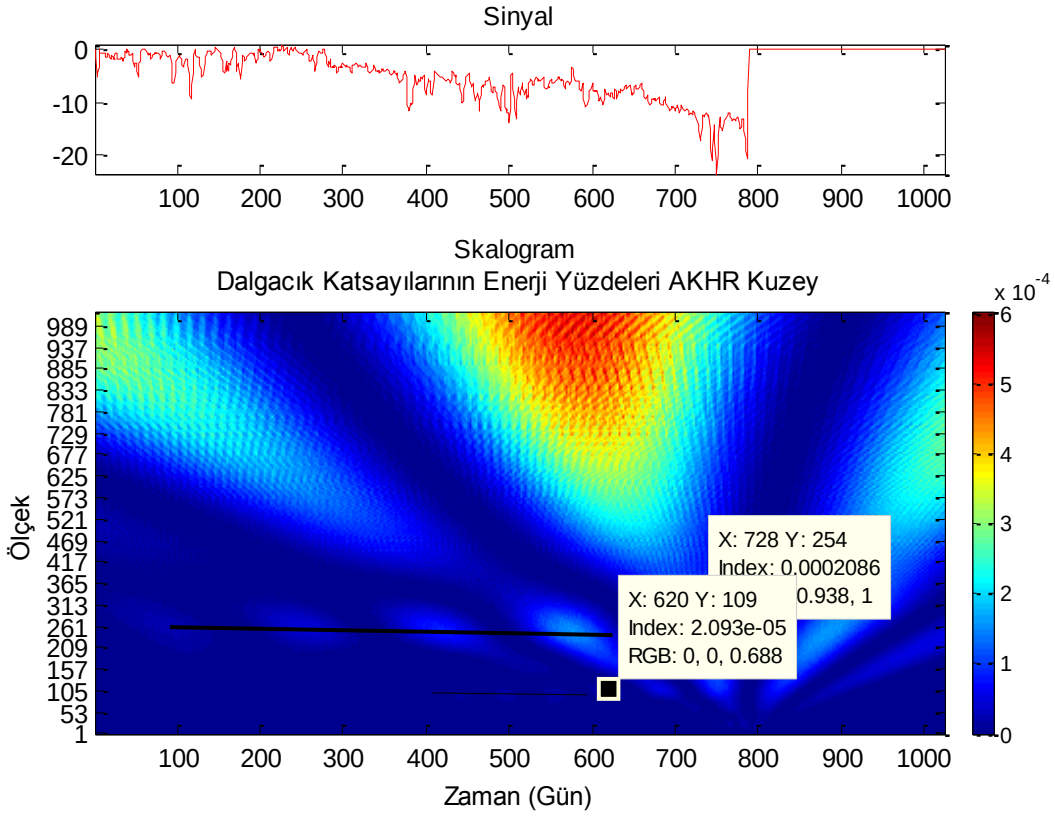
Bu bölümde dalgacık analizi ile spektral analiz, Morlet dalgacığının ölçek seçiminde belirtildiği gibi farklı ölçeklerde ve zamanlarda verilere uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. GNSS istasyonlarının Kuzey (N), Doğu (E) ve Yükseklik (U) koordinat zaman serilerinin skalogramları MATLAB kodları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Koordinat zaman serilerine uygulanan SDD temeline dayanan spektral analiz sonucu ortaya çıkan grafiklerden koordinat verisi içindeki güç dağılımlarının zamana göre değişimi görülebilmektedir. Bu grafikte mavi renkler düşük güç değerlerini, kırmızı renkler yüksek güç değerlerini temsil etmektedir. Mavi renkten kırmızı renge doğru renk geçişlerinde güç değerleri artmaktadır. Burada dalgacık dönüşümü ile güç elde edilmesi dalgacık katsayılarının mutlak değerlerinin karesinin alınması ile olmaktadır. Bu işlem sayesinde belirli zaman ve ölçekteki güç değeri tespit edilebilmektedir. Bu güçlerin zamana bağlı değişimler ile koordinat verisine ait zaman serisinin içerdiği salınımlar ortaya çıkmaktadır. Skalogram grafiğinde yatay eksen zamanı temsil ederken düşey eksen periyodu göstermektedir.

Ayrıca, analiz öncesi, AKHR, BEYS, CIHA, KAMN ve YUNA istasyonlarının Kuzey, Doğu ve Yükseklik koordinat zaman serileri sırasıyla 787, 749, 787, 749 ve 761 veri içermektedir. Dönüşüm için 2^n adet veriye ihtiyaç vardır. n=9 için veri sayısı 512 olmakta ve bu durumda veri yani bilgi kaybı ortaya çıkmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için n=10 seçilmiş ve dönüşüm 1024 veri için gerçekleştirilmiştir. Veriyi 1024'e tamamlamak için ise serinin geriye kalan verisi için sıfır eklemesi

(zero padding) yapılmıştır. Bu işlem, AKHR istasyonu Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinde görülmekte olup, analiz sonuçlarını değiştirmemektedir. Analiz sonucu elde edilen şekillerin sayısının fazla olması sebebiyle istasyonların içerdikleri periyotlar tablolaştırılmış ve istasyonların Kuzey bileşenleri için elde edilen periyotlar Çizelge 5.5'te, Doğu bileşenlerinden elde edilen periyotlar Çizelge 5.6'da ve Yükseklik bileşenlerinden elde edilen periyotlarda Çizelge 5.7'de verilmiştir. Bu sebeple AKHR Kuzey, Doğu ve Yükseklik Skalogramları sırasıyla Şekil 5.9, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de diğer istasyonların grafikleri de Ek.C'de verilmiştir. Ayrıca, istasyonların davranışları Skalogramlar ile açıklanmıştır.

Şekil 5.11'de görüldüğü gibi AKHR Kuzey koordinat zaman serisinde 254 ve 109 günde bir görülmekte olan periyodik hareketler mevcuttur. Bu şekilde hangi periyodun ne zaman etkili olduğu bilgisine grafiğin yatay eksenine bakılarak kolayca ulaşılabilir.



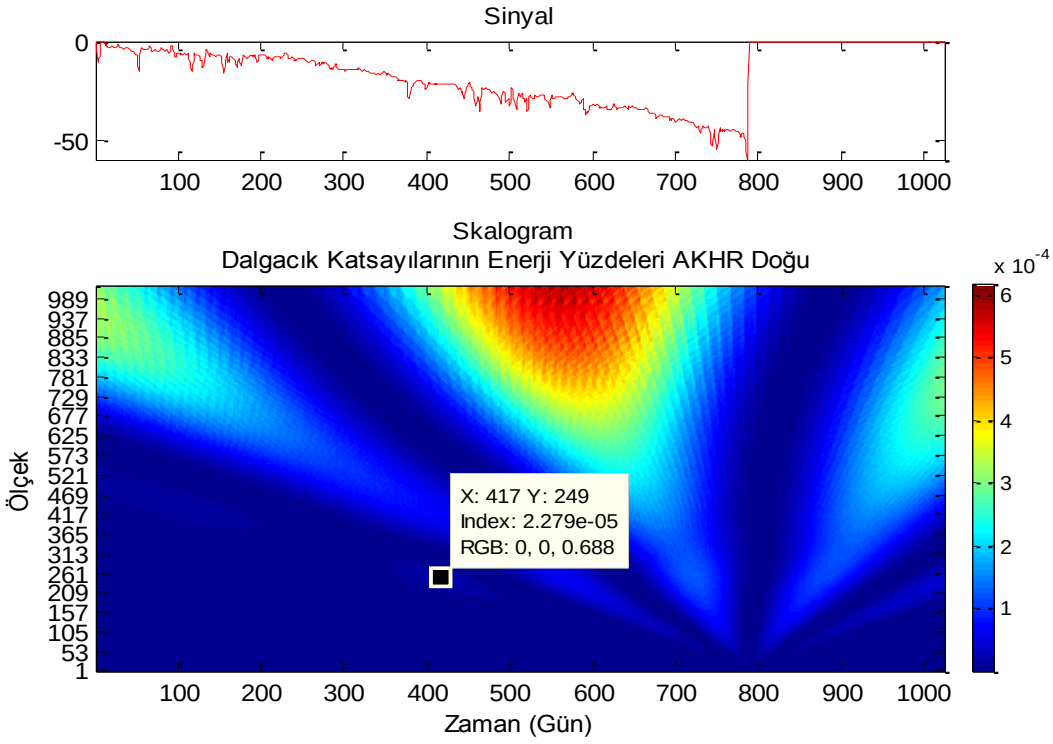
Şekil 5.11: Dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri**.**

Çizelge 5.5'te çalışmada kullanılan tüm istasyonların Kuzey bileşenlerinin içerdikleri periyotlar verilmiştir

Çizelge 5.5: Kuzey koordinat zaman serilerinin içerdikleri periyotlar.

PERİYOTLAR (KUZEY)			
İstasyon	**1.Periyot (gün)**	**2.Periyot (gün)**	**3.Periyot (gün)**
AKHR	254	109	
BEYS	269		
CIHA	298		
KAMN	341		
YUNA	191		
AKSI1	215	100	
AKSI2	35		
KNYA1	129	76	45
KNYA2	260	150	44

Şekil 5.12'de ise AKHR Doğu koordinat zaman serisinin periyodu 249 gün olan bir periyodik harekete sahip olduğu görülmektedir.



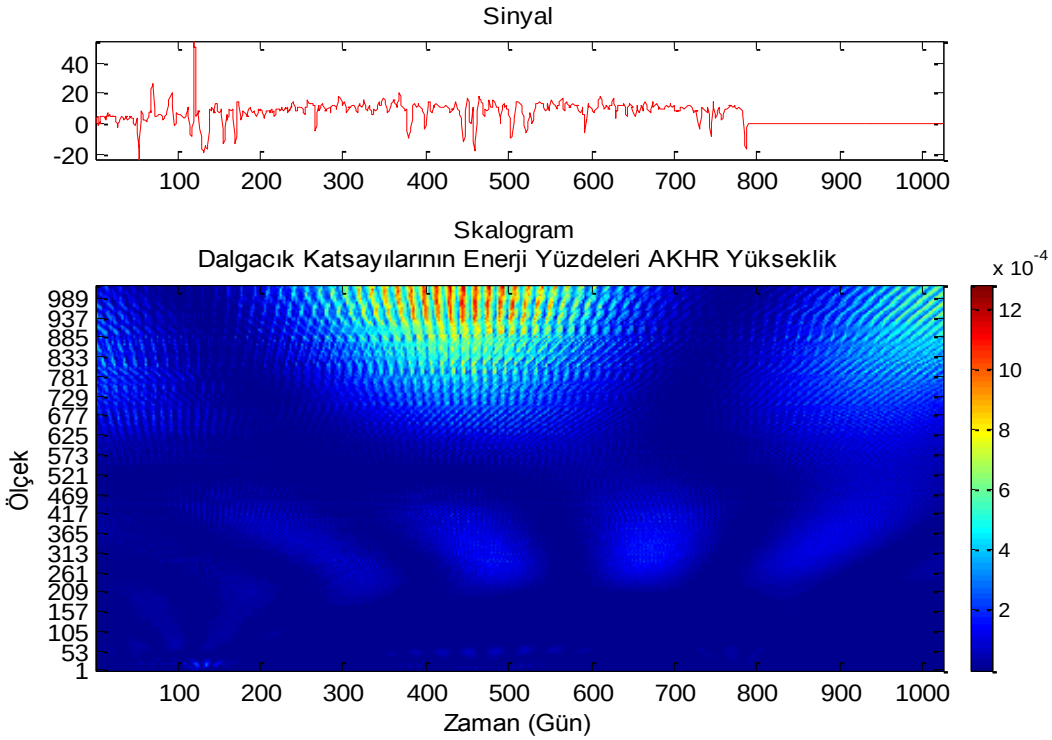
Şekil 5.12: Dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.

Çizelge 5.6'da çalışmada kullanılan tüm istasyonların Doğu bileşenlerinin içerdikleri periyotlar verilmiştir.

Çizelge 5.6: Doğu koordinat zaman serilerinin içerdikleri periyotlar.

PERİYOTLAR (DOĞU)		
İstasyon	**1.Periyot**	**2.Periyot**
AKHR	249	109
BEYS	330	
CIHA	399	
KAMN	365	
YUNA	365	
AKSI1	293	148
AKSI2	36	
KNYA1	77	
KNYA2	245	

AKHR Yükseklik koordinat zaman serisinde de periyot süreleri 322, 60 ve 27 gün olan üç tane periyodik hareketin var olduğu Şekil 5.13'te gösterilmiştir.



Şekil 5.13: Dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.

Çizelge 5.7'de çalışmada kullanılan tüm istasyonların Yükseklik bileşenlerinin içerdikleri periyotlar verilmiştir.

Çizelge 5.7: Yükseklik koordinat zaman serilerinin içerdikleri periyotlar.

PERİYOTLAR (YÜKSEKLİK)			
İstasyon	**1.Periyot**	**2.Periyot**	**3.Periyot**
AKHR	322	60	27
BEYS	220	60	
CIHA	404	220	90
KAMN	346		
YUNA	312	90	60
AKSI1	225	104	
AKSI2	34	17	
KNYA1	55	17	
KNYA2	252	51	25

İstasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik koordinatlarının zaman serilerinin içerdikleri periyotlar dikkate alındığında en çok periyodikliğin Yükseklik zaman serilerinde, daha sonra Kuzey koordinat bileşeni zaman serilerinde ve en az periyodikliğin Doğu koordinat bileşeni zaman serilerinde olduğu görülmüştür.

Duran'ın (2013) Skalogramlar üzerine yaptığı çalışmasında bir zaman serisinde periyodiklik bulunması, zaman serisine etkiyen periyodiklikler hakkında kabaca fikirler verir. Çünkü bu analiz ile periyodikliğin kaç defa tekrar ettiği net olarak açıklanamaz, sadece varlığından emin olunur. Şekillerde sadece en yüksek enerjideki ölçeği baz almak doğru sonuç vermeyebilir. Bu amaçla periyodiklik sayısının fazlalığı en yüksek enerjili ölçekten daha önemli bir kriter olarak değerlendirilmelidir.

5.4.2 Ayrık dalgacık dönüşümü ile analiz

ADD uygulaması ÇÇA ile gerçekleştirilmiştir. Dönüşüm için ADD'de uygun olan Daubechies dalgacık ailesinden db1 dalgacığı seçilmiştir. Ayrıca, ÇÇA'da en önemli konulardan biri olan ayrıştırmanın yapılacağı seviyenin belirlenmesidir. Seviye belirlenmesinde dalgacık teorisinin matematiksel temeli, ayrıştırma işlemi gerçekleştirildiğinde ortaya çıkan yaklaşım (A) ve detay (D) bileşenlerinde son seviyede birer adet dalgacık katsayısı kalmasını sağlayacak seviyeye kadar ayrıştırma yapılmasıdır. Bu işlem, N veri sayısını ve k ayrıştırma yapılacak seviyeyi göstermek üzere, $2^k = N$ eşitliği ile gösterilir. Son seviyede yaklaşım ve detay bileşenlerinde birer adet dalgacık katsayısının kalışı zaman serisi uygulamalarında pek mantıklı değildir. En son yaklaşım bileşeninde kalacak katsayı adedi ile zaman serisinin detay

bileşenlerinden ayrıldıktan sonra kalan asıl karakteri görülmek istenir. Yukarıda da ifade edildiği gibi, teorik olarak son seviye ayrıştırmanın ardından 1 yaklaşım katsayısı kalır ve bu 1 katsayı ile analiz edilen zaman serisinin asıl karakteri anlaşılamaz. Bu sebeplerden ADD'de kaç seviye ayrıştırma yapılacağı analiz edilen zaman serisinin veri çeşidine ve analistin amaçları doğrultusunda olması gerektiğinden, seviye analist tarafından belirlenmelidir. Bu doğrultuda AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA ve AKSI1 istasyonlarında ayrışım seviyesi 9, AKSI2'de 6, KNYA1'de 7 ve KNYA2'de 8 olarak belirlenmiş ve her seri için ayrık dalgacık dönüşümleri gerçekleştirilmiştir.

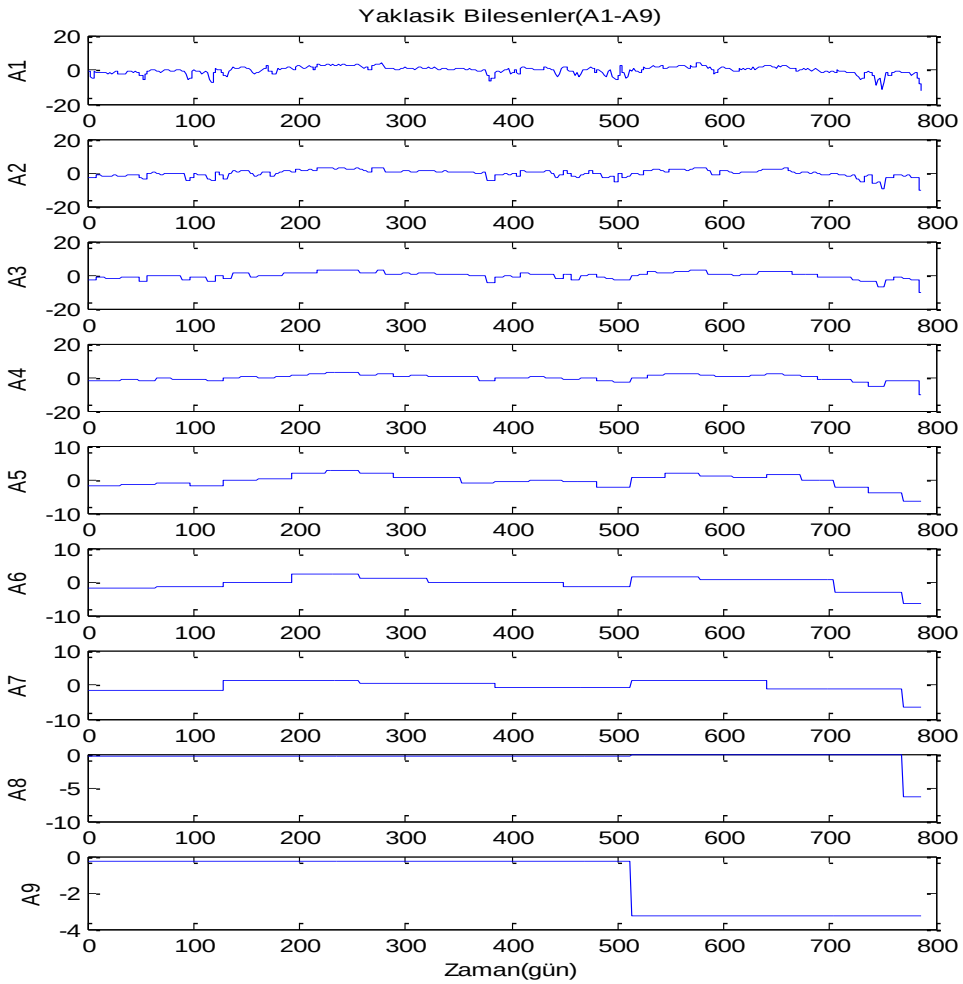
5.4.2.1 Çoklu çözünürlük analizinin gerçekleştirilmesi

Çoklu Çözünürlük Analizi koordinat zaman serilerini alçak ve yüksek frekans bileşenlerine ayrıştırırken yüksek geçiren ve alçak geçiren filtreleri kullanmaktadır. Bu filtreler sayesinde ayrıştırılan zaman serisindeki veri sayısı ile aynı veri sayısına sahip alçak ve yüksek frekans bileşenlerinden oluşan sırasıyla yaklaşım ve detay serileri elde edilmektedir. Ayrıca, filtreleme işlemi sonucunda yüksek ve alçak frekans bileşenlerinde artık (gürültü) veri ortaya çıkmaktadır. Çünkü alçak frekans bileşenlerinin oluşturduğu seri olan yaklaşım serisi ile yüksek frekans bileşenlerinin oluşturduğu seri olan detay serisi veri sayısı, ayrıştırma yapılan zaman serisi ile aynı olduğundan filtrelemenin ardından başlangıçtaki veri sayısının iki katı veri oluşmaktadır. Bu durumu önlemek için 2 ile aşağı örnekleme (down-sampling) yapılarak her iki veriden biri atılır ve hiçbir bilgi kaybı olmadan gürültü olarak nitelendirilen veri fazlalığı giderilmiş olur.

Bölüm 5.4.2'de belirtilen seviyelerde istasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerine ayrıştırma işlemi yapılarak ÇÇA gerçekleştirilmiştir. Ayrışım işleminde detay bileşenleri yüksek frekans bileşenlerini temsil ederken, yaklaşım bileşeni alçak frekans bileşenini temsil etmektedir. Detay bileşenleri zaman serisindeki süreksizlik ve kırılma noktalarının tespitine imkân verirken, yaklaşım bileşeni de zaman serisindeki uzun zaman değişimlerin belirlenmesi, doğal frekans bileşeninin ve içindeki benzerliklerin tespiti açısından önemlidir. Analiz sonuçlarından Şekil 5.14'te AKHR istasyonu Kuzey Yaklaşım ve Şekil 5.15'te AKHR Kuzey Detay bileşenleri zaman serileri; Şekil 5.16'de AKHR Doğu Yaklaşım ve Şekil 5.17'de AKHR Doğu Detay bileşenleri zaman serileri; Şekil 5.18'de AKHR Yükseklik Yaklaşım ve Şekil 5.19'da AKHR Yükseklik Detay bileşenleri zaman

serileri verilmiş olup diğer istasyonların ayrışım sonuçları zaman serileri Ek.D'de verilmiştir.

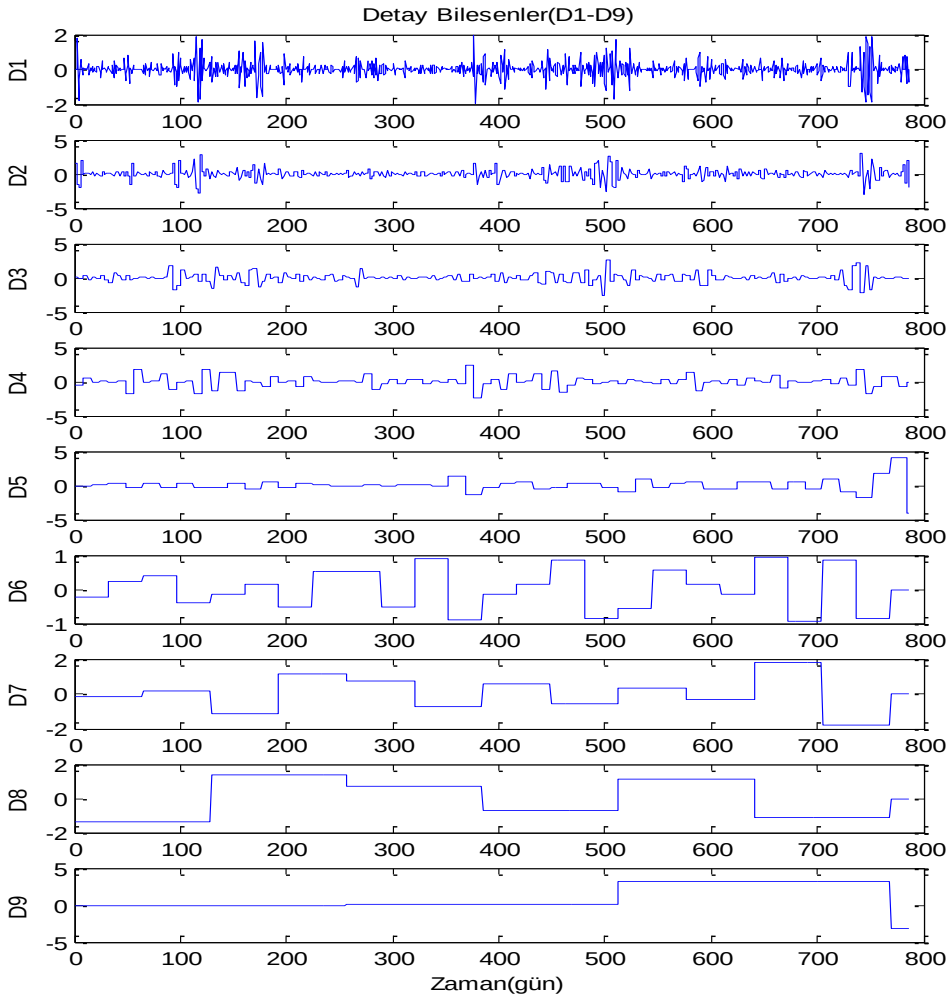
AKHR Kuzey koordinat zaman serisine ait Şekil 5.14'te 9 seviye yaklaşım serisi ile zaman serisi durumunda iken algılanamayan birçok özellik bu bileşenler sayesinde belirlenebilir. Şekil 5.2'de verilen A1 bileşeni ana sinyali daha çok temsil ederken şekilde de görüldüğü gibi A9 bileşeni ana sinyali temsil etme konusunda daha zayıftır. Bu durumda, çoklu çözünürlük analizinde ayrıştırma sonucu elde edilen yaklaşım bileşenleri A1'den A9'a doğru ana sinyali temsil etme noktasında ilişkisinin zayıfladığı sonucuna varılmıştır. Özellikle A8 ve A9 bileşenlerinin ana sinyal ile ilişkisi çok düşüktür.



Şekil 5.14: AKHR kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.

Ayrıca, her bir bileşendeki hareket(ler) frekans aralıklarına göre; A1 bileşeni $0 - 0.25$ (1/gün) (4 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri, A2 bileşeni

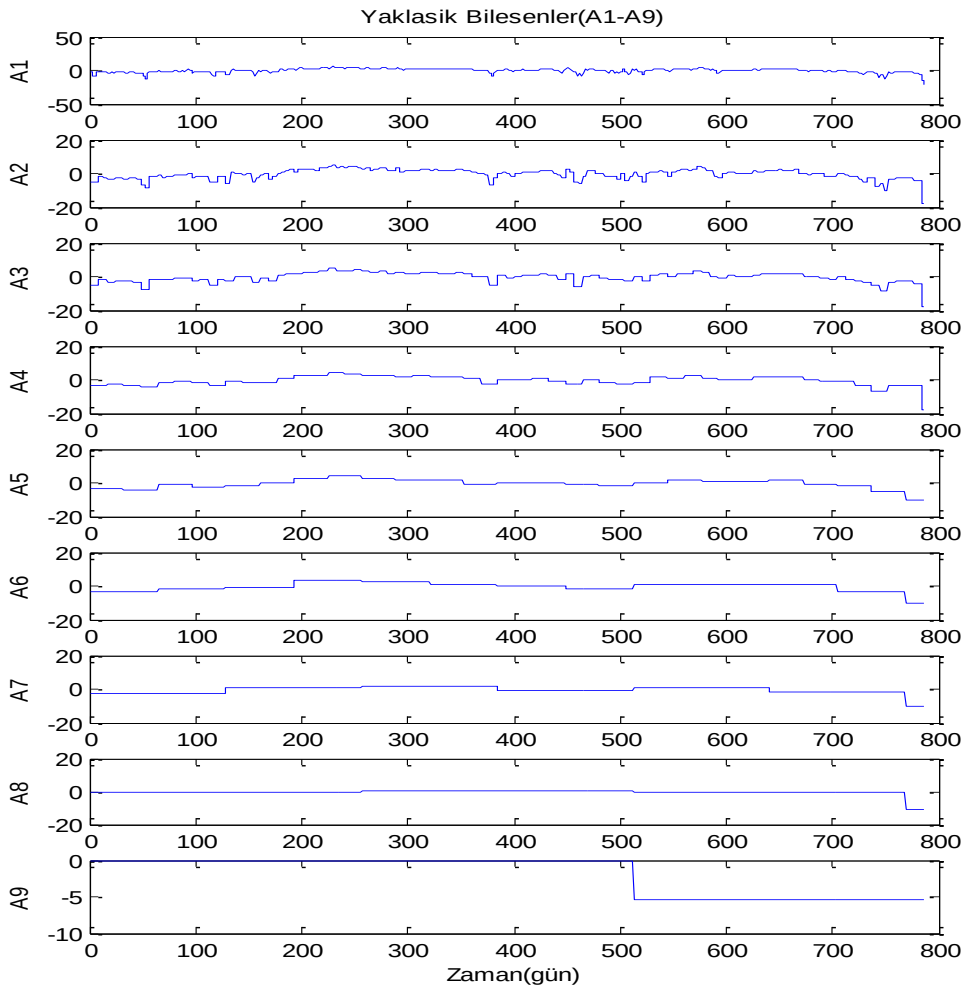
$0 - 0.125$ (1/gün) (8 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri, A3 bileşeni $0 - 0.0625$ (1/gün) (16 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri, A4 bileşeni $0 - 0.03125$ (1/gün) (32 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri, A5 bileşeni $0 - 0.015625$ (1/gün) (64 ve üzeri günlük hareketleri), A6 bileşeni $0 - 0.0078125$ (1/gün) (128 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri, A7 bileşeni $0 - 0.00390625$ (1/gün) (256 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri, A8 bileşeni $0 - 0.001953125$ (1/gün) (512 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri ve A9 bileşeni $0 - 0.0009765625$ (1/gün) (1024 ve üzeri günlük hareketleri) arasındaki hareketleri içermektedir. Şekil 5.12 ile ilgili yapılan bu açıklamalar, Şekil 5.14 ve Şekil 5.16 için de geçerlidir.



Şekil 5.15: AKHR kuzey detay bileşenleri zaman serileri.

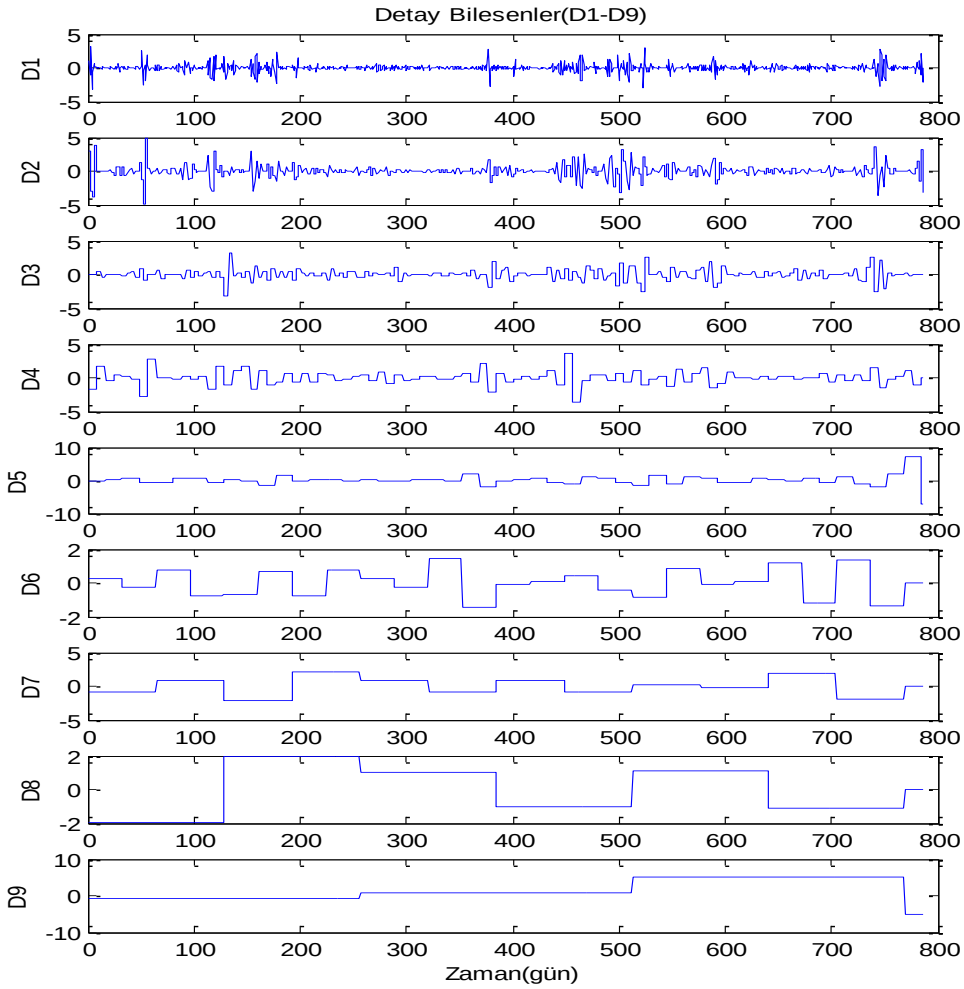
AKHR Kuzey koordinat zaman serisinin ayrıştırma sonucu elde edilmiş 9 seviye Detay bileşeni Şekil 5.15'te verilmiştir. Tüm bileşenler incelendiğinde D1 bileşeni zaman serisine ait en yüksek frekans bileşenlerini ve D9'un en düşük frekans bileşenini temsil ettiği sonucuna varılmıştır. D1 bileşeni frekans aralığı $0.25 - 0.50$ (1/gün) (2-4 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D2 bileşeni frekans aralığı $0.125 - 0.25$ (1/gün) (4-8 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D3 bileşeni frekans aralığı $0.0625 - 0.125$ (1/gün) (8-16 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D4 bileşeni frekans aralığı $0.03125 - 0.625$ (1/gün) (16-32 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D5 bileşeni frekans aralığı $0.015625 - 0.03125$ (1/gün) (32-64 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D6 bileşeni frekans aralığı

$0.007813 - 0.015625$ (1/gün) (64-128 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D7 bileşeni frekans aralığı $0.003906 - 0.007813$ (1/gün) (128-256 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D8 bileşeni frekans aralığı $0.001953 - 0.003906$ (1/gün) (256-512 gün arası hareketleri) olan hareketleri, D9 bileşeni frekans aralığı $0.000977 - 0.001953$ (1/gün) (512-1024 gün arası hareketleri) olan hareketleri içermektedir. Bu açıklamalar AKHR Doğu ve Yükseklik koordinat zaman serilerinin ayrıştırma sonucu elde edilen Detay bileşenleri (Şekil 5.17 ve Şekil 5.19) için de geçerlidir. Ayrıca, D1 bileşeninde 0 civarındaki hareketler gürültüden kaynaklanmaktadır. D1, D2, D3 ve D4 bileşenlerinde yaklaşık 100, 500 ve 750. günlerde hareketler görülmektedir.



Şekil 5.16: AKHR doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.

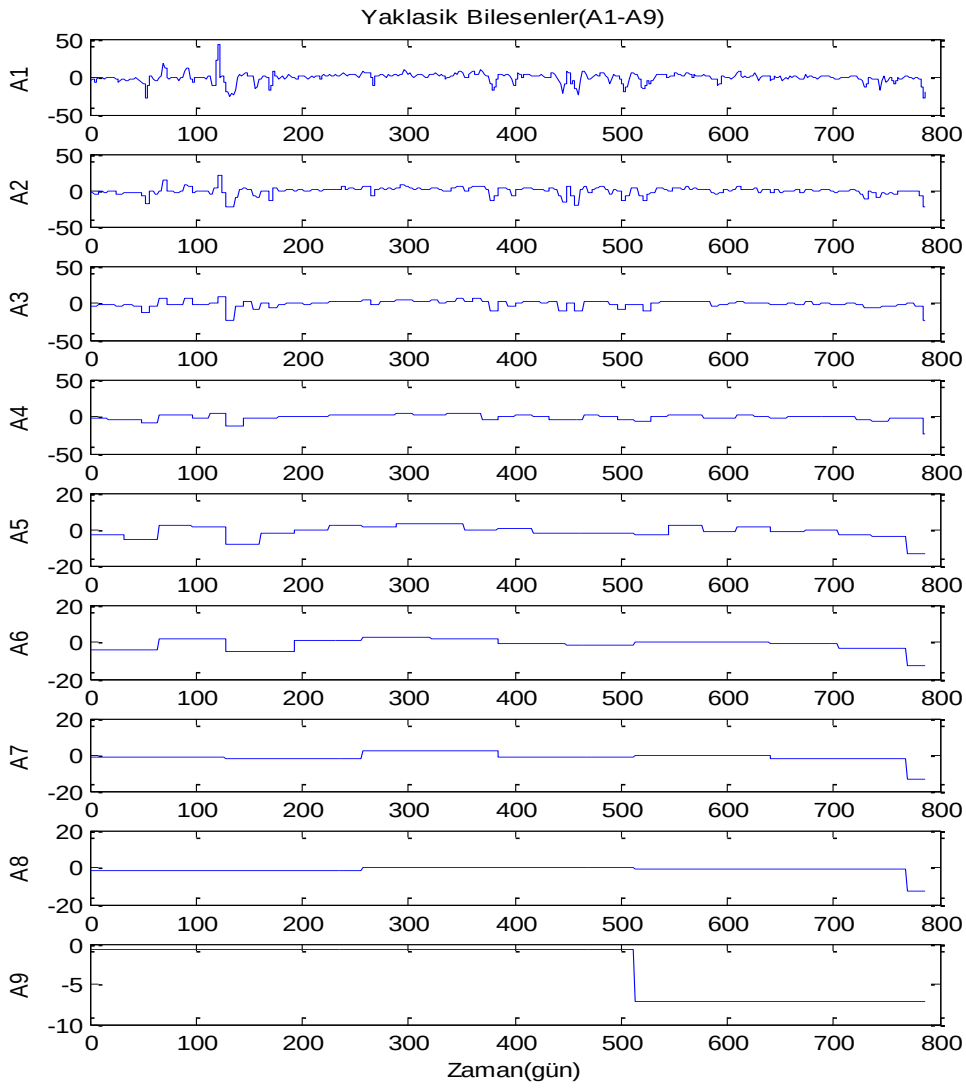
Şekil 5.16'da görülen AKHR Doğu yaklaşım bileşenlerine bakıldığında, AKHR Kuzey yaklaşım bileşenleriyle benzerlikler görülmektedir. Her iki ayrışımda da A1, A2 ve A3 bileşenlerinde 100, 500 ve 750. günlerde hareketler bulunmaktadır. A8 ve A9 bileşenleriyle ana zaman serisinin (Şekil 5.3'te verildi) ilişkisi zayıftır. Bunun sebebinin data sayısı ve ayrıştırma seviyesiyle ilgili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.17: AKHR doğu detay bileşenleri zaman serileri.

AKHR Doğu koordinat zaman serisinden elde edilen 9 seviye detay bileşeni Şekil 5.17'de verilmiştir. D1 ve D2 bileşenleri incelendiğinde iki bileşende de diğer bileşenlerden farklı olarak 0 civarında titreşimler bulunmakta ve bu titreşimler gürültüden kaynaklanmaktadır. D1, D2, D3 ve D4 bileşenlerinde yaklaşık 100, 500

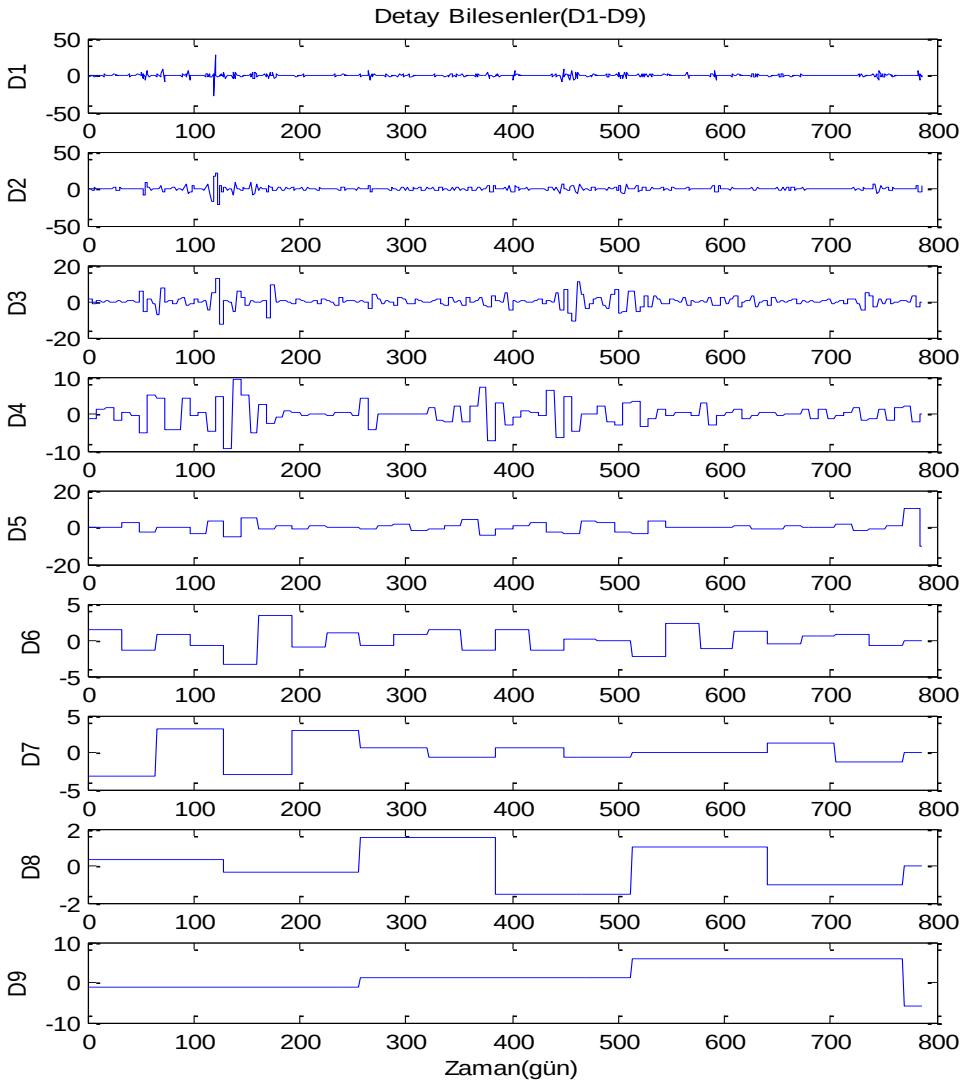
ve 750. günlerde hareketler mevcut olup belirtilen bileşenlerdeki hareketler AKHR Kuzey koordinat zaman serisinden elde edilen Şekil 5.13'te verilen D1, D2, D3 ve D4 bileşenleri ile benzerlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.18: AKHR yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.

Şekil 5.18 incelendiğinde AKHR Yükseklik Yaklaşım bileşenlerinden A1 ve A2 bileşenleri, Şekil 5.12 AKHR Kuzey Yaklaşım bileşenleri zaman serileri ve Şekil 5.14'te verilen AKHR Kuzey Yaklaşım bileşenleri zaman serilerinden A1 ve A2 bileşenleriyle benzerlik göstermektedir. AKHR Yükseklik Yaklaşım bileşenlerinden A1 ve A2 de 100, 500 ve 750. günlerde hareketler görülmektedir. Ayrıca A8 ve A9

bileşenleri de Kuzey ve Doğu'da olduğu gibi, ana zaman serisi (Şekil 5.4'te verildi) ile ilişkileri zayıftır.



Şekil 5.19: AKHR yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.

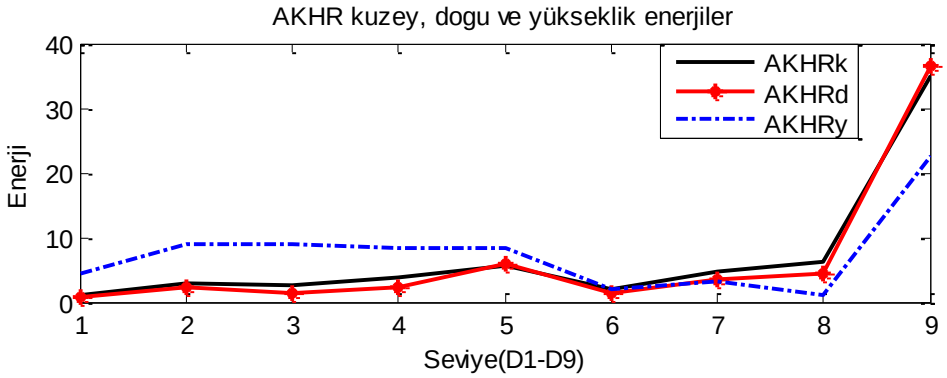
Şekil 5.19'da görülen AKHR Yükseklik Detay bileşenlerinden D1, D2, D3 ve D4 bileşenlerinde 100, 500 ve 750. günlerde hareketler mevcuttur. Ayrıca D1 ve D2 bileşenlerinin 0 civarındaki titreşimleri gürültüden kaynaklanmaktadır. Belirtilen Detay bileşenleri bu özellikleri ile Şekil 5.13 ve Şekil 5.15'te verilen istasyonun

Kuzey ve Doğu zaman serilerinden elde edilen Detay bileşenleri ile uyum sağlamaktadır.

Sonuç olarak GNSS istasyonlarının günlük koordinat değerlerinden oluşturulan zaman serilerine bakıldığında, istasyonun davranışlarını detaylı bir şekilde incelemek mümkün değildir. Bu bakımdan ADD'nin, ÇÇA ile GNNS istasyonlarının koordinat zaman serilerini, bu serilerden elde edilen Yaklaşım ve Detay bileşenleri ile irdelemek istasyonların davranışları hakkında çok daha sağlıklı değerlendirmelere imkân verecektir. Bu sayede ÇÇA yardımıyla belirtilen ölçeklerdeki frekanslara sahip zaman serileri ayrı ayrı birer zaman serisi olarak ele alınmıştır. Bu bize kararlı davranış sergilemeyen GNSS istasyonları günlük koordinatlarından oluşturulan zaman serilerinin analizinde olumlu imkânlar tanımaktadır. Bu analiz yardımıyla değişimini incelemeyi düşündüğümüz bir ölçek seviyesindeki bileşeni zamana bağlı olarak inceleyebiliriz.

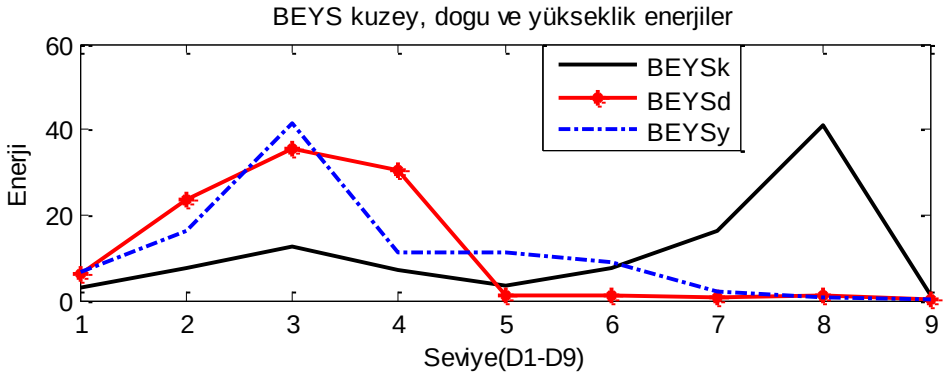
5.4.2.2 Detay bileşenlerinin enerji spektrumlarının incelenmesi

Koordinat zaman serileri farklı ölçek seviyelerinde bileşenlerine ayrıldığında, bütün bileşenler arasında koordinat zaman serisine en iyi uyumu gösterecek bir ya da birkaç bileşen elde edilebilir. Bu çalışmada enerji varyansının en büyük yüzdesinin korunduğu detay bileşeninin hangisi ya da hangileri olduğu enerji spektrumu hesaplanarak tespit edilmiştir. Böylece, her bir detay koordinat zaman serisi için yüksek enerji yüzdesine sahip detay bileşenleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada enerji spektrum yüzdeleri Matlab yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Bazı istasyonlarda en yüksek enerji değerinin son seviyede olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise en son seviyenin en az katsayı ile seriyi temsil etmesidir. Bu nedenle son seviyedeki enerji değerinin yüksek oluşu da değerlendirme esnasında dikkate alınmamıştır. Analiz sonucu, her istasyonun Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin detay bileşenlerinin enerjileri aynı grafikte gösterilmiştir. Böylece, koordinat bileşenlerini etkileyen detay seviyeleri birbirleri ile kıyaslanabilecektir.



Şekil 5.20: AKHR kuzey, doğu ve yükseklik zaman serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

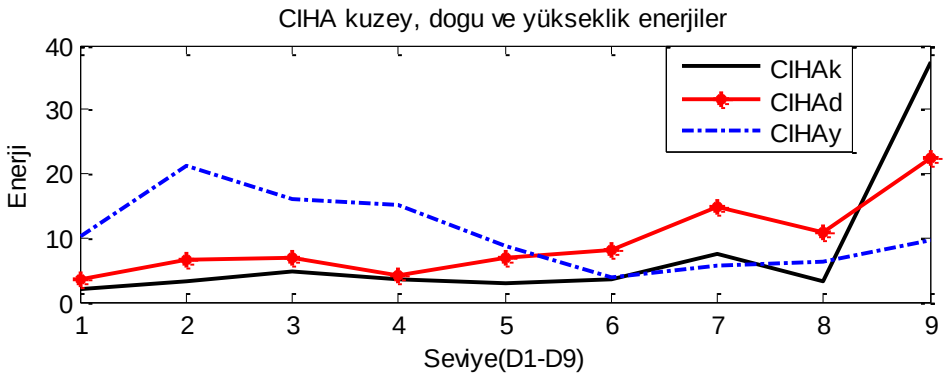
Şekil 5.20'de verilen AKHR Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin enerji değerleri incelendiğinde en yüksek enerji değeri D9 bileşeninde elde edilmiştir. Ancak 9 seviye ayrışımın gerçekleştiği zaman serileri için sinyal ile ilişkisi zayıf olduğundan D9 bileşeni ve gürültü içerdiğinden özellikle D1 bileşeni değerlendirmelerde dikkate alınmayacaktır. Kuzey ve Doğu serilerinde enerjiler 5. ve 8. Detay bileşenlerinde en yüksek değeri almıştır. Yükseklik serilerinde 2, 3, 4 ve 5. Detay bileşenlerinde en yüksek enerji değerleri elde edilmiştir. Çünkü, D2 4-8, D3 8-16 ve D4 16-32, D5 32-64 ve D8 256-512 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Sonuç olarak belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin AKHR Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediğini söyleyebiliriz.



Şekil 5.21: BEYS kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

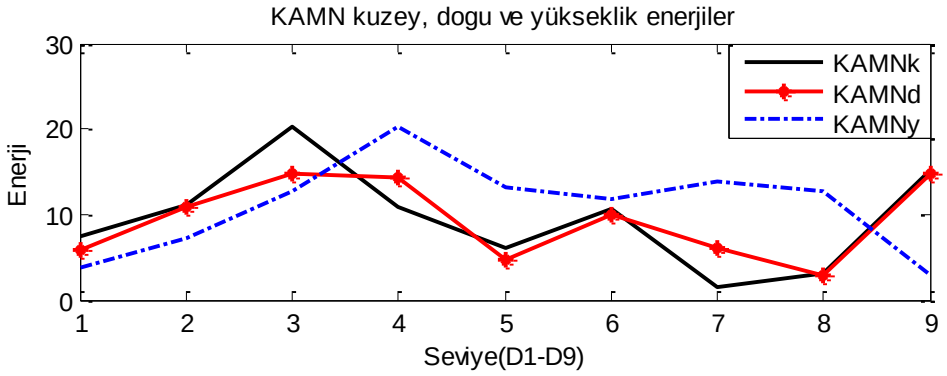
Şekil 5.21 incelendiğinde BEYS Kuzey serilerinde en yüksek enerji değeri 8. Detay bileşeninde, BEYS Doğu ve Yükseklik serilerinde en yüksek enerji değeri 3. Detay bileşeninde elde edilmiştir. D3 8-16 ve D8 256-512 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Sonuç olarak belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında

periyoda sahip aktivitelerin BEYS Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediği görülebilir.



Şekil 5.22: CIHA kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

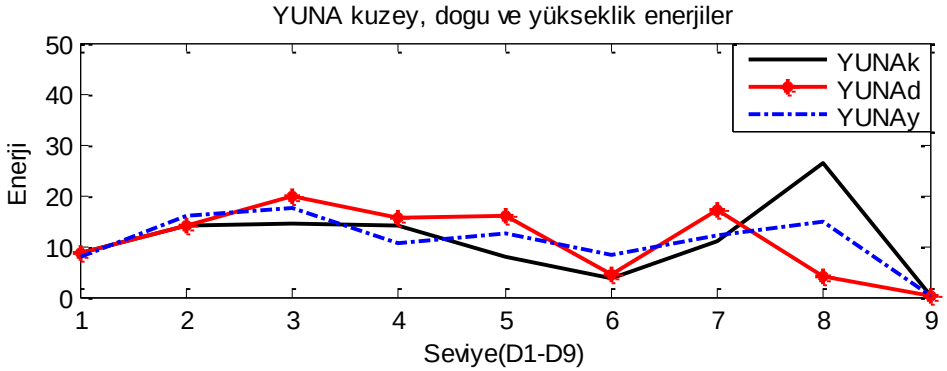
Şekil 5.22 incelendiğinde CIHA Kuzey ve Doğu serilerinde en yüksek enerji D7 bileşeninde, CIHA Yükseklik serilerinde en yüksek enerji D2, D3 ve D4 bileşenlerinde elde edilmiştir. Sırasıyla D2 4-8, D3 8-16, D4 16-32 ve D7 128-256 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Bu sayede belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin CIHA Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediği ifade edilebilir.



Şekil 5.23: KAMN kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

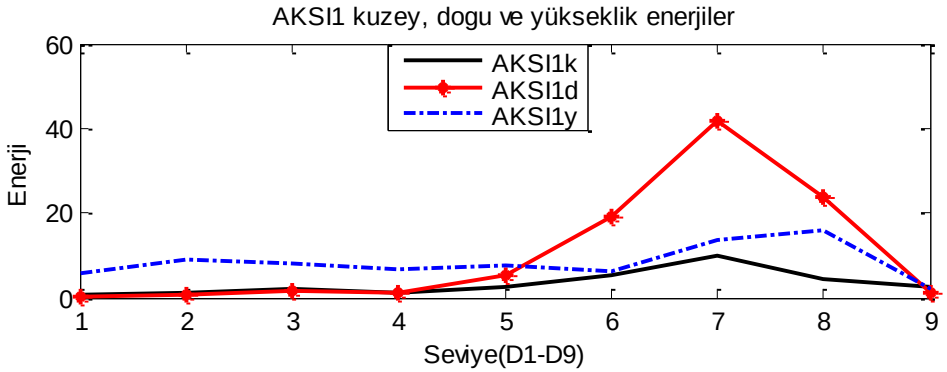
Şekil 5.23 incelendiğinde KAMN Kuzey ve Doğu serilerinde en yüksek enerji D3 bileşeninde, Yükseklik serilerinde en yüksek enerji D4 bileşeninde elde edilmiştir.

D3 8-16 ve D4 16-32 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Bu sayede belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin KAMN Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediği söylenebilir.



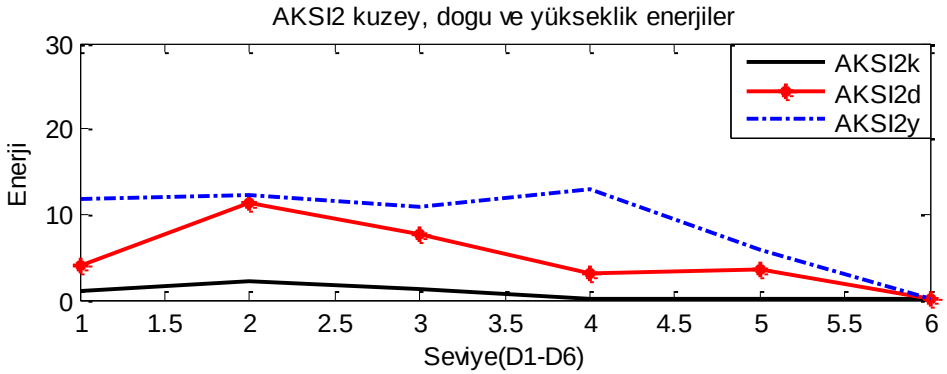
Şekil 5.24: YUNA kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

Şekil 5.24 incelendiğinde YUNA Doğu ve Yükseklik serilerinde en yüksek enerji D3 bileşenlerinde, Kuzey serilerinde en yüksek enerji D8 bileşeninde elde edilmiştir. D3 8-16 ve D8 256-512 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Bu sayede belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin YUNA Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediği sonucuna varılabilir.



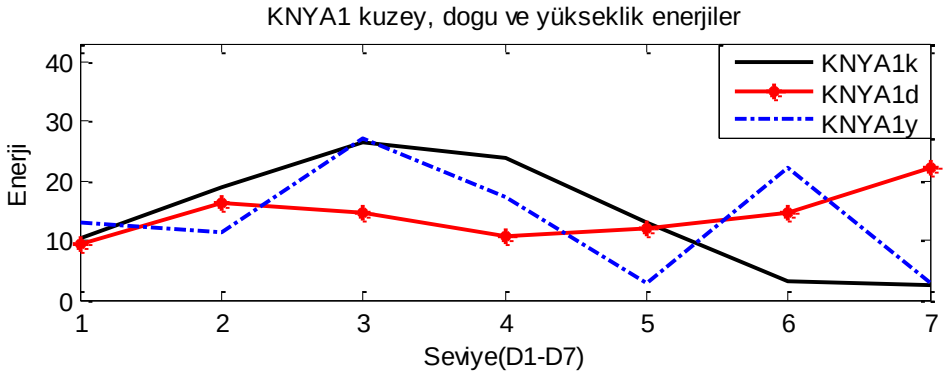
Şekil 5.25: AKSI1 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

Şekil 5.25 incelendiğinde AKSI1 Kuzey, Doğu ve Yükseklik serilerinde en yüksek enerjiler D7 ve D8 bileşenlerinde elde edilmiştir. D7 128-256 ve D8 256-512 günler arası periyodiklikler içermektedir. Bu sonuçlarla belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin YUNA Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediğini söyleyebiliriz.



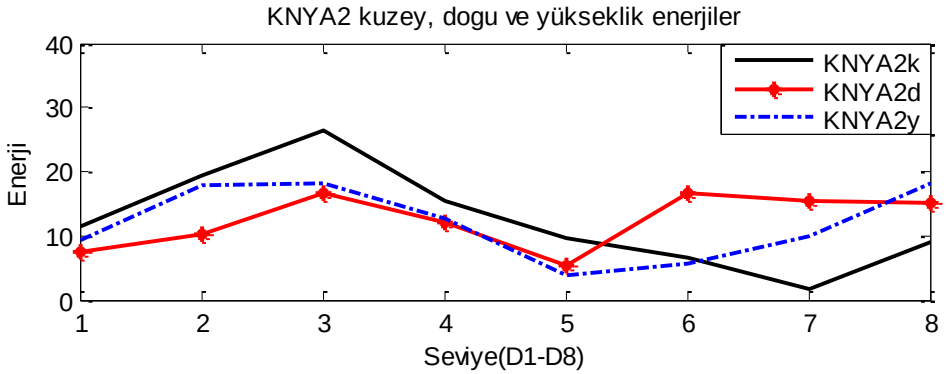
Şekil 5.26: AKSI2 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

Şekil 5.26 incelendiğinde AKSI2 Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinde en yüksek enerji D2 bileşenlerinde, ayrıca Yükseklik serilerinde D4 bileşeninde de enerji değeri yüksektir. D2 4-8 ve D4 16-32 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Bu sonuçlarla belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin AKSI2 Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediği ifade edilebilir.



Şekil 5.27: KNYA1 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

Şekil 5.27 incelendiğinde KNYA1 Kuzey ve Yükseklik serilerinde en yüksek enerji D3 bileşenlerinde ve Doğu serilerinde en yüksek enerji D7 bileşeninde hesaplanmıştır. D3 8-16 ve D7 128-256 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Bu sonuçlarla belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin KNYA1 Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediği sonucuna varılabilir.



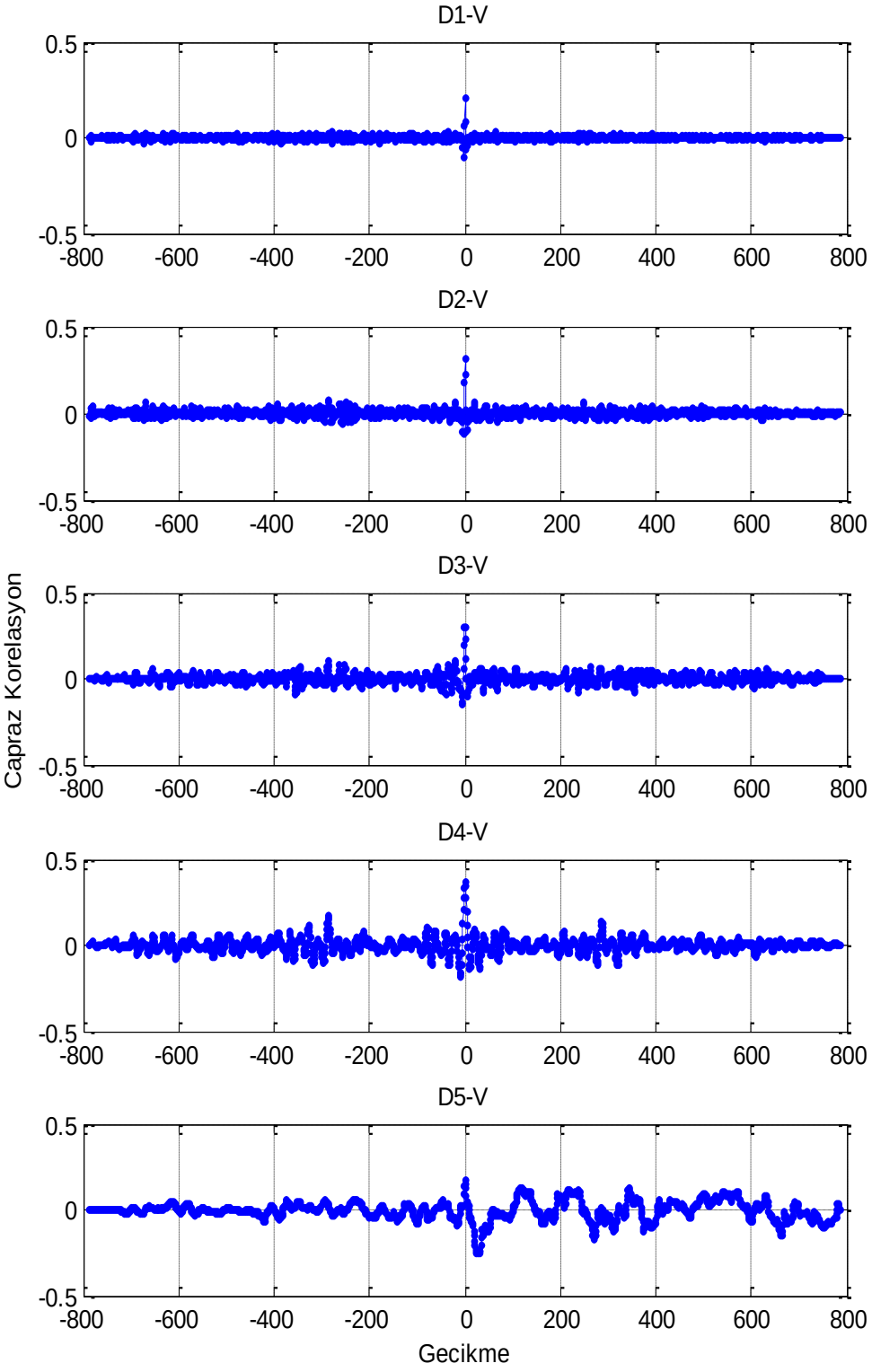
Şekil 5.28: KNYA2 kuzey, doğu ve yükseklik serilerinin detay bileşenlerinin enerji değerleri.

Şekil 5.28 incelendiğinde KNYA2 Kuzey, Doğu ve Yükseklik serilerinde en yüksek enerji D3 bileşenlerindedir, ayrıca Doğu serilerinde D6 bileşeninde de enerji yüksektir. D3 8-16 ve D6 64-128 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Bu sonuçlarla belirtilen bileşenlerin ifade ettikleri gün aralıklarında periyoda sahip aktivitelerin KNYA2 Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin karakteristiğini etkilediği görülmektedir.

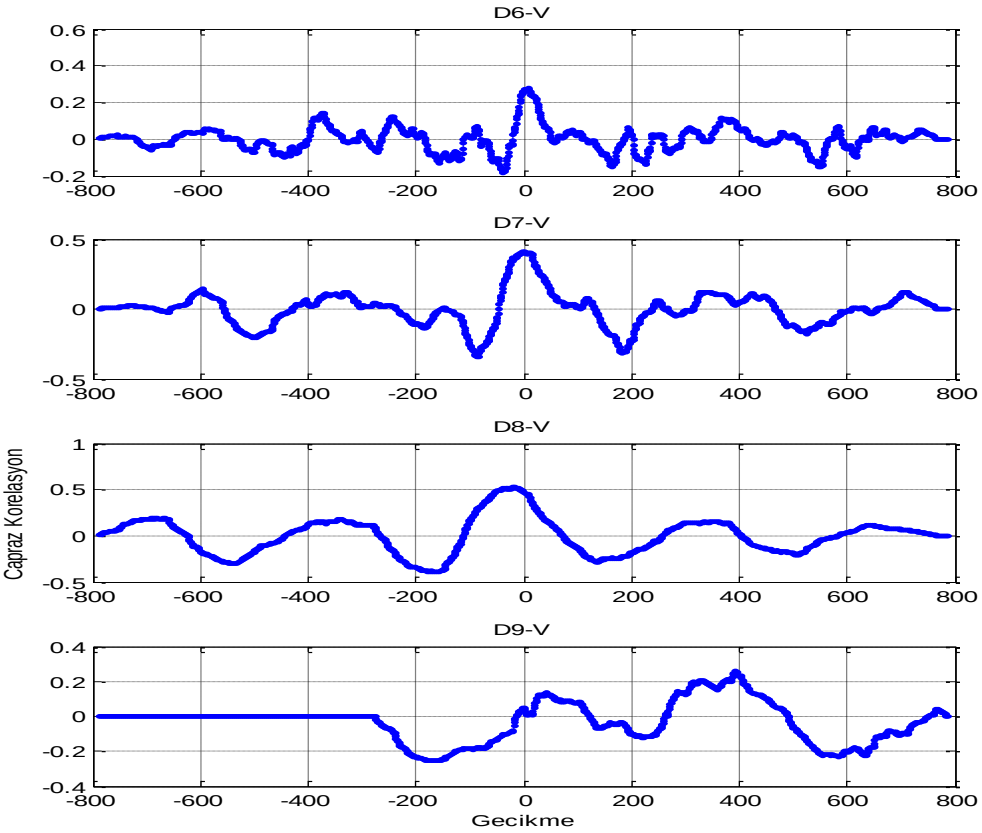
Bütün istasyonların bileşenlerinin enerji değerleri incelendiğinde ise, Kuzey ve Doğu zaman serilerinin bileşenlerindeki enerjilerin genel uyumluluk gösterdiği ve en yüksek enerjilerin özellikle D7 ve D8 bileşenlerinde elde edildiği görülmektedir. D7 bileşeni 128-256 ve D8 bileşeni 256-512 günler arası periyodiklikleri içermektedir. Yükseklik zaman serilerinde ise en yüksek enerji değeri elde edilen bileşenler farklılık göstermiştir. İlave olarak Skalogramlar bileşenlerin ana zaman serisi ile ilişkisi konusunda bilgi verdiği için çalışmaya katkı sağlamıştır.

5.4.2.3 Ana sinyal ile yaklaşım ve detay bileşenlerinin çapraz korelasyonlarının incelenmesi

Çapraz-Korelasyon sinyaller arasındaki ilişkinin kontrol edilmesi amacı ile kullanılır. İstasyonların filtrelenmiş ve trend bileşeni giderilmiş zaman serilerinin (V) ADD sonucu elde edilen Detay ve Yaklaşım bileşenleri ile çapraz korelasyonları hesaplanarak elde edilen sonuçların grafikleri verilmiştir (Burada, V ana sinyali göstermektedir).



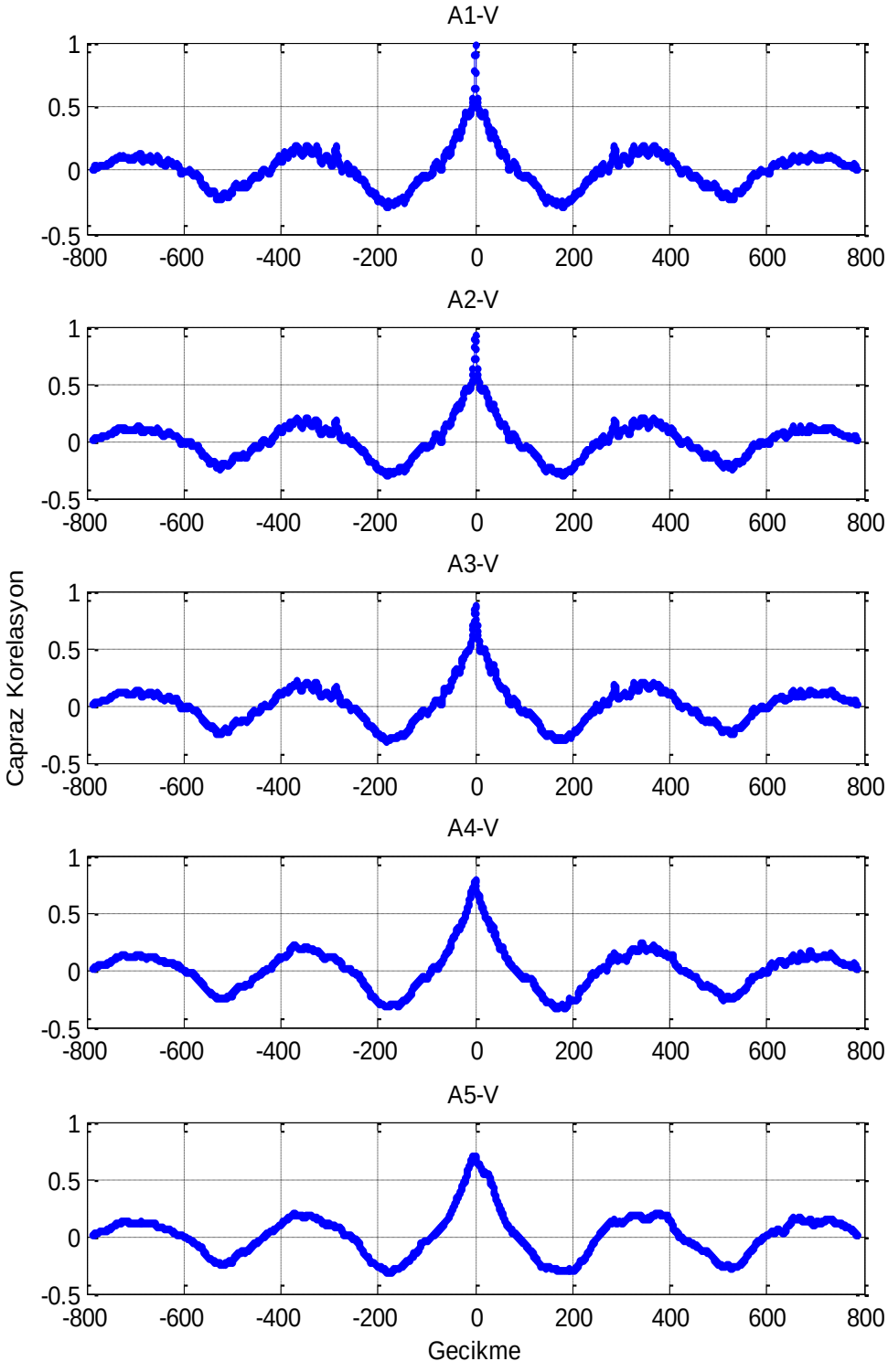
Şekil 5.29: AKHR kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



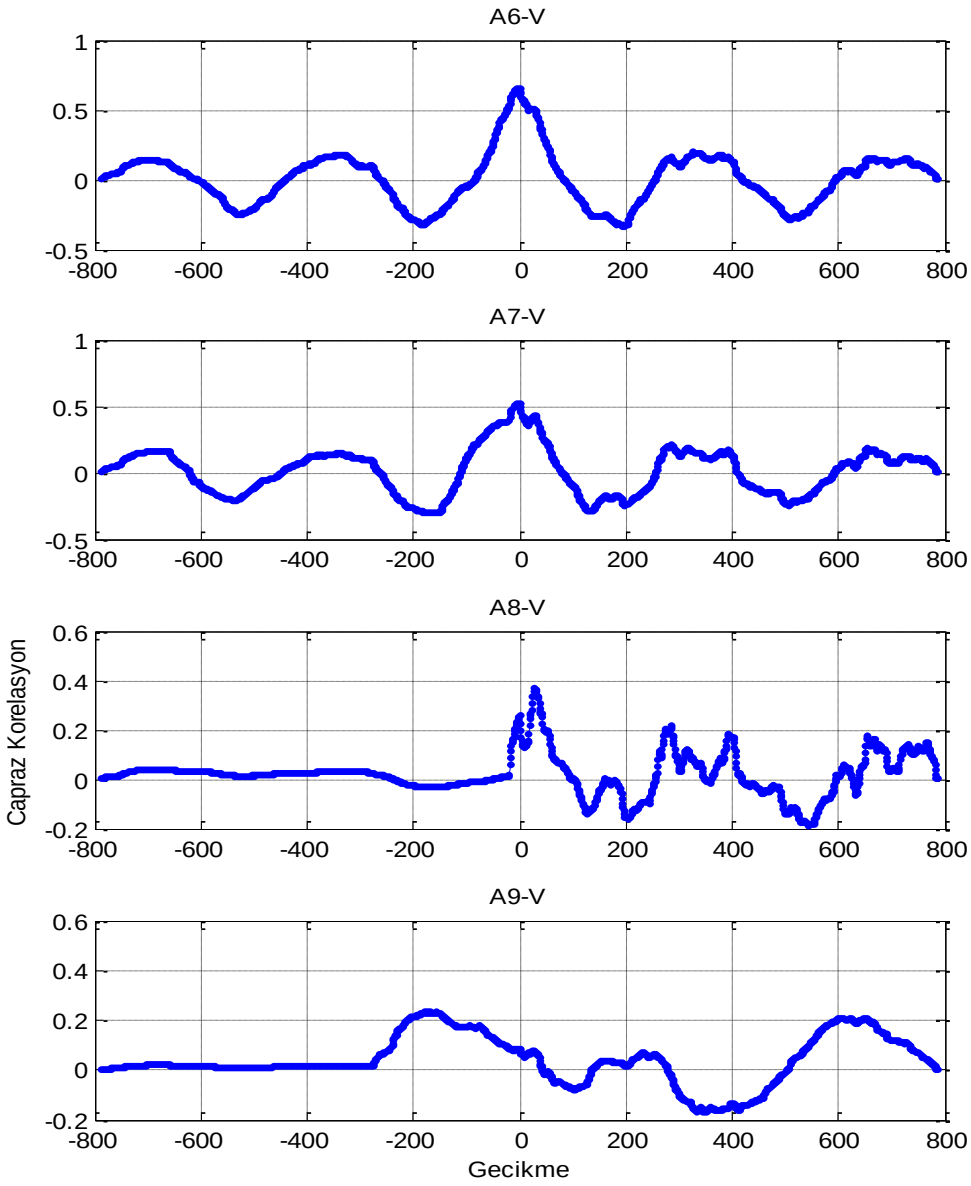
Şekil 5.30: AKHR kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.

Elde edilen çapraz korelasyon grafikleri ile Detay ve Yaklaşım bileşenlerin sinyal ile ilişkisi araştırılmış ve gecikmeler incelenmiştir. Grafikler yatayda gecikme bilgisini verirken düşeyde korelasyon değerini belirtmektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda AKHR Kuzey serilerinin Detay bileşenleri çapraz korelasyon grafiklerine bakıldığında en yüksek değer 8.Detay bileşeninde sonrasında ise 7.Detay bileşeninde elde edilmiştir. Her iki bileşende de korelasyon değeri yaklaşık 0.5'tir. Bu durum, D8 ve D9 bileşenlerinin ana zaman serisi ile ilişkisinin yüksek olduğu ve yıllık bir periyoda sahip aktivitenin istasyonunun koordinat karakteristiği üzerinde önemli olduğu sonucunu verir. Elde edilen sonuçlar Bölüm 5.4.1.3 (Skalogramlar) ve Bölüm 5.4.2.2'de elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.

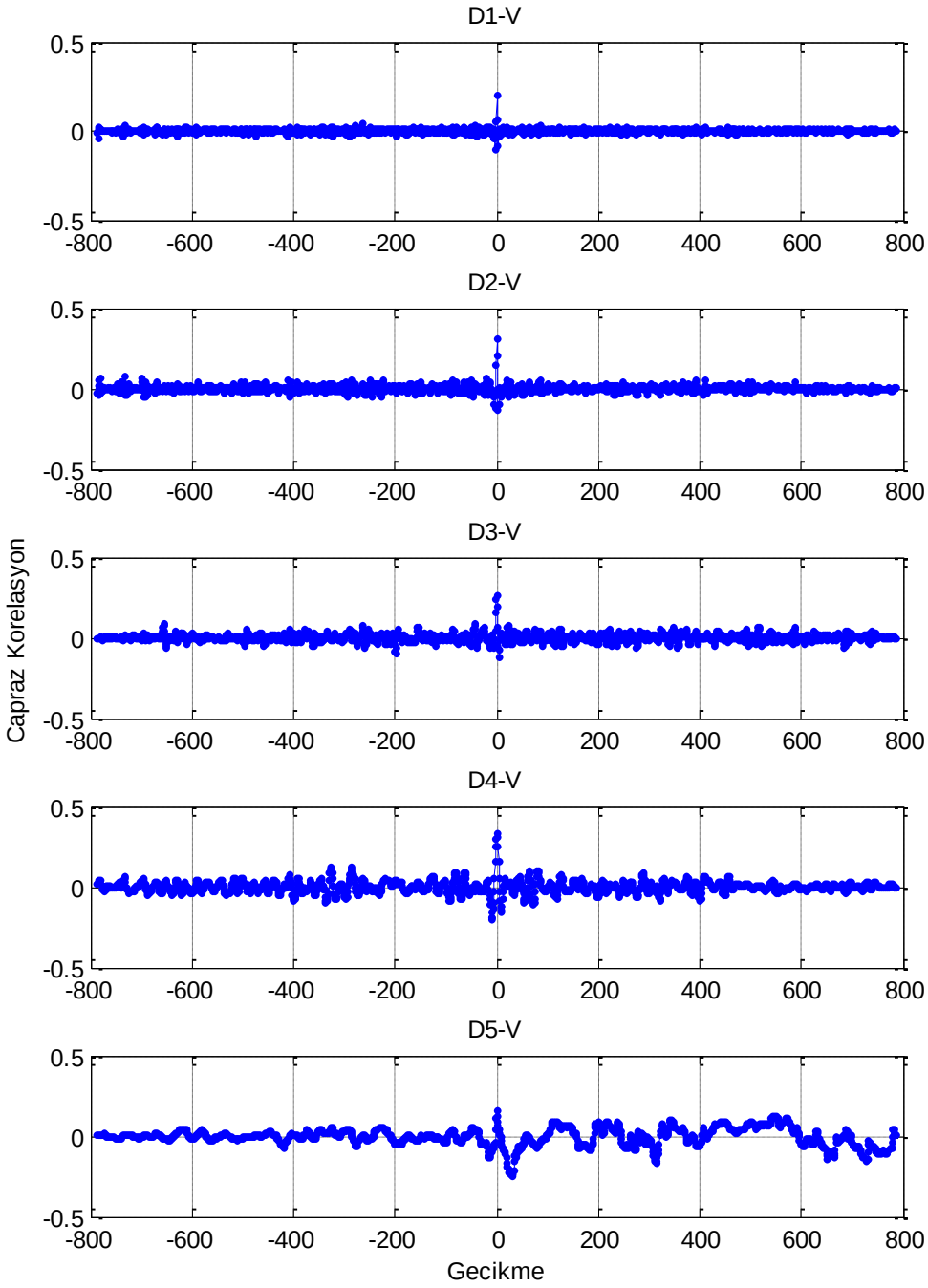


Şekil 5.31: AKHR kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



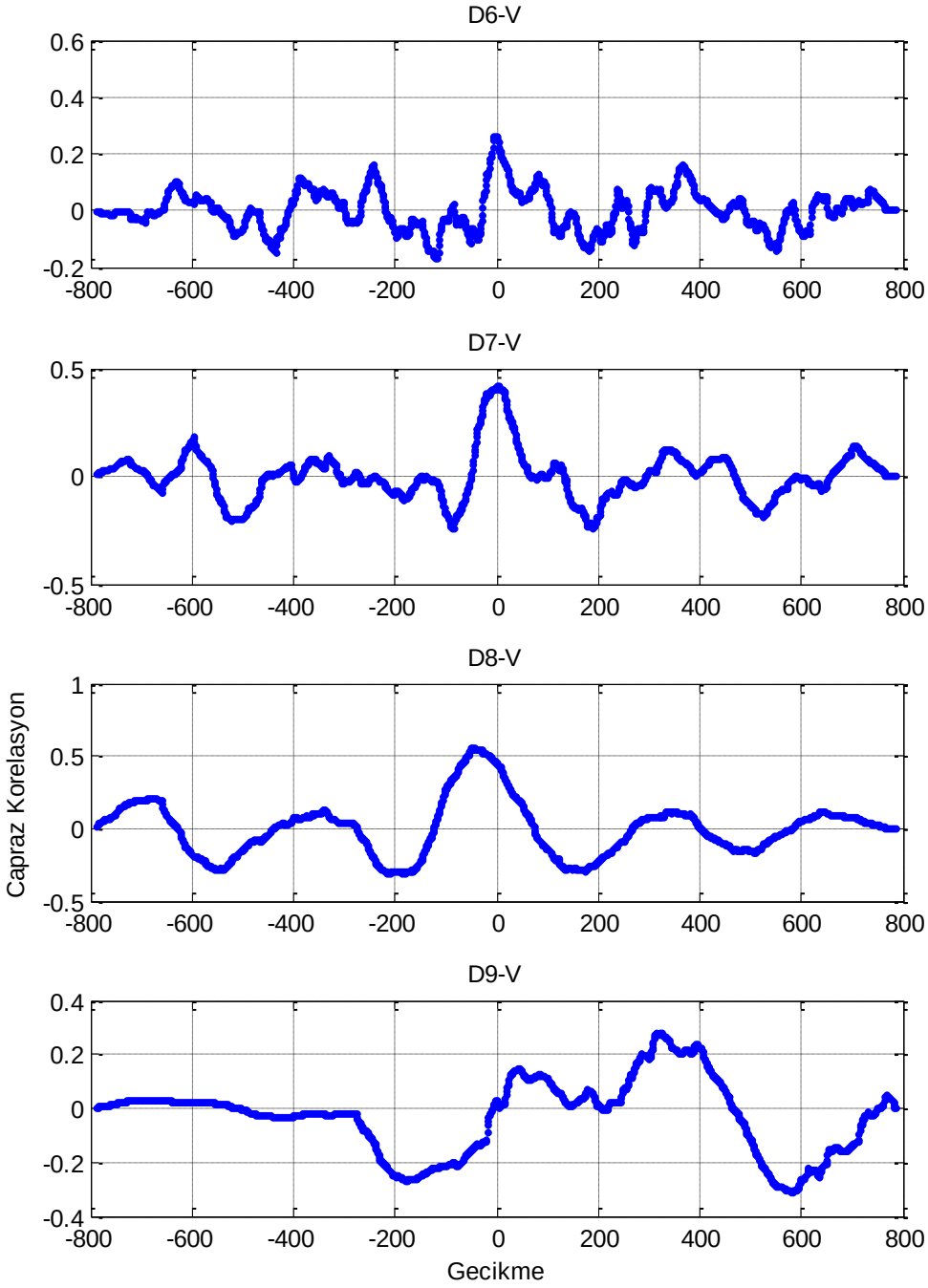
Şekil 5.32: AKHR kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.

Şekil 5.31 ve Şekil 5.32 incelendiğinde korelasyon değerleri A1'de en yüksek (yaklaşık 1) olmasına karşın A9'da en düşük (0.2) değere ulaşmıştır. Korelasyon değerleri A1'den A9'a doğru sürekli bir düşüş yaşamış ve özellikle A8 ve A9 bileşenlerinin ana zaman serisi ile ilişkisinin çok zayıf olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlar Bölüm 5.4.1.3 ve Bölüm 5.4.2.2'de elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.



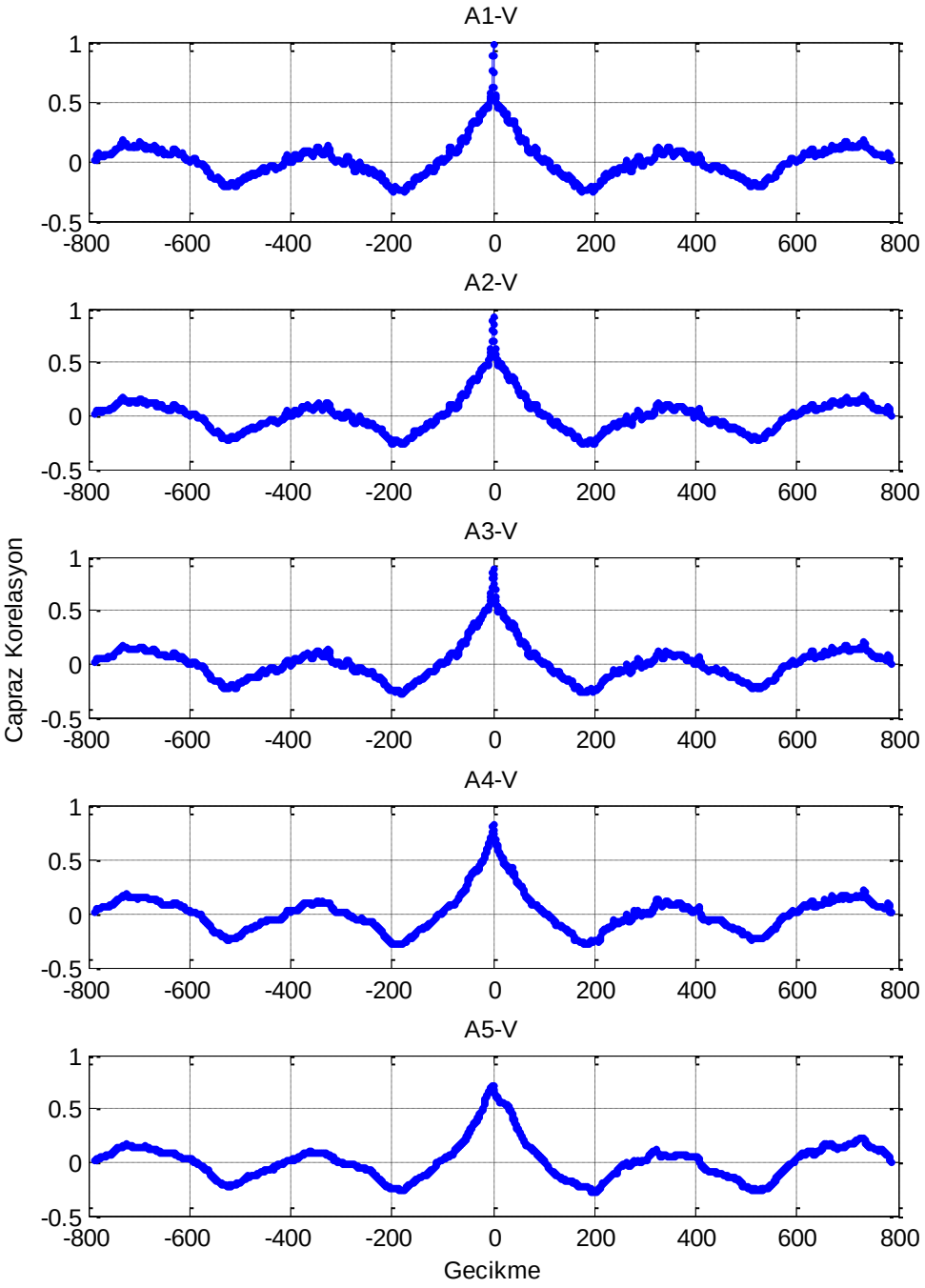
Şekil 5.33: AKHR doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.

AKHR Doğu zaman serileri ile ilk 5 Detay bileşeninin çapraz korelasyon grafiklerini veren Şekil 5.33 incelendiğinde ilk 5 bileşende korelasyonun 0 civarında değer aldığı açıkça görülmektedir. Bu sonuçlar bizi ilk 5 Detay bileşenin ana zaman serisi ile ilişkisinin çok düşük olduğu sonucuna ulaştırır.

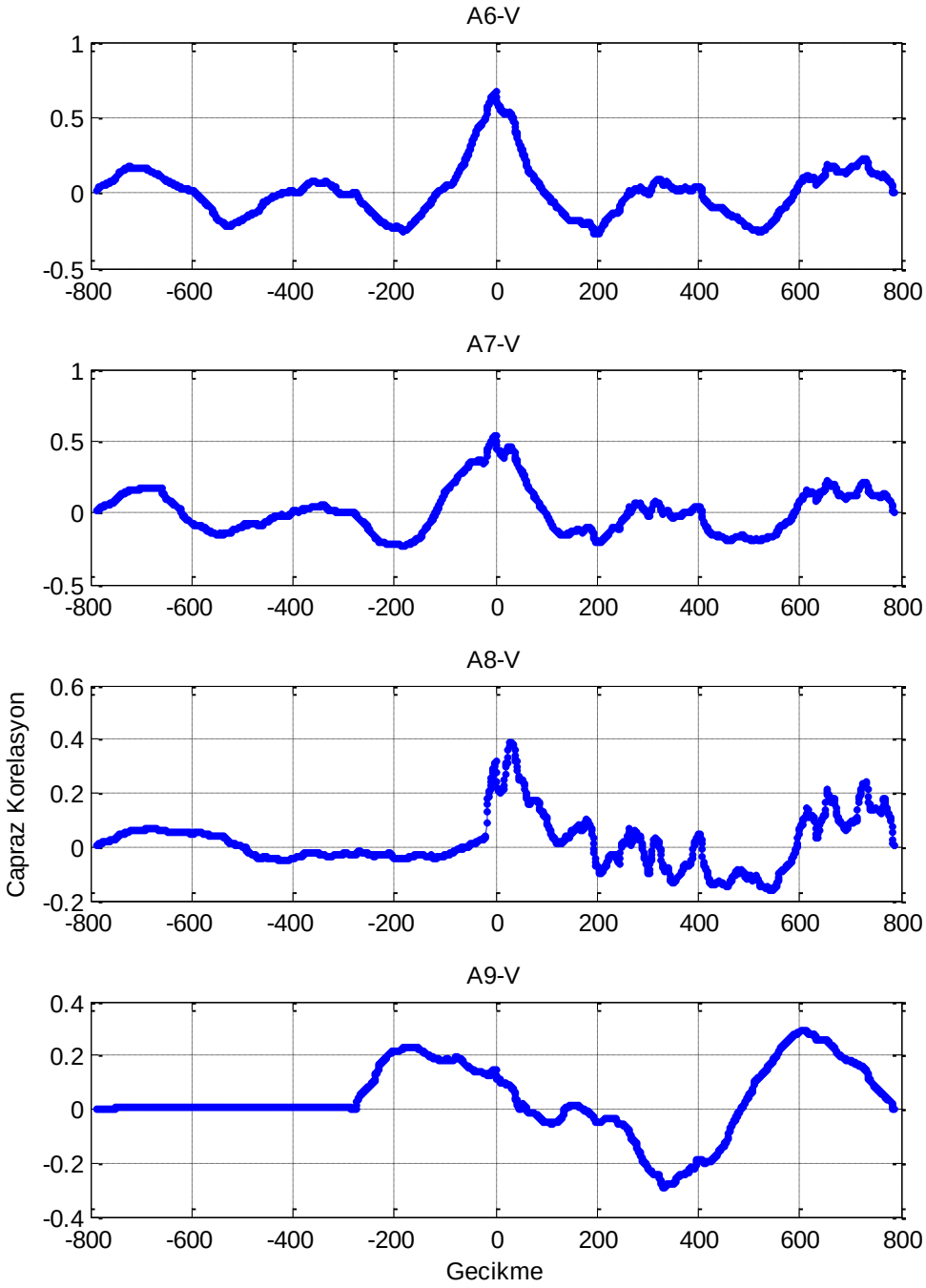


Şekil 5.34: AKHR doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.

Şekil 5.33'ün aksine Şekil 5.34'te verilen grafikler incelendiğinde bileşenlerde korelasyon değerlerinin arttığı görülmektedir. D8 ve D7 bileşenlerinde 0.5 ile en yüksek değerler elde edilmiş ve AKHR Kuzey bileşenleri ile uyumluluk görülmüştür.



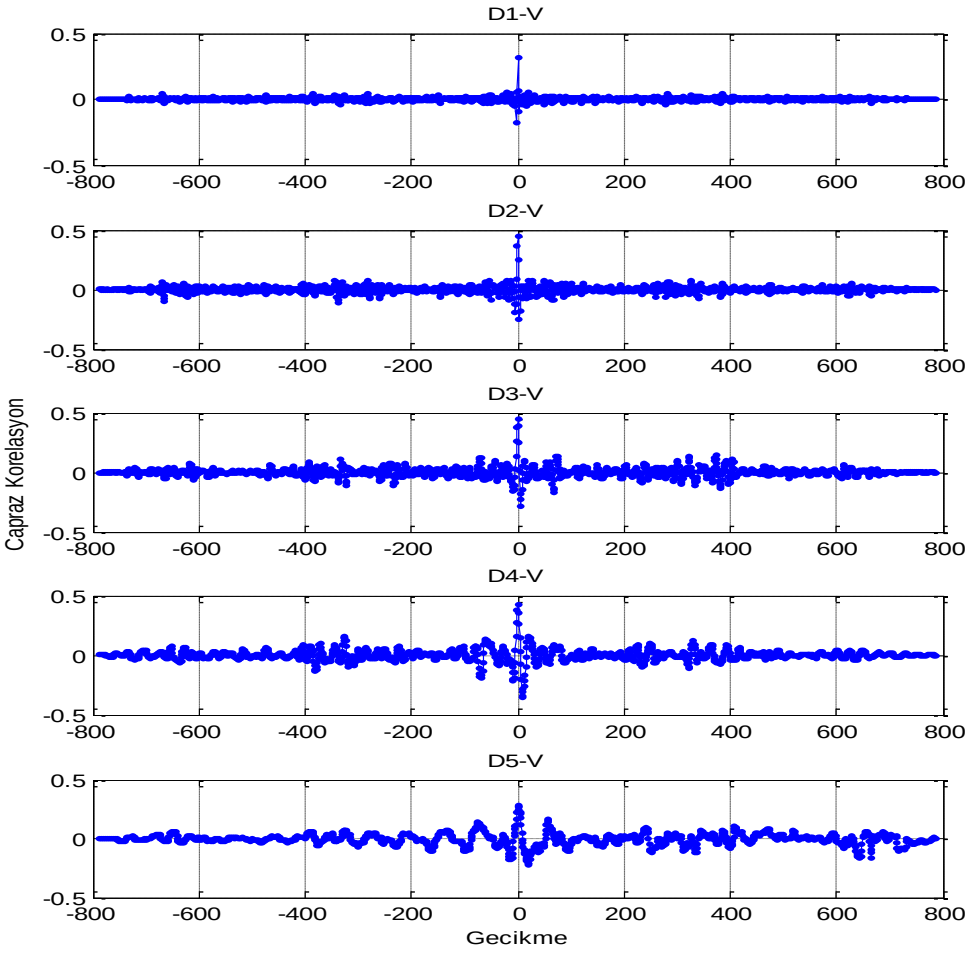
Şekil 5.35: AKHR doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



Şekil 5.36: AKHR doğu (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.

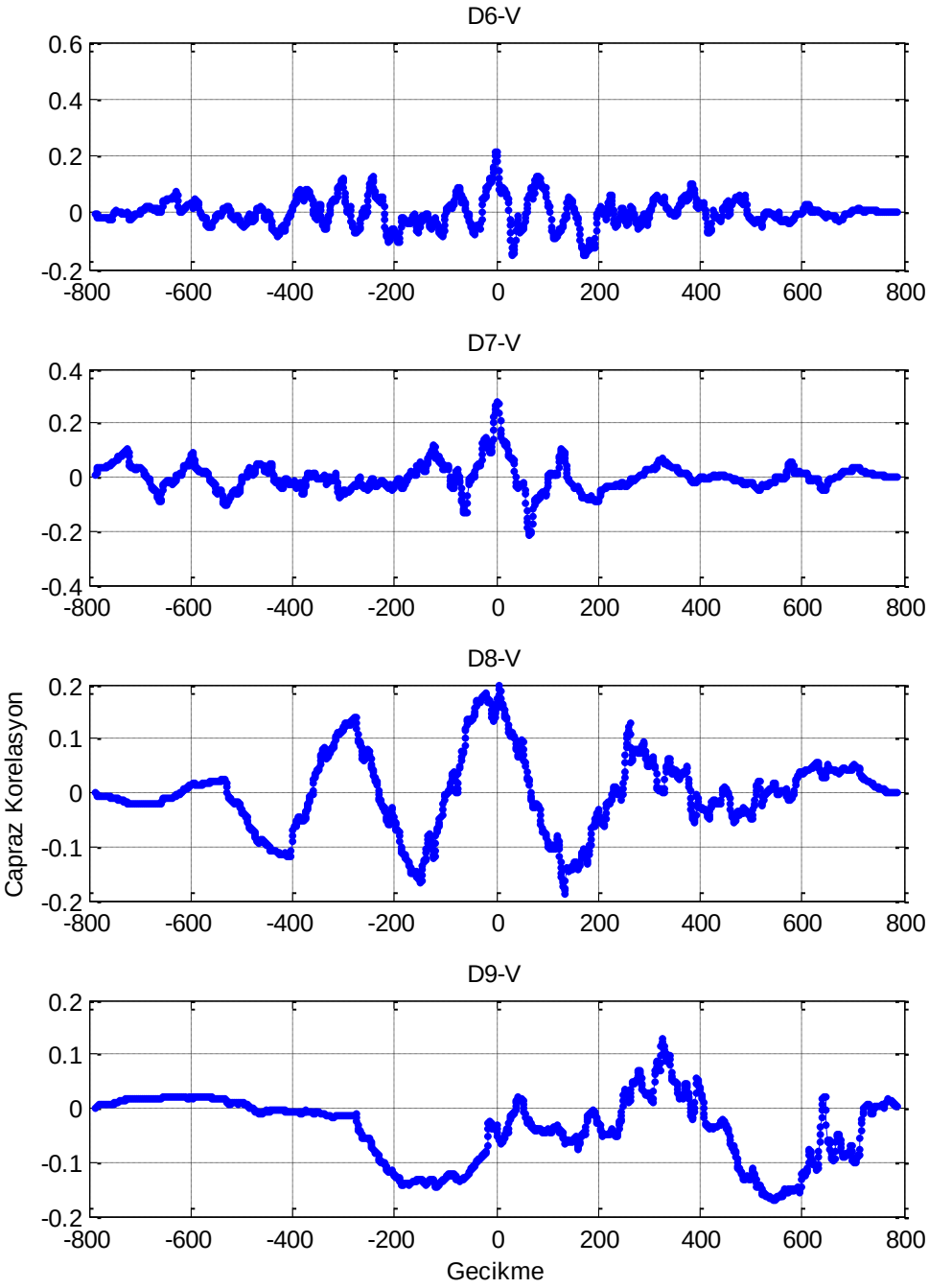
Şekil 5.35 ve Şekil 5.36 incelendiğinde korelasyon değerleri A1'de en yüksek (yaklaşık 1) olmasına karşın A9'da en düşük (0.2) değere ulaşmıştır. Korelasyon değerleri A1'den A9'a doğru sürekli bir düşüş yaşamış ve özellikle A8 ve A9 bileşenlerinin ana zaman serisi ile ilişkisinin çok zayıf olduğu sonucuna varılmıştır.

AKHR Doğu zaman serileri ile bu serilerden elde edilen Yaklaşım bileşenlerinin çapraz korelasyon sonuçları, AKHR Kuzey zaman serilerinde elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Bölüm 5.4.1.3 ve Bölüm 5.4.2.2'de elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.

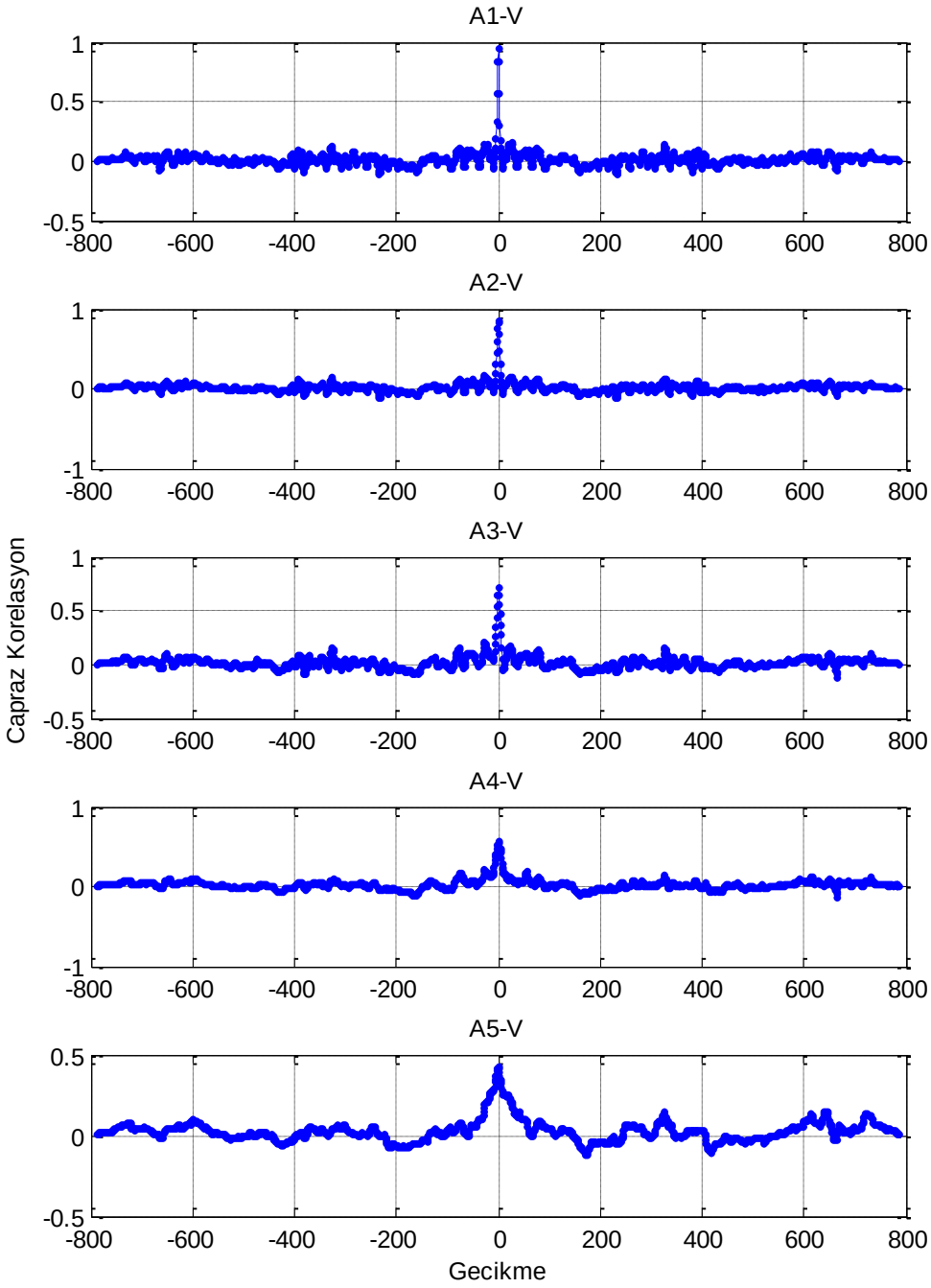


Şekil 5.37: AKHR yükseklik (D1-D5) çapraz korelasyonlar.

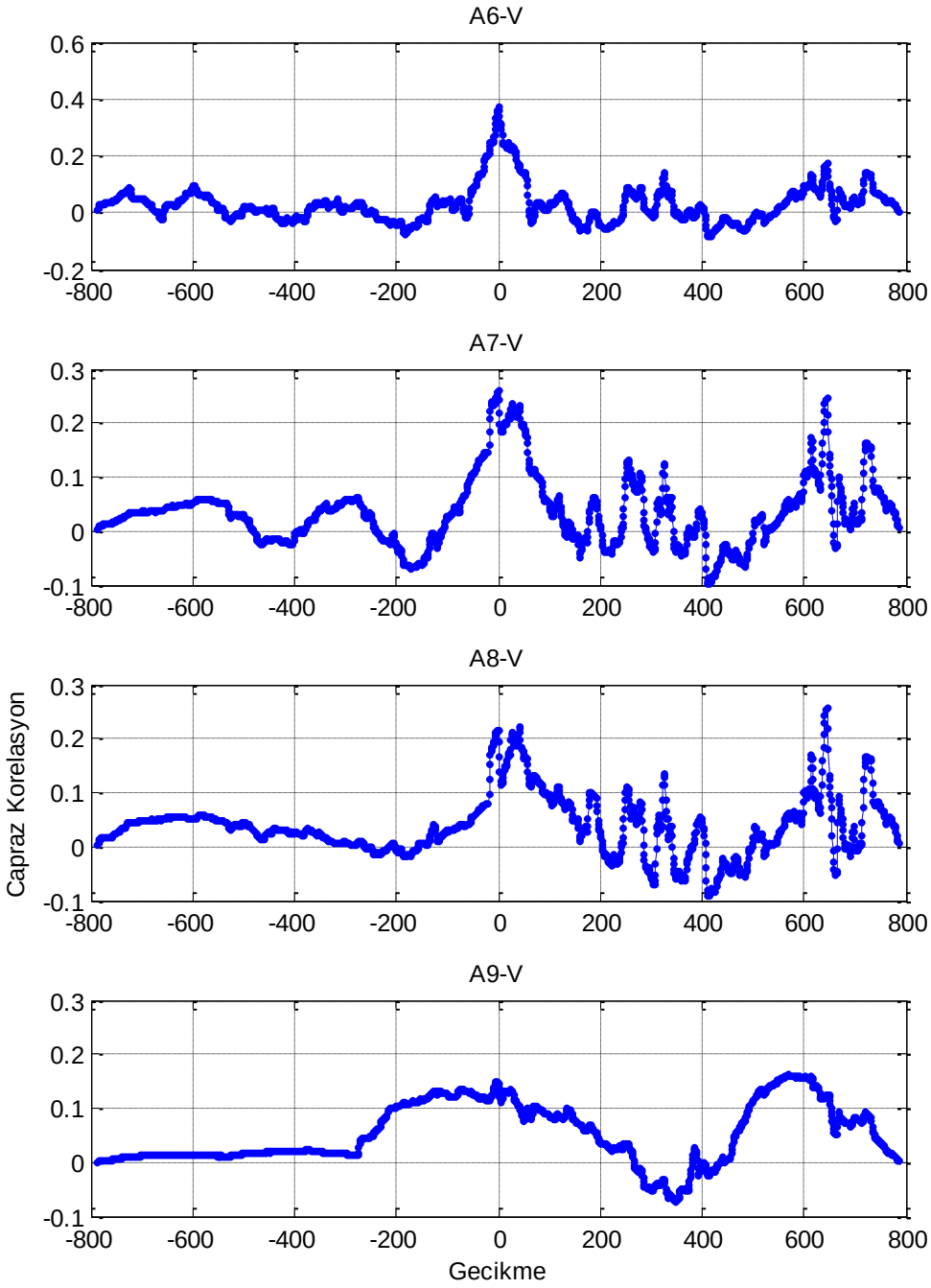
Şekil 5.37 ve Şekil 5.38 incelendiğinde Yükseklik zaman serileri için elde edilen çapraz korelasyon değerleri en yüksek D2, D3, D4 ve D5'de olup yaklaşık 0.5'tir AKHR Yükseklik zaman serilerinden elde edilen bu sonuçlar istasyonun Kuzey ve Doğu zaman serilerinden elde edilen sonuçlarla uyumlu değildir, ancak Şekil 5.18 AKHR Yükseklik zaman serisinin detay bileşenlerinin enerji değerlerini doğrulamaktadır.



Şekil 5.38: AKHR yükseklik (D6-D9) çapraz korelasyonlar.



Şekil 5.39: AKHR yükseklik (A1-A5) çapraz korelasyonlar.



Şekil 5.40: AKHR yükseklik (A6-A9) çapraz korelasyonlar.

AKHR Yükseklik zaman serileri ile bu serilerden elde edilen Yaklaşım bileşenleri arasında elde edilen çapraz korelasyon grafikleri Şekil 5.39 ve Şekil 5.40'de verilmiştir. Çapraz korelasyon değerleri A1'de en yüksek (yaklaşık 1) olmasına karşın A9'da en düşük (0.1) değere ulaşmıştır. Korelasyon değerleri A1'den A9'a

doğru sürekli bir düşüş yaşamış ve bu durum AKHR Kuzey ve AKHR Doğu zaman serilerinde elde edilen sonuçlarla uyumludur. Ancak A7 bileşeni yaklaşık 0.2 değeri ile Kuzey ve Doğu zaman serilerinden elde edilen sonuçlarla farklılık göstermiştir.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa çalışmada kullanılan GNSS istasyonlarının günlük koordinat değerlerinden oluşan filtrelenmiş ve trend bileşeni giderilmiş zaman serileri ile bu serilerin ÇÇA ile ayrışımı sonucu elde edilen Yaklaşım ve Detay bileşenleri arasında çapraz korelasyonları hesaplanmış ve bu hesaplar grafiklerle gösterilmiştir. Elde edilen grafiklerin sayısının çok olmasından dolayı bu bölümde sadece AKHR istasyonu ile ilgili grafikler verilmiştir. Değerlendirmelerin sonucunda Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin (ana seri) Yaklaşım bileşenleri zaman serileri ile ilişkisi çok güçlü ancak Detay bileşenleri zaman serileri ile zayıftır. Detay bileşenlerinde aynı istasyon için Kuzey ve Doğu zaman serileri için yapılan analiz sonuçları benzerlik gösterirken, Yükseklik zaman serilerinde elde edilen sonuçlar bu iki koordinat bileşeninden farklılık göstermektedir. Her üç koordinat bileşeni için elde edilen sonuçlar Bölüm 5.4.1.3 ve Bölüm 5.4.2.2'de elde edilen sonuçları doğrulamaktadır.

Çapraz-korelasyon analizinde ana seri ve bileşen seri iki farklı değişken gibi düşünülse de bileşen zaman serileri ana seriden elde edilmiştir. Bu durumda gecikmeden söz etmek mümkün değildir.

5.4.2.4 Ana sinyal ile yaklaşım ve detay bileşenlerinin korelasyonlarının incelenmesi

İstasyonların filtrelenmiş ve trend bileşeni giderilmiş zaman serilerinin ADD sonucu elde edilen Detay bileşenleri ile korelasyonları hesaplanarak elde edilen değerler tablolaştırılmıştır. Elde edilen korelasyon değerleri ile hangi detay bileşeninin sinyali daha çok temsil ettiği konusu araştırılmıştır. Çizelge 5.8'de kuzey koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.8: Kuzey koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri.

	İstasyon adı	Standart sapmadan hesaplanan korelasyonlar								
		D1-V	**D2-V**	**D3-V**	**D4-V**	**D5-V**	**D6-V**	**D7-V**	**D8-V**	**D9-V**
KUZEY	**AKHR**	0,2058	0,3139	0,3056	0,3679	0,1778	0,2602	**0,4114**	**0,4719**	0,1296
	BEYS	0,1819	0,2809	0,3689	0,2698	0,1867	0,2741	0,3674	**0,6259**	0,1089
	CIHA	0,1985	0,2541	0,3075	0,2654	0,1685	0,2661	0,3911	0,2613	**0,4250**
	KAMN	0,2819	0,3437	**0,4655**	0,3376	0,2552	0,3453	0,0965	0,1708	**0,4026**
	YUNA	0,2952	0,3801	0,3837	0,3662	0,2652	0,1790	0,3335	**0,5126**	0,0056
	AKSI1	0,1457	0,2041	0,2411	0,1810	0,2931	**0,4155**	**0,5605**	0,3746	0,2959
	AKSI2	**0,4136**	**0,5809**	**0,4395**	0,1774	0,0339	0,1298			
	KNYA1	0,3257	**0,4352**	**0,5123**	**0,4883**	0,3575	0,1846	0,1567		
	KNYA2	0,3399	**0,4424**	**0,5155**	0,3965	0,3083	0,2557	0,1313	0,3007	

Çizelge 5.8 incelendiğinde istasyonların Kuzey koordinat zaman serilerinin Detay bileşenlerinde en yüksek korelasyon değerlerinin AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA ve AKSI1 istasyonlarında 3., 7. ve 8. Detay bileşenlerinde, AKSI2, KNYA1 ve KNYA2 istasyonlarında 2., 3. ve 4. Detay bileşenlerinde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler Bölüm 5.4.2.2'de elde edilen bileşenlerin enerji spektrum değerleri ile uyumluluk göstermektedir. Çizelge 5.9'da kuzey koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.9: Kuzey koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri.

	İstasyon adı	Standart sapmadan hesaplanan korelasyonlar								
		A1-V	**A2-V**	**A3-V**	**A4-V**	**A5-V**	**A6-V**	**A7-V**	**A8-V**	**A9-V**
KUZEY	**AKHR**	**0,9786**	**0,9220**	**0,8699**	**0,7883**	**0,6984**	**0,6491**	**0,5068**	0,2325	0,0097
	BEYS	**0,9833**	**0,9423**	**0,8671**	**0,8227**	**0,8013**	**0,7507**	**0,6348**	0,0970	-0,0125
	CIHA	**0,9801**	**0,9458**	**0,8944**	**0,8542**	**0,8222**	**0,7780**	**0,6727**	**0,6199**	0,1880
	KAMN	**0,9594**	**0,8958**	**0,7652**	**0,6851**	**0,6358**	**0,5385**	**0,5244**	**0,4934**	0,2853
	YUNA	**0,9554**	**0,8766**	**0,7881**	**0,6937**	**0,6380**	**0,6117**	**0,5127**	0,0152	0,0145
	AKSI1	**0,9493**	**0,9680**	**0,9354**	**0,9169**	**0,8688**	**0,7630**	**0,5178**	0,3575	0,2276
	AKSI2	**0,9105**	**0,7010**	**0,5461**	**0,5165**	**0,5154**	**0,4988**			
	KNYA1	**0,9455**	**0,8383**	**0,6617**	**0,4462**	0,2674	0,1943	0,1149		
	KNYA2	**0,9407**	**0,8301**	**0,6522**	**0,5176**	**0,4161**	0,3282	0,3029	0,0238	

Çizelge 5.9 incelendiğinde, Kuzey koordinat zaman serilerinin serilerinin Yaklaşım bileşenlerinde en yüksek korelasyon değeri 1. seviyede elde edilmiştir. Korelasyon değerlerinde ilk seviyeden son seviyeye doğru daha düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA ve AKSI1 istasyonlarının

Yaklaşım bileşenlerinde en düşük korelasyon değerleri 9.Yaklaşım bileşeninde elde edilmiştir. Bunun sebebinin data sayısı ve ADD'de belirlenen seviye olduğu düşünülmektedir. Çizelge 5.10' da doğu koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.10: Doğu koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri.

	İstasyon adı	Standart sapmadan hesaplanan korelasyonlar								
		D1-V	D2-V	D3-V	D4-V	D5-V	D6-V	D7-V	D8-V	D9-V
DOĞU	AKHR	0,2032	0,3055	0,2645	0,3308	0,1671	0,2608	**0,4142**	**0,4522**	0,1054
	BEYS	0,2511	**0,4900**	**0,5948**	**0,5526**	0,1119	0,0631	**0,0563**	0,0819	0,0076
	CIHA	0,2296	0,3090	0,3141	0,2404	0,3007	0,3434	**0,4596**	0,3955	0,2197
	KAMN	0,2570	0,3490	**0,4060**	0,3971	0,2323	0,2782	0,2683	0,1381	**0,4063**
	YUNA	0,2969	0,3761	**0,4475**	0,3921	**0,4033**	0,2121	**0,4114**	0,1912	0,3770
	AKSI1	0,0609	0,0820	0,1236	0,1184	0,2379	**0,4464**	**0,6638**	**0,5016**	0,1014
	AKSI2	0,3609	**0,6049**	**0,4985**	0,3122	0,3346	0,0746			
	KNYA1	0,3043	**0,4027**	0,3943	0,3248	0,3427	0,3820	**0,4690**		
	KNYA2	0,2869	0,3337	0,3992	0,3484	0,2194	**0,4242**	0,3402	0,3537	

Çizelge 5.10 incelendiğinde istasyonların Doğu koordinat zaman serilerinin Detay bileşenleri ile en yüksek korelasyon değerlerleri BEYS, KAMN ve YUNA istasyonlarında 3.Detay bileşeninde elde edilmiştir. CIHA, AKSI1 ve KNYA1 istasyonlarında en yüksek korelasyon değeri 7.Detay bileşeninde elde edilmiştir. AKHR istasyonunda en yüksek korelasyon değeri 8.Detay bileşeninde, AKSI2 istasyonunda 2.Detay bileşeninde, KNYA1 istasyonunda 7.Detay bileşeninde elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Bölüm 5.4.2.2'de elde edilen bileşenlerin enerji spektrum değerleri ile uyumluluk göstermektedir. Çizelge 5.11' de doğu koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.11: Doğu koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri.

	İstasyon adı	Standart sapmadan hesaplanan korelasyonlar								
		A1-V	A2-V	A3-V	A4-V	A5-V	A6-V	A7-V	A8-V	A9-V
DOĞU	AKHR	**0,9791**	**0,9229**	**0,8842**	**0,8201**	**0,7094**	**0,6613**	**0,5233**	0,3027	0,0894
	BEYS	**0,9680**	**0,8348**	**0,5806**	0,1723	0,1315	0,1030	0,0809	-0,0098	-0,0206
	CIHA	**0,9733**	**0,9233**	**0,8682**	**0,8343**	**0,7727**	**0,6923**	**0,5177**	0,3342	0,0710
	KAMN	**0,9664**	**0,9012**	**0,8034**	**0,6957**	**0,6558**	**0,5769**	**0,5126**	**0,4897**	0,2748
	YUNA	**0,9549**	**0,8777**	**0,7551**	**0,6441**	**0,5051**	**0,4589**	0,1993	0,0580	0,0447
	AKSI1	**0,9981**	**0,9948**	**0,9869**	**0,9799**	**0,9505**	**0,8392**	**0,5134**	0,1096	0,0416
	AKSI2	**0,9326**	**0,7098**	**0,5053**	0,3973	0,2143	0,2009			
	KNYA1	**0,9526**	**0,8622**	**0,7717**	**0,6987**	**0,6066**	**0,4712**	0,0480		
	KNYA2	**0,9580**	**0,8980**	**0,7944**	**0,7101**	**0,6732**	**0,5228**	0,3697	0,1483	

Çizelge 5.11 incelendiğinde, Doğu serilerinin Yaklaşım bileşenlerinin en yüksek korelasyon değerleri 1. seviyede elde edilmiştir. Korelasyon değerlerinde ilk seviyeden son seviyeye doğru daha düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA ve AKSI1 istasyonlarının Yaklaşım bileşenlerinde en düşük korelasyon değerleri 9.Yaklaşım bileşeninde elde edilmiştir. Bunun sebebinin data sayısı ve ADD'de belirlenen seviye olduğu düşünülmektedir. Çizelge 5.12'de yükseklik koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.12: Yükseklik koordinatları ile detay bileşenleri korelasyon değerleri.

	İstasyon adı	Standart sapmadan hesaplanan korelasyonlar								
		D1-V	D2-V	D3-V	D4-V	D5-V	D6-V	D7-V	D8-V	D9-V
YÜKSEKLİK	AKHR	0,3160	**0,4545**	**0,4521**	**0,4318**	0,2804	0,2170	0,2740	0,1582	0,0499
	BEYS	0,2592	**0,4048**	**0,6477**	0,3377	0,3352	0,2994	0,1389	0,0791	0,0377
	CIHA	0,3314	**0,4758**	**0,4148**	**0,4020**	0,3094	0,2024	0,2452	0,2583	0,2476
	KAMN	0,1966	0,2724	0,3585	**0,4542**	0,3692	0,3426	0,3578	0,3561	0,1716
	YUNA	0,2817	**0,4048**	**0,4234**	0,3195	0,3276	0,2744	0,3599	0,3808	0,0524
	AKSI1	0,2795	0,3418	0,3274	0,2936	0,3139	0,2865	**0,4240**	**0,4593**	0,1708
	AKSI2	**0,4644**	**0,4753**	**0,4475**	**0,4884**	0,3297	0,0179			
	KNYA1	0,3625	0,3403	**0,5224**	**0,4162**	0,1712	**0,4760**	0,1711		
	KNYA2	0,3162	**0,4343**	**0,4390**	0,3673	0,2012	0,2446	0,2556	0,3843	

Çizelge 5.12 incelendiğinde istasyonların Yükseklik serilerinin Detay bileşenlerinin en yüksek korelasyon değerleri AKHR ve CIHA istasyonlarında 2.Detay bileşeninde elde edilmiştir. YUNA, KNYA1 ve KNYA2 istasyonlarında en yüksek korelasyon

değerinin 3.Detay bileşeninde elde edilmiştir. BEYS, KAMN ve AKSI2 istasyonlarında en yüksek korelasyon değeri 4.Detay bileşeninde, AKSI1 istasyonunda ise 8.Detay bileşeninde elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Bölüm 5.4.2.2'de elde edilen bileşenlerin enerji spektrum değerleri ile uyumluluk göstermektedir. Çizelge 5.13' te yükseklik koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.13: Yükseklik koordinatları ile yaklaşım bileşenleri korelasyon değerleri.

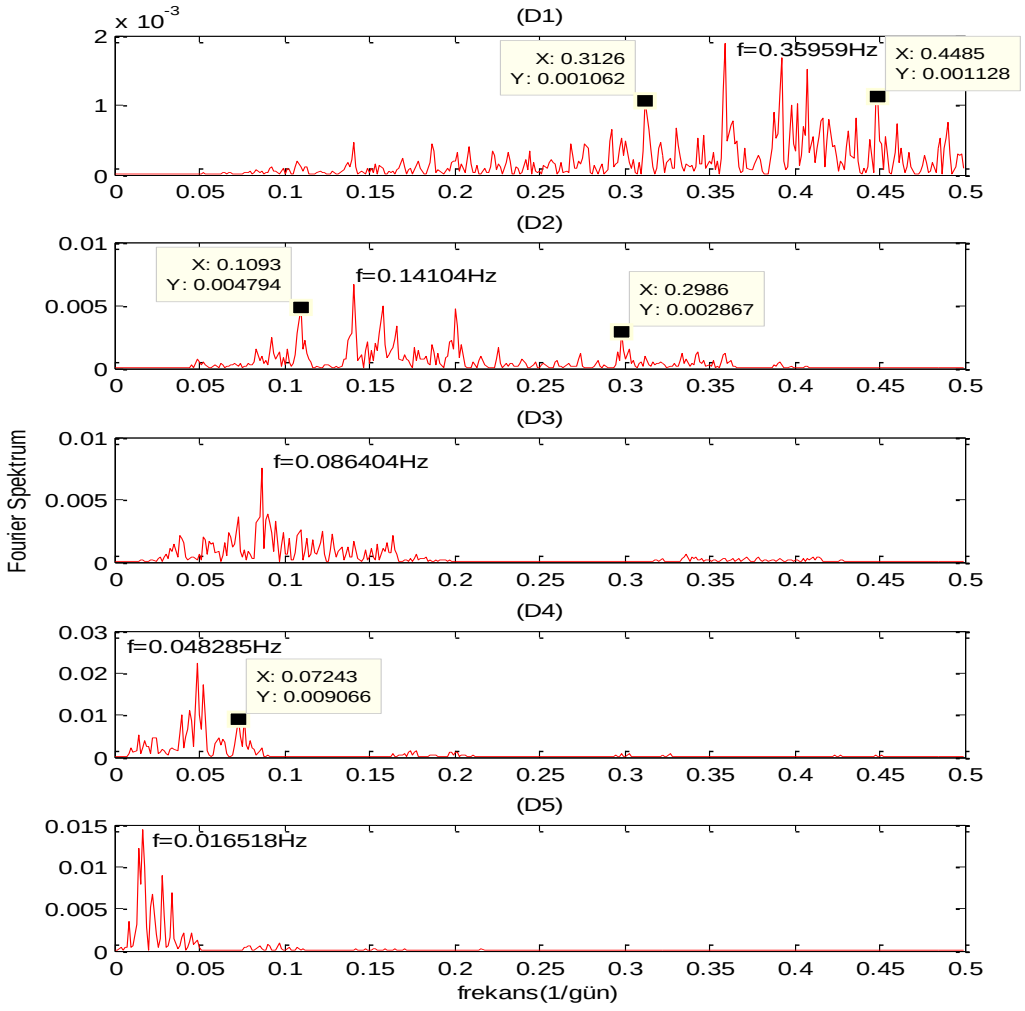
		Standart sapmadan hesaplanan korelasyonlar								
YÜKSEKLİK	**İstasyon adı**	**A1-V**	**A2-V**	**A3-V**	**A4-V**	**A5-V**	**A6-V**	**A7-V**	**A8-V**	**A9-V**
	AKHR	**0,9488**	**0,8358**	**0,7030**	**0,5548**	**0,4014**	0,3404	0,2166	0,1616	0,0575
	BEYS	**0,9658**	**0,8769**	**0,5911**	**0,4851**	0,3507	0,1834	0,1213	0,0941	0,0863
	CIHA	**0,9435**	**0,8147**	**0,7012**	**0,5745**	**0,4934**	**0,4500**	0,3774	0,2756	0,0169
	KAMN	**0,9805**	**0,9419**	**0,8698**	**0,7414**	**0,6430**	**0,5416**	**0,4054**	0,1960	0,0991
	YUNA	**0,9595**	**0,8700**	**0,7600**	**0,6843**	**0,5940**	**0,5257**	0,3843	0,0511	-0,0188
	AKSI1	**0,9601**	**0,8972**	**0,8347**	**0,7803**	**0,7144**	**0,6544**	**0,4985**	0,1939	0,0923
	AKSI2	**0,8856**	**0,7473**	**0,5986**	0,3461	0,1052	0,1036			
	KNYA1	**0,9320**	**0,8677**	**0,6926**	**0,5537**	**0,5266**	0,2264	0,1477		
	KNYA2	**0,9487**	**0,8435**	**0,7208**	**0,6211**	**0,5875**	**0,5341**	**0,4424**	0,2645	

Çizelge 5.13 incelendiğinde Yükseklik serilerinin Yaklaşım bileşenlerinde en yüksek korelasyon değerleri 1. seviyede elde edilmiştir. Korelasyon değerlerinde ilk seviyeden son seviyeye doğru daha düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. AKHR istasyonunda 7.Yaklaşım bileşeninde, BEYS istasyonunda 6.Yaklaşım bileşeninde, KAMN, YUNA ve AKSI1 istasyonlarında 8.Yaklaşım bileşende elde edilen korelasyon değerleri bir önceki bileşenin korelasyon değerine göre oldukça düşüktür. Bu düşüşün sebebi belirtilen seviyelerdeki Yaklaşım bileşenlerin sinyali temsil etmedeki zayıflığından kaynaklanmaktadır. AKSI2 istasyonunda 5.Yaklaşım bileşende, KNYA1 istasyonunda 6.Yaklaşım bileşende ve KNYA2 istasyonunda 8.Yaklaşım bileşende edilen korelasyon değerleri bir önceki bileşenin korelasyon değerine göre oldukça düşüktür. Bu düşüşün sebebi de yukarıda belirtildiği gibi belirtilen seviyelerdeki Yaklaşım bileşenlerin sinyalin tamamını temsil etmedeki zayıflığından kaynaklanmaktadır. Bunun haricinde istasyonların hemen hemen hepsinde özellikle son Yaklaşım bileşende hesaplanan korelasyon değerleri çok düşüktür. Bunun sebebinin data sayısı ve ADD'de belirlenen seviye olduğu

düşünülmektedir. Hesaplanan korelasyon değerlerinde sonuçlar çapraz-korelasyon sonuçlarını doğrulamaktadır.

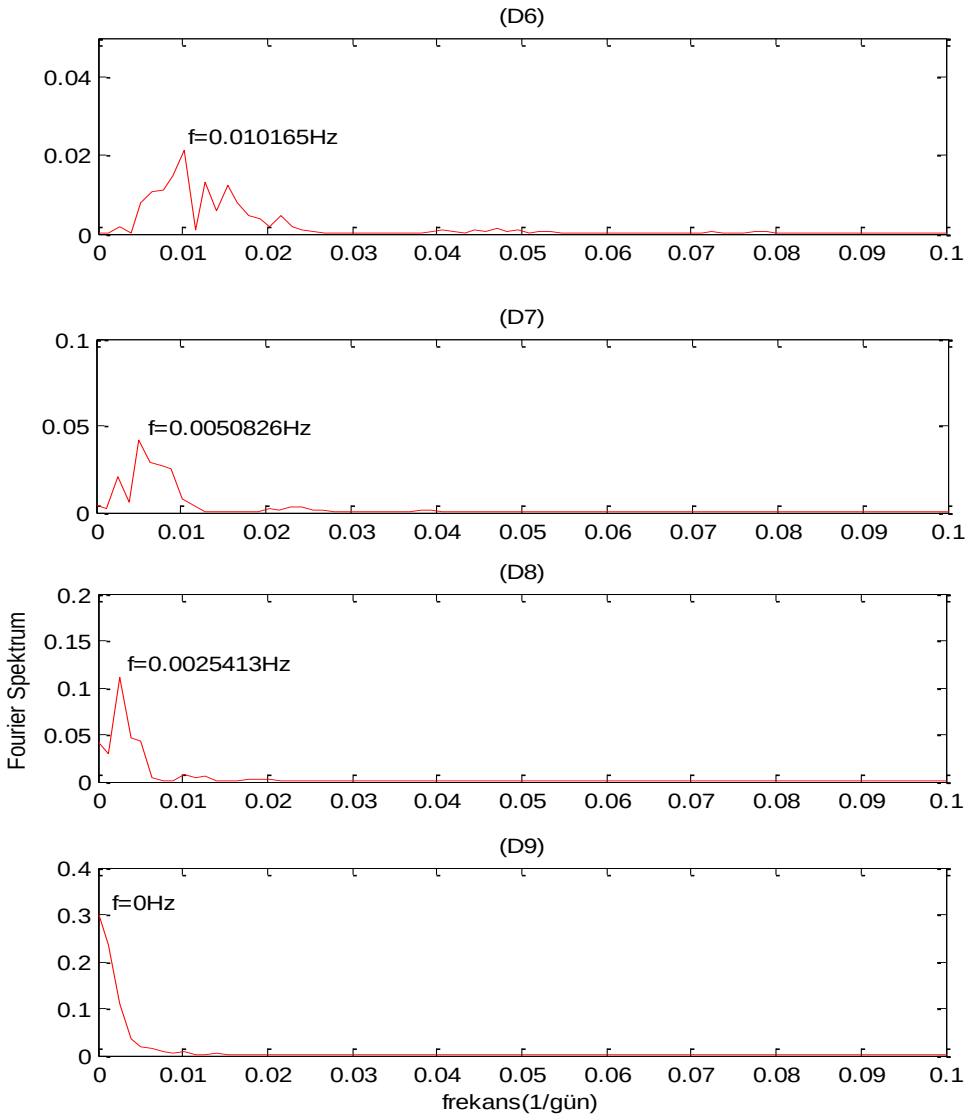
5.5. Hızlı Fourier Dönüşümünün Yaklaşım ve Detay Serilerine Uygulanması

Filtrelenmiş, trend bileşeni giderilmiş ve daha sonra da Ayrık Dalgacık Dönüşümü uygulanarak Detay ve Yaklaşım bileşenlerine ayrılmış Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin detay ve yaklaşım bileşenleri zaman serilerine HFD uygulanarak, serilerin içerdikleri frekanslar ve bu frekansların karşılık geldiği periyot değerleri hesaplanmıştır. Analizlerde dikkate alınan frekans aralığı 0-0.5 (1/gün) arasındadır. Yaklaşım ve Detay zaman serilerinin güç-frekans grafiklerinin daha net görülebilmesi işin bazı bileşenlerin grafiklerinde frekans aralığı değiştirilmiştir.



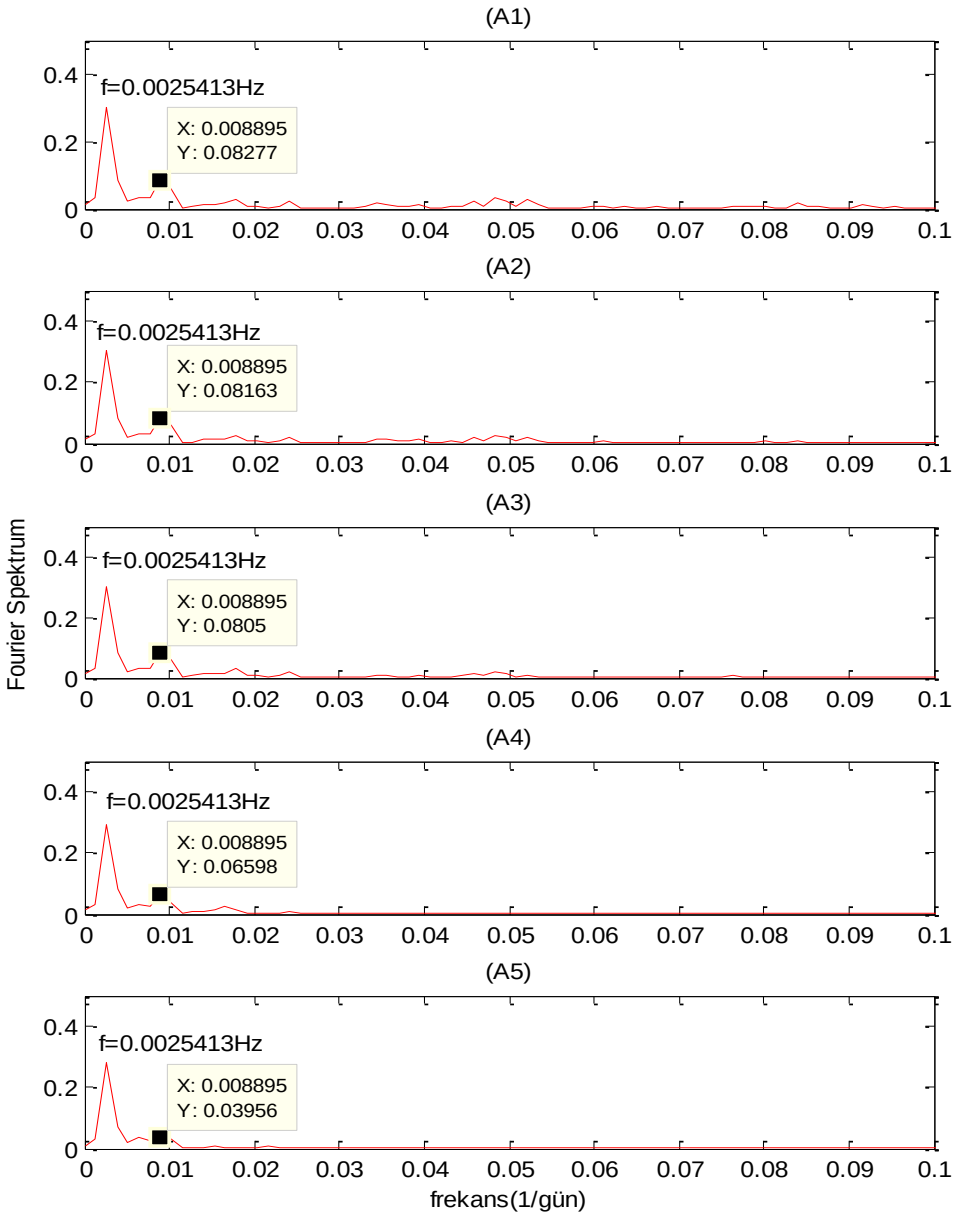
Şekil 5.41: AKHR kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.41'de verilen AKHR Kuzey D1-D5 zaman serilerinin güç-frekans değişimi grafiklerinde frekans aralığı 0-0.5 olarak belirlenmiştir. Grafiklerin yatay ekseni frekans değerini verirken, düşey eksen güç değerini belirtmektedir. En baskın frekanslar sırasıyla D1 bileşeninde $0.35959\ (1/\text{gün})$, D2 bileşeninde $0.14104\ (1/\text{gün})$, D3 bileşeninde $0.086404\ (1/\text{gün})$, D4 bileşeninde $0.048285\ (1/\text{gün})$ ve D5 bileşeninde $0.016518\ (1/\text{gün})$ değerleri elde edilmiştir.



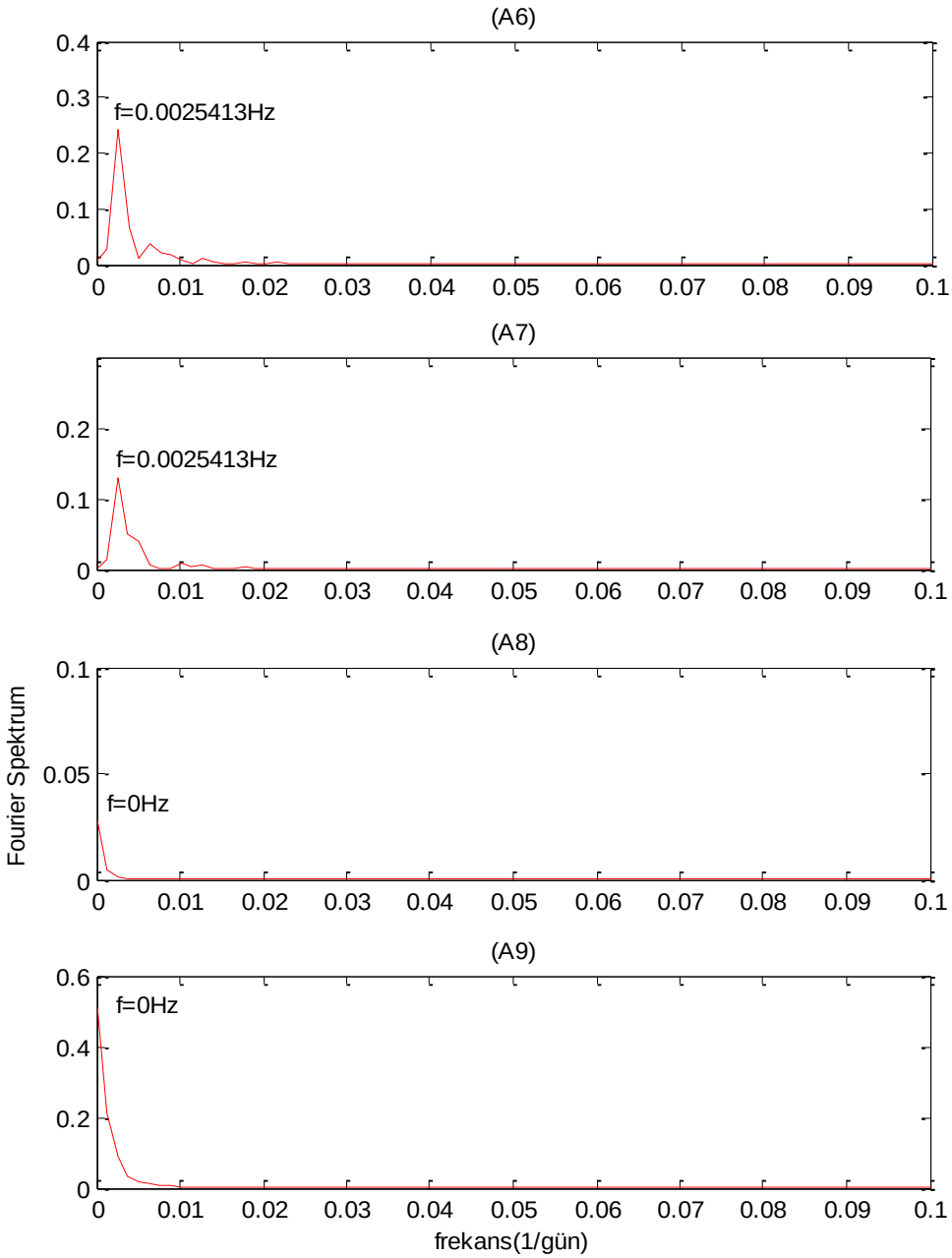
Şekil 5.42: AKHR kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri.

Frekansların daha net görülebilmesi için Şekil 5.43'te frekans aralığı 0-0.1 seçilmiştir. En baskın frekanslar sırasıyla D6 bileşeninde $0.010165\ (1/\text{gün})$, D7 bileşeninde $0.0050826\ (1/\text{gün})$, D8 bileşeninde $0.0025413\ (1/\text{gün})$ ve D9 bileşeninde $0\ (1/\text{gün})$ değerleri elde edilmiştir. D9 bileşeninde $0\ (1/\text{gün})$ değerinin elde edilmesi, bu bileşenin ana zaman serisini temsil etme noktasında zayıf olduğundan kaynaklanmaktadır.



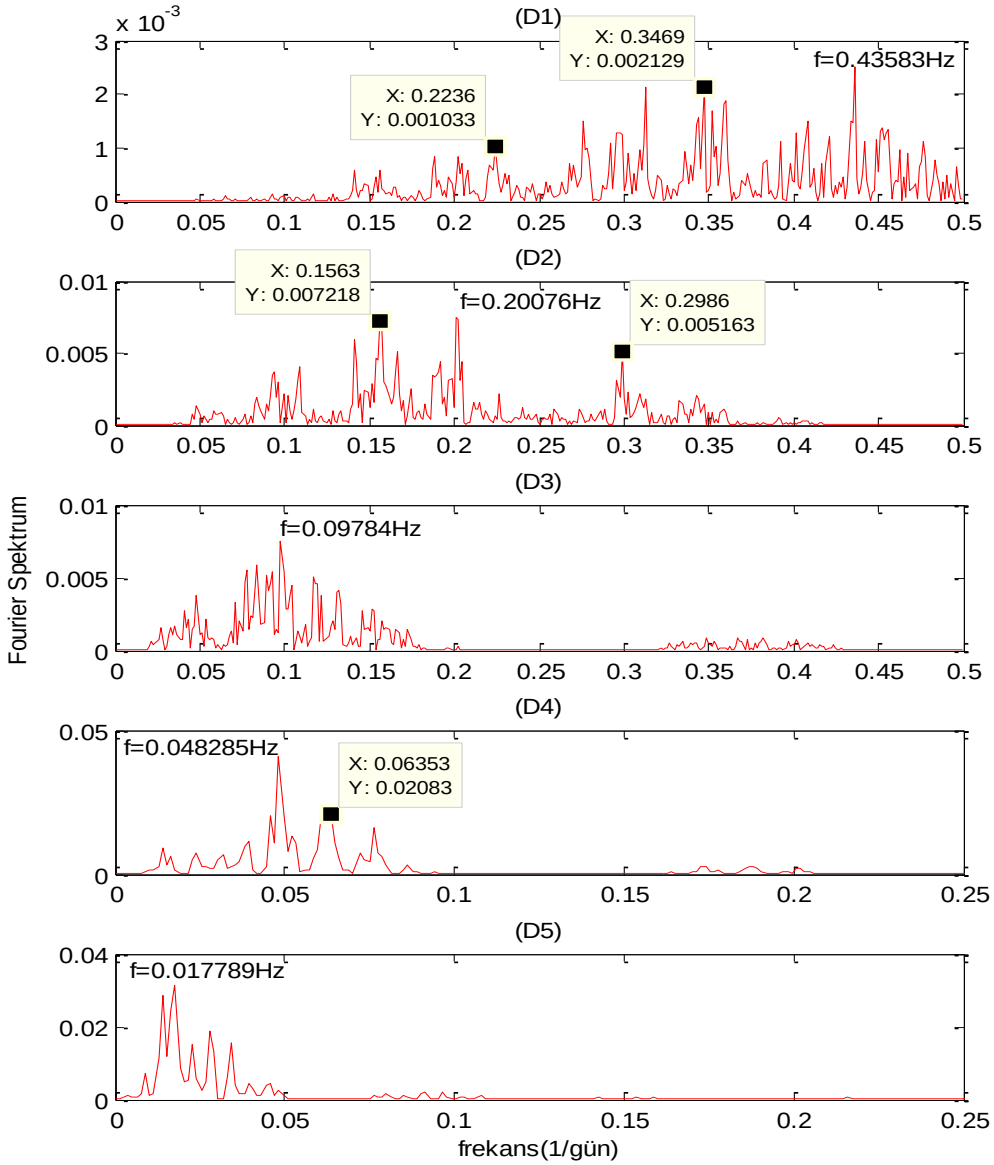
Şekil 5.43: AKHR kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.43'te verilen grafiklerde de frekans aralığı $0 - 0.1\ (1/\text{gün})$ olarak seçilmiştir. Tüm bileşenlerde belirgin olarak iki frekans elde edilmiş ve bu frekanslar $0.0025413\ (1/\text{gün})$ ve $0.008895\ (1/\text{gün})$'dir.



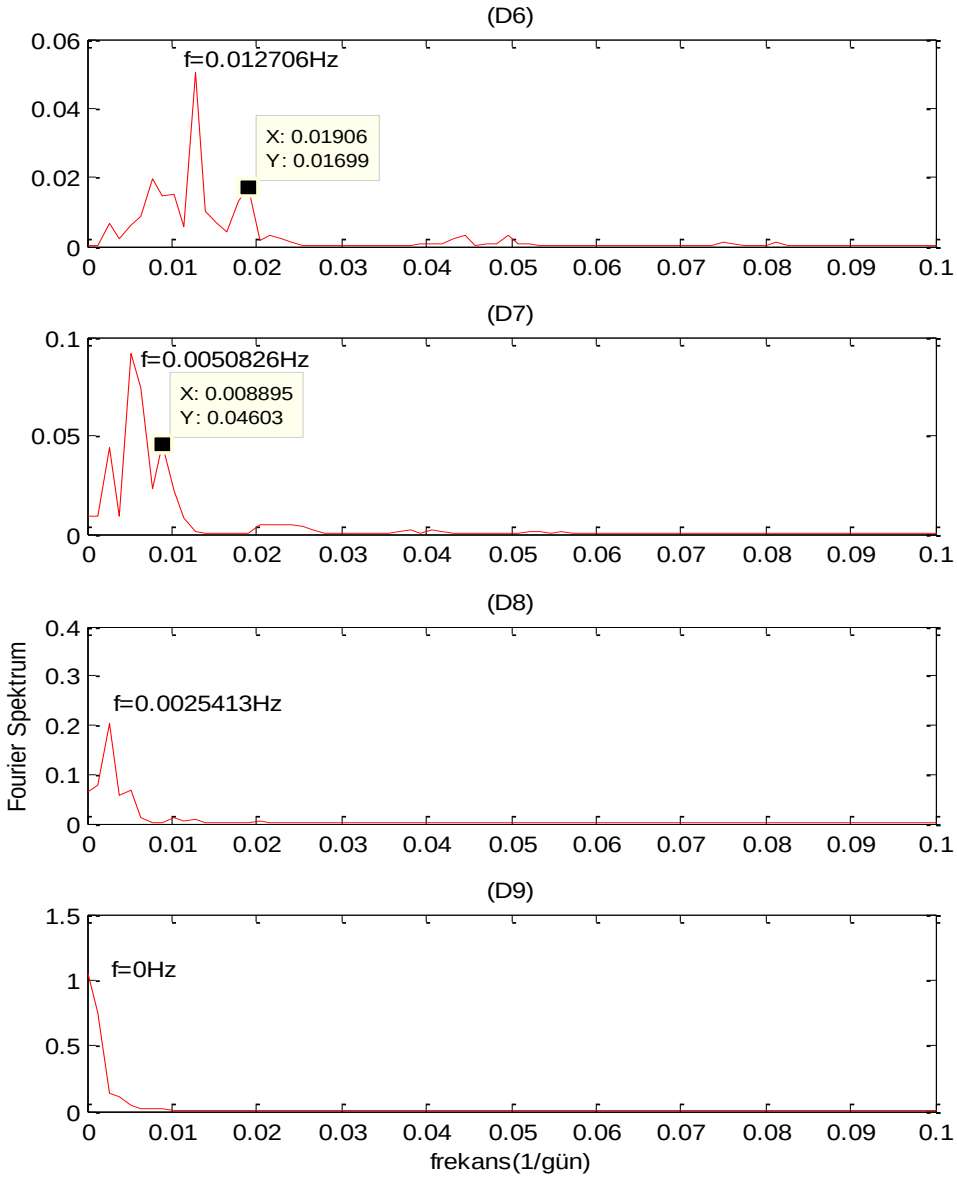
Şekil 5.44: AKHR kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.44'te verilen AKHR Kuzey A6-A9 güç-frekans grafikleri incelendiğinde A6 ve A7 bileşenlerinde $0.0025413\ (1/\text{gün})$, A8 ve A9 bileşenlerinde $0\ (1/\text{gün})$ değerleri elde edilmiştir. A6 ve A7 bileşenlerinde elde edilen frekans Şekil 5.42'de verilen A1,A2,A3,A4 ve A5 bileşenlerinde de bulunmaktadır. A8 ve A9 bileşenlerinde $0\ (1/\text{gün})$ değerinin elde edilmesi, bu bileşenlerin ana zaman serisi ile ilişkisinin zayıf olmasından kaynaklanmaktadır.



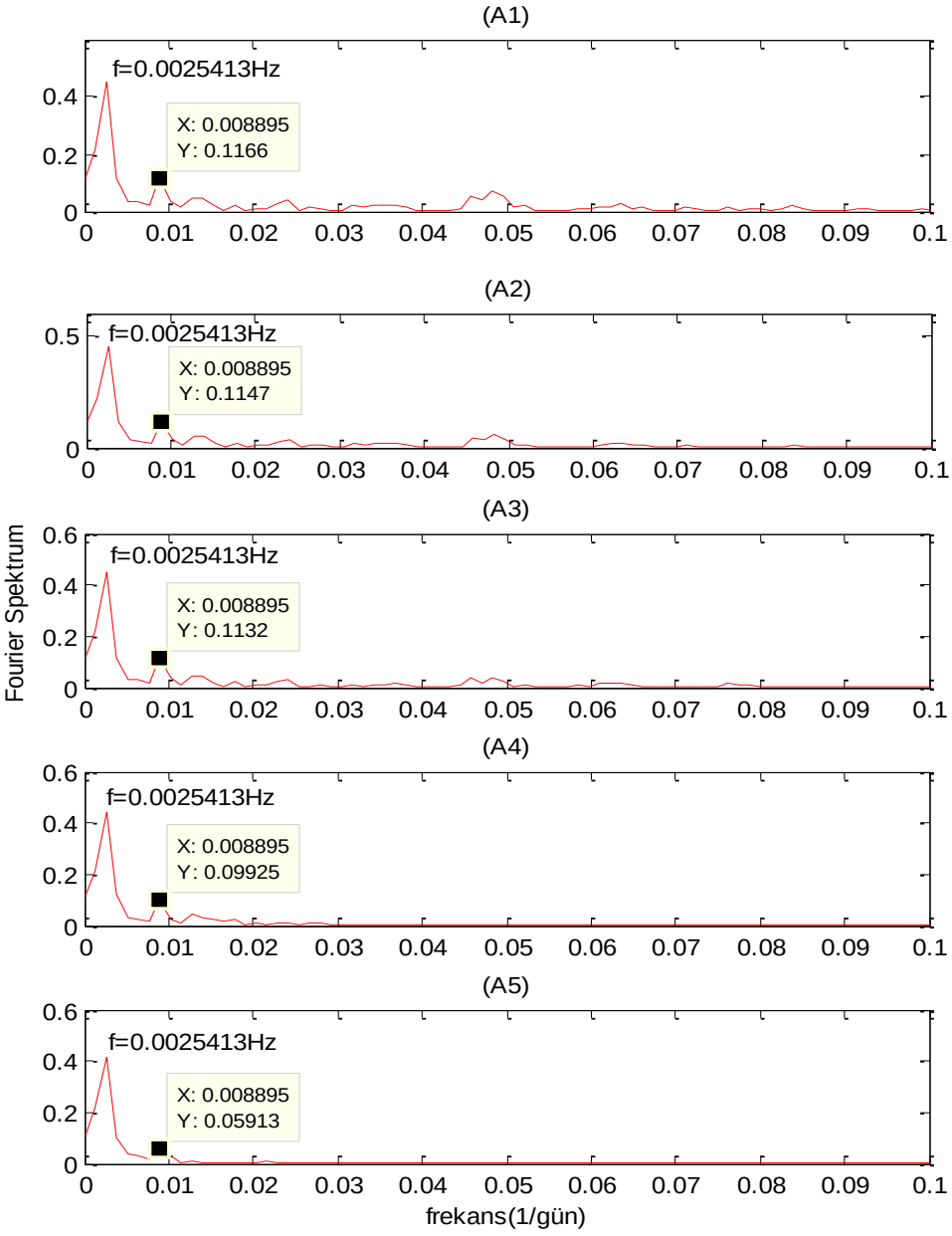
Şekil 5.45: AKHR doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.45'te verilen AKHR Doğu D1-D5 bileşenlerine ait grafikler incelendiğinde en yüksek frekans değerleri D1 bileşeninde $0.43583\ (1/\text{gün})$, D2 bileşeninde $0.20076\ (1/\text{gün})$, D3 bileşeninde $0.09784\ (1/\text{gün})$, D4 bileşeninde $0.048285\ (1/\text{gün})$ ve D5 bileşeninde $0.017789\ (1/\text{gün})$ değerleri elde edilmiştir. Frekansların daha net görülebilmesi için D4 ve D5 bileşenlerinde frekans aralığı $0 - 0.25\ (1/\text{gün})$ olarak belirlenmiştir.



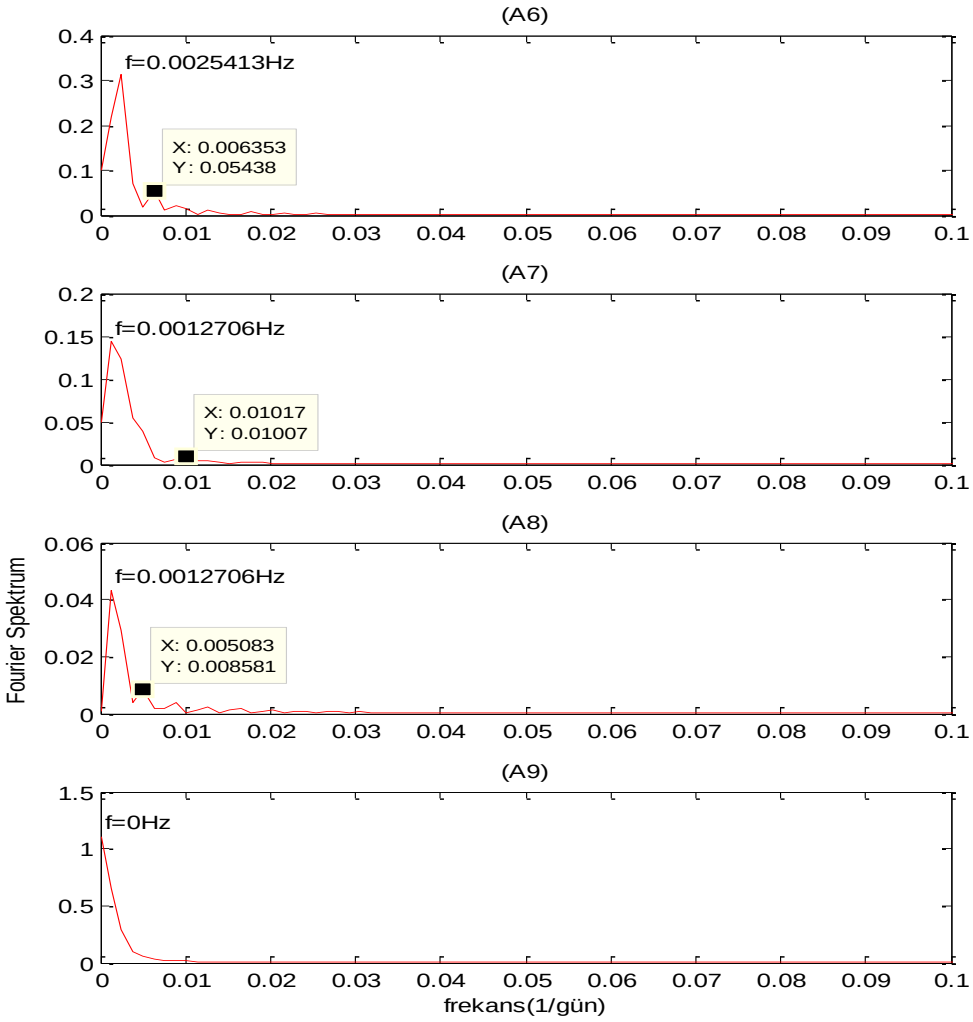
Şekil 5.46: AKHR doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.46'da verilen AKHR Doğu D6-D9 bileşenlerine ait grafikler incelendiğinde en yüksek frekans değerleri D6 bileşeninde $0.012706\ (1/\text{gün})$, D7 bileşeninde $0.0050826\ (1/\text{gün})$, D8 bileşeninde $0.0025413\ (1/\text{gün})$ ve D9 bileşeninde $0\ (1/\text{gün})$ değerleri elde edilmiştir. Frekansların daha net görülebilmesi için tüm bileşenlerin grafiklerinde frekans aralığı $0-0.1\ (1/\text{gün})$ olarak belirlenmiştir.



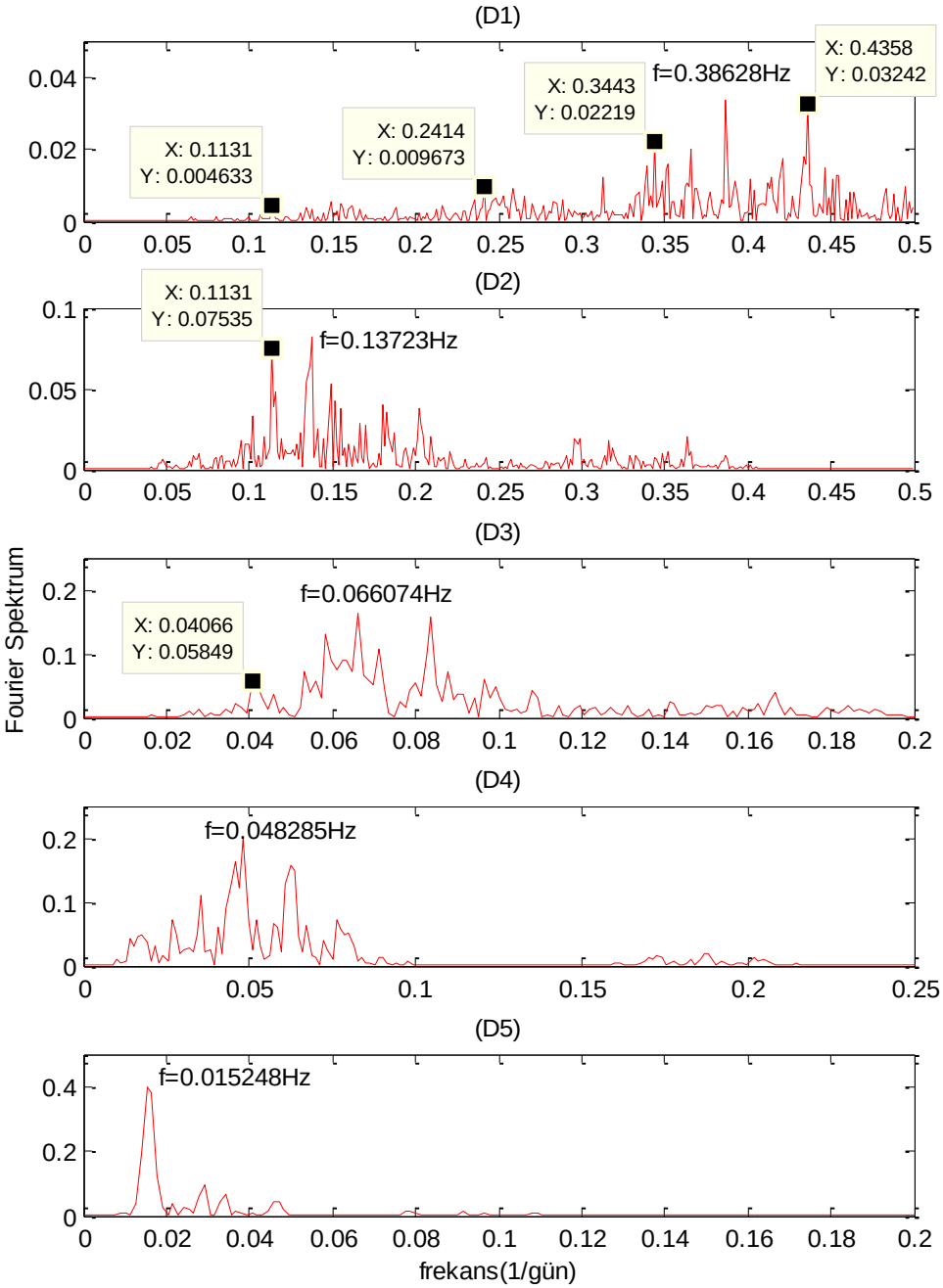
Şekil 5.47: AKHR doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.46'da verilen grafiklerde frekans aralığı $0 - 0.1\ (1/\text{gün})$ olarak seçilmiştir. Tüm bileşenlerde belirgin olarak iki frekans elde edilmiş ve bu frekanslar $0.0025413\ (1/\text{gün})$ ve $0.008895\ (1/\text{gün})$'dir.



Şekil 5.48: AKHR doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri.

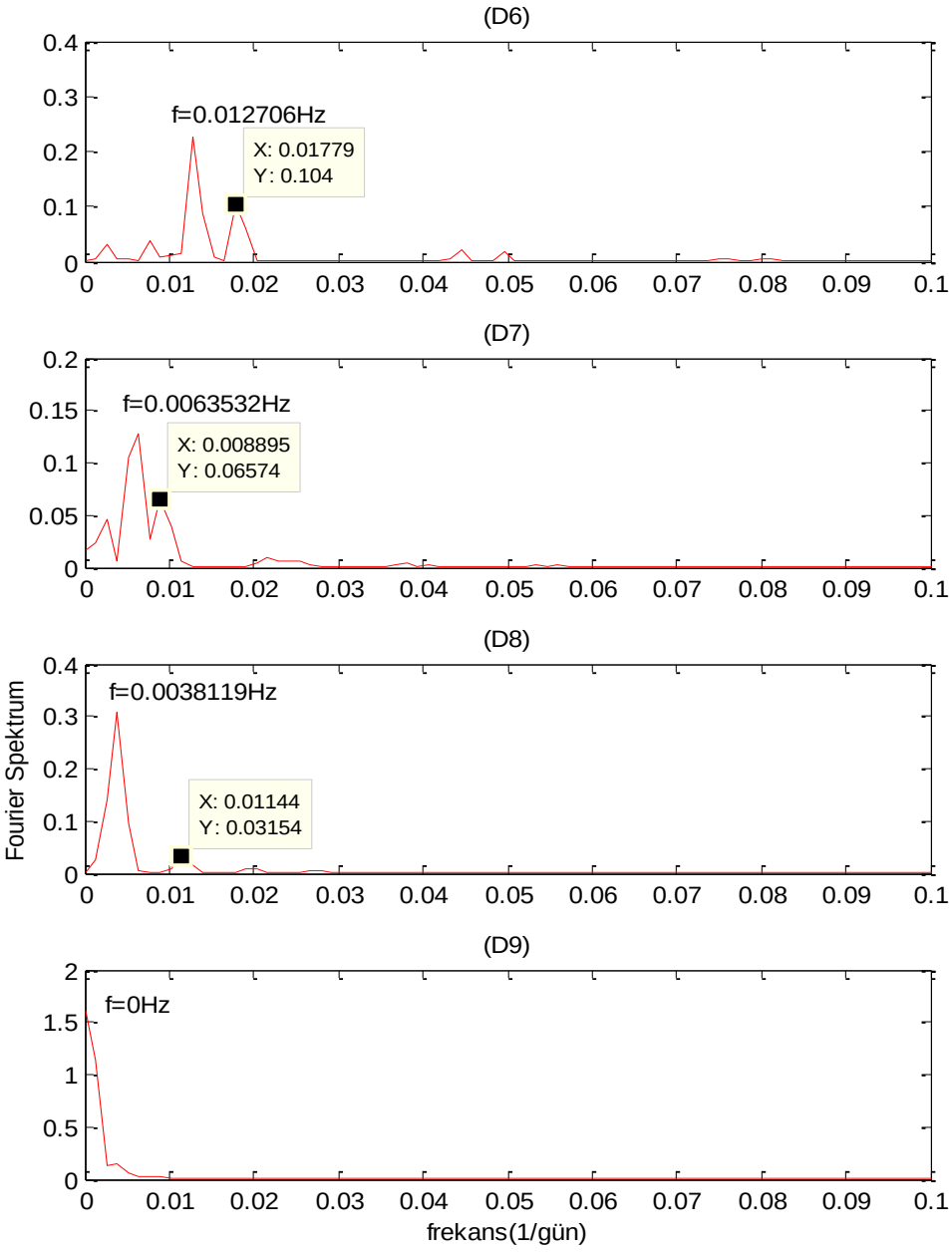
Şekil 5.48'de verilen AKHR Doğu A6-A9 güç-frekans grafikleri incelendiğinde elde edilen en yüksek frekans değerleri A6 bileşeninde $0.0025413\ (1/\text{gün})$, A7 bileşeninde $0.0012706\ (1/\text{gün})$, A8 bileşeninde $0.0012706\ (1/\text{gün})$ ve A9 bileşeninde $0\ (1/\text{gün})$ elde edilmiştir. A9 bileşeninde $0\ (1/\text{gün})$ değerinin elde edilmesi, bu bileşenin ana zaman serisi ile ilişkisinin zayıf olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.49: AKHR yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.49'da verilen grafiklerde de frekans aralığı D3 ve D5 bileşenlerinde $0-0.2\ (1/\text{gün})$, D4 bileşeninde $0-0.25\ (1/\text{gün})$ olarak seçilmiştir. En yüksek güç değerine sahip frekanslar D1 bileşeninde $0.38628\ (1/\text{gün})$, D2 bileşeninde

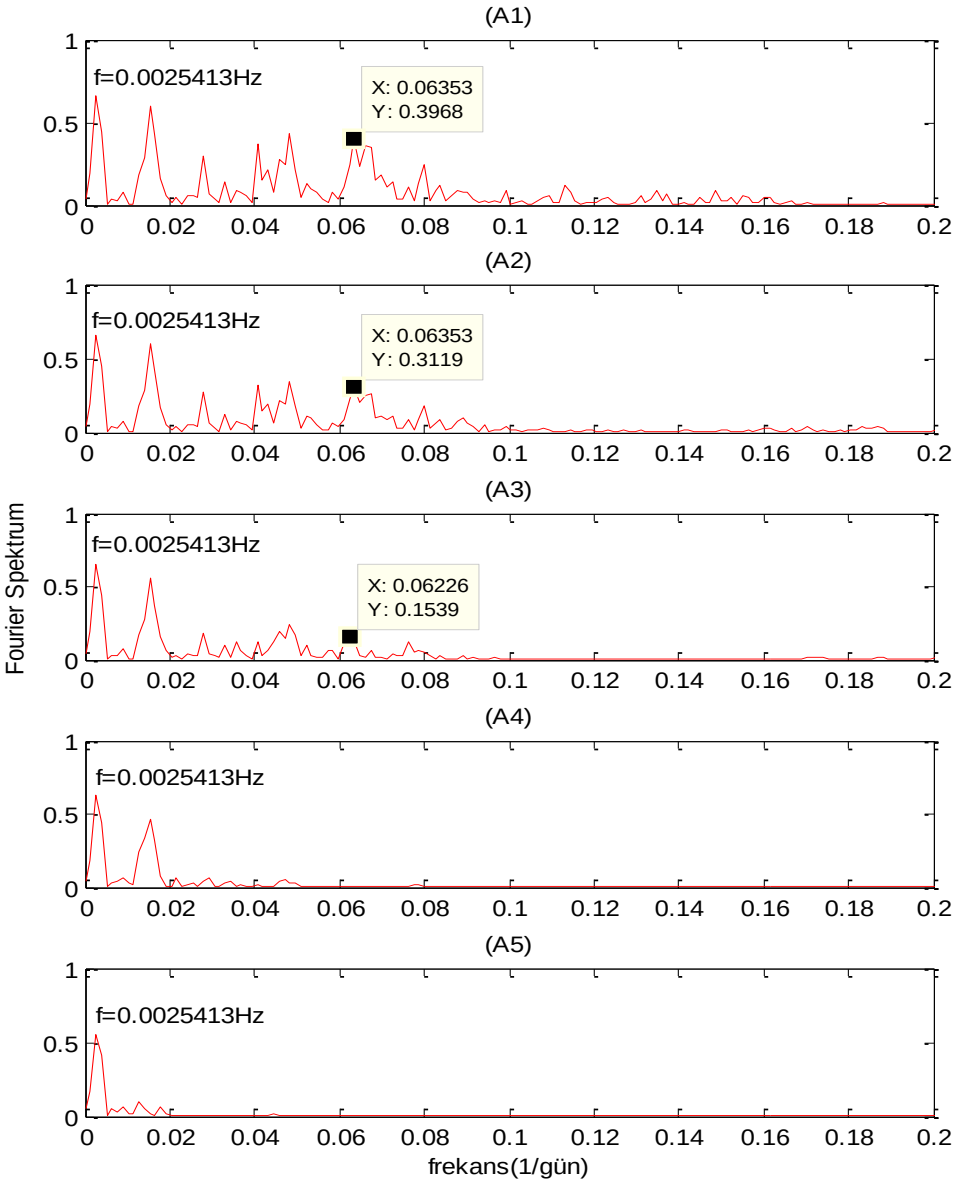
0.13723 (1/gün), D3 bileşeninde 0.066074 (1/gün), D4 bileşeninde 0.048285 (1/gün) ve D5 bileşeninde 0.015248 (1/gün)'dir.



Şekil 5.50: AKHR yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.50'de verilen AKHR Yükseklik D6-D9 bileşenlerine ait grafikler incelendiğinde en yüksek frekans değerleri D6 bileşeninde 0.012706 (1/gün), D7

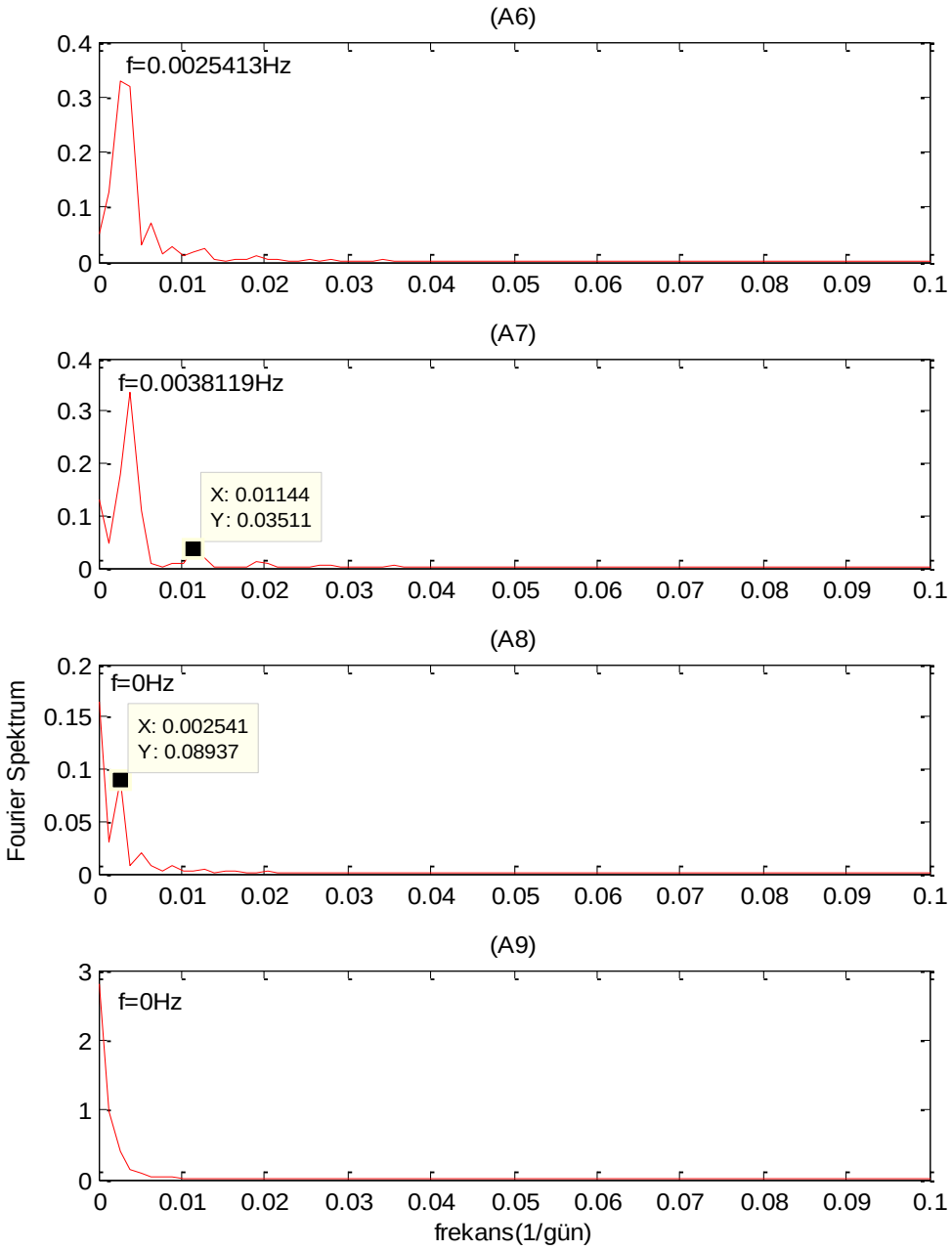
bileşeninde $0.0063532\ (1/gün)$, D8 bileşeninde $0.0038119\ (1/gün)$ ve D9 bileşeninde $0\ (1/gün)$ değerleri elde edilmiştir. Frekansların daha net görülebilmesi için tüm bileşenlerin grafiklerinde frekans aralığı $0-0.1\ (1/gün)$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.51: AKHR yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.51'de verilen AKHR Doğu A6-A9 güç-frekans grafikleri incelendiğinde elde edilen en yüksek frekans değerleri A1, A2, A3 ve A4 bileşenlerinde

$0.0025413\ (1/\text{gün})$ ve $0.01525\ (1/\text{gün})$, A5 bileşeninde $0.0025413\ (1/\text{gün})$'dir. Tüm grafiklerde frekans aralığı $0 - 0.2\ (1/\text{gün})$ alınmıştır.



Şekil 5.52: AKHR yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri.

Şekil 5.52'de verilen AKHR Yükseklik A6-A9 bileşenlerine ait grafikler incelendiğinde en yüksek frekans değerleri A6 bileşeninde $0.0025413\ (1/\text{gün})$, A7 bileşeninde $0.0038119\ (1/\text{gün})$, A8 ve A9 bileşenlerinde $0\ (1/\text{gün})$ elde edilmiştir. Frekansların daha net görülebilmesi için tüm bileşenlerin grafiklerinde frekans aralığı $0-0.1\ (1/\text{gün})$ olarak belirlenmiştir.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa HFD ile GNSS istasyonlarının günlük koordinat değerlerinden oluşturulan zaman serilerinin ÇÇA sonucu elde edilen Yaklaşım ve Detay zaman serilerinin içerdiği frekanslar hesaplanabilir. 9 seviye ayrışımın gerçekleştirildiği AKHR zaman serilerinde A8 ve A9 bileşenleri ile D9 bileşenlerinin ana zaman serileri ile ilişkilerinin zayıf olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen grafiklerin çokluğundan bu bölümde sadece AKHR Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin Yaklaşım ve Detay bileşenlerinin güç-frekans grafikleri verilmiştir. Diğer istasyonlardan elde edilen grafikler Ek.F'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi ve yorumlanabilmesi sebebiyle çalışmada kullanılan istasyonların güç-frekans grafiklerinde güç değerinin yüksek olduğu frekanslardan $f = \frac{1}{T}$ eşitliği kullanılarak her bir Detay ve Yaklaşım bileşenin içerdiği periyotlar hesaplanmış ve bileşenlerin içerdiği frekans aralıkları hesaplanarak çizelgeler oluşturulmuştur.

Çizelge 5.14'te AKHR Kuzey Yaklaşım ve Detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar, Çizelge 5.15'te AKHR Doğu Yaklaşım ve Detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar ve Çizelge 5.16'da AKHR Yükseklik Yaklaşım ve Detay bileşenlerinin periyotları verilmiştir.

Çizelge 5.14: AKHR kuzey yaklaşım ve detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar.

AKHR KUZEY								
A	**Frekans aralığı (1/gün)**	**Periyotlar (Gün)**		**D**	**Frekans aralığı (1/gün)**	**Periyotlar (gün)**		
		1	**2**			**1**	**2**	**3**
A1	0-0.25	393,50	112,42	**D1**	0.25-0.50	3,20	2,78	2,23
A2	0-0.125	393,50	112,42	**D2**	0.125-0.25	9,15	7,09	3,35
A3	0-0.0625	393,50	112,42	**D3**	0.0625-0.125	11,57		
A4	0-0.03125	393,50	112,42	**D4**	0.03125-0.0625	20,71	13,81	
A5	0-0.015625	393,50	112,42	**D5**	0.015625-0.03125	60,54		
A6	0-0.0078125	393,50		**D6**	0.0078125-0.015625	98,38		
A7	0-0.00390625	393,50		**D7**	0.00390625-0.0078125	196,75		

A8	0-0.001953125			**D8**	0.001953125-0.00390625	393,50		
A9	0-0.0009765625			**D9**	0.0009765625-0.001953125			

Çizelge 5.15: AKHR doğu yaklaşım ve detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar.

AKHR DOĞU								
A	**Frekans aralığı (1/gün)**	**Periyotlar (Gün)**		**D**	**Frekans aralığı (1/gün)**	**Periyotlar (gün)**		
		1	**2**			**1**	**2**	**3**
A1	0-0.25	393,50	112,42	**D1**	0.25-0.50	2,88	2,29	2,15
A2	0-0.125	393,50	112,42	**D2**	0.125-0.25	6,40	4,98	
A3	0-0.0625	393,50	112,42	**D3**	0.0625-0.125	10,22		
A4	0-0.03125	393,50	112,42	**D4**	0.03125-0.0625	20,71	15,74	
A5	0-0.015625	393,50	112,42	**D5**	0.015625-0.03125	56,21		
A6	0-0.0078125	393,50		**D6**	0.0078125-0.015625	78,70		
A7	0-0.00390625	787,03		**D7**	0.00390625-0.0078125	196,75	112,42	
A8	0-0.001953125	787,03		**D8**	0.001953125-0.00390625	393,50		
A9	0-0.0009765625			**D9**	0.0009765625-0.001953125			

Çizelge 5.16: AKHR yükseklik yaklaşım ve detay bileşenlerinin içerdikleri periyotlar.

AKHR YÜKSEKLİK								
A	**Frekans aralığı (1/gün)**	**Periyotlar (Gün)**		**D**	**Frekans aralığı (1/gün)**	**Periyotlar (gün)**		
		1	**2**			**1**	**2**	**3**
A1	0-0.25	393,50	65,57	**D1**	0.25-0.50	2,90	2,59	2,29
A2	0-0.125	393,50	65,57	**D2**	0.125-0.25	7,28		
A3	0-0.0625	393,50	65,57	**D3**	0.0625-0.125	15,13		
A4	0-0.03125	393,50	65,57	**D4**	0.03125-0.0625	20,71		
A5	0-0.015625	393,50		**D5**	0.015625-0.03125	65,58		
A6	0-0.0078125	393,50		**D6**	0.0078125-0.015625	78,70		
A7	0-0.00390625	262,34		**D7**	0.00390625-0.0078125	156,40	112,42	
A8	0-0.001953125	393,54		**D8**	0.001953125-0.00390625	262,34		
A9	0-0.0009765625			**D9**	0.0009765625-0.001953125			

Tüm istasyonların koordinat bileşenlerinde bulunan periyotların toplu halde görülmesi için istasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik koordinat bileşenlerinin içerdikleri periyotlar ayrı ayrı tablolaştırılmıştır. Çizelge 5.17'de istasyonların Kuzey bileşeninde bulunan periyotları Çizelge 5.18'de istasyonların Doğu bileşeninde bulunan periyotları ve Çizelge 5.19'da istasyonların Yükseklik bileşenlerinde bulunan periyotlar verilmiştir.

Çizelge 5.17: İstasyonların kuzey koordinat bileşeninde bulunan periyotlar.

İstasyon Adı	Kuzey Periyotlar (gün)									
AKHR	393.50	196.75	112.42	98.38	60.54	20.71	13.81	11.57	9.15	3.20
BEYS	749.01	374.50	187.25	74.90	37.45	20.24	15.29	11.01	7.56	2.59
CIHA	787.03	262.34	196.75	78.70	52.47	26.23	10.93	8.03	4.98	3.71
KAMN	749.01	374.50	124.83	68.07	62.42	32.56	22.70	13.62	6.29	3.30
YUNA	760.98	380.50	190.25	63.42	36.24	30.44	15.85	10.57	6.45	2.90
AKSI1	524.99	262.50	87.50	65.63	30.88	13.13	10.10	3.65	2.14	
AKSI2	65.00	16.25	10.83	6.50	2.95	2.50				
KNYA1	255.50	127.50	63.75	42.50	25.50	17.00	10.20	6.54	2.90	
KNYA2	477.99	119.50	79.67	68.29	53.11	23.90	10.86	6.83	2.45	

Çizelge 5.18: İstasyonların doğu koordinat bileşeninde bulunan periyotlar.

İstasyon Adı	Doğu Periyotlar (gün)									
AKHR	787.03	393.50	196.75	112.42	78.70	56.21	20.71	15.74	10.22	4.98
BEYS	749.01	249.67	187.25	107.00	87.19	46.81	29.96	11.89	6.19	2.95
CIHA	787.03	393.50	196.75	87.41	78.70	46.29	17.89	14.85	8.55	2.96
KAMN	749.01	374.50	149.80	83.22	32.56	19.71	9.86	6.75	2.90	2.22
YUNA	760.98	253.67	189.93	95.53	38.05	26.24	13.12	7.54	6.98	2.52
AKSI1	524.99	262.50	75.00	35.00	20.19	11.41	6.82	5.71	3.95	2.42
AKSI2	65.00	32.50	16.25	13.00	5.00	3.42	2.41			
KNYA1	255.50	127.50	51.00	23.18	13.42	9.44	5.80	3.07		
KNYA2	477.99	239.00	159.33	119.50	68.29	45.45	26.55	14.94	7.97	2.93

Çizelge 5.19: İstasyonların yükseklik koordinat bileşeninde bulunan periyotlar.

İstasyon Adı	Yükseklik Periyotlar (gün)									
AKHR	393.50	156.40	112.42	78.70	65.58	20.21	15.13	7.28	2.90	
BEYS	749.00	374.50	187.25	93.62	83.22	68.09	32.56	16.64	10.55	5.51
CIHA	787.03	393.50	262.34	196.75	87.44	31.48	19.65	9.15	7.79	3.39
KAMN	749.01	374.50	187.25	74.90	35.67	25.83	11.70	7.97	6.29	3.86
YUNA	760.98	380.50	190.25	63.42	38.05	20.57	11.36	9.51	6.14	3.90
AKSI1	524.99	262.50	87.50	35.00	20.19	13.82	7.96	5.47	3.37	2.50
AKSI2	65.00	32.50	21.67	13.00	5.91	3.82	2.41			
KNYA1	127.50	63.75	43.75	36.43	19.62	14.17	9.11	5.54	3.15	
KNYA2	477.99	79.68	59.74	31.87	15.93	10.17	6.29	2.49		

Tüm istasyonları etkileyen periyotlar göz önüne alındığında 787 gün ile 2 gün arasında değişen periyotlar mevcuttur. Hesaplanan periyotları gruplandıracak olursak günlük (2'den 28 güne kadar), aylık (28, 30, 66 gün vb.), mevsimsel (87, 95, 112 gün

vb.), yarıyıllık (150, 170, 190 gün vb.), yıllık (360, 380, 390 gün vb.) ve sinyalle ilgili farklı sebeplerden dolayı iki yıllık periyotlar elde edilmiştir. Elde edilen bu periyotlar hem bölgesel hem de global etki(ler) ve hataların birer sonucu olup, yapılan çalışmalarla uyuşum içinde olduğu görülmüştür.

GNSS koordinat zaman serilerinin, değişik etkenlerden kaynaklanan periyodu yarım günlük ile yıllar arası döneme kadar değişen periyodik değişimler (sinyaller) içerdiği ve bu sinyallerin koordinat hızlarını etkilediği belirtilmektedir (Simav, 2006). Uluslararası GPS Servisi (IGS) istasyonlarının yıllık periyodik sinyal içerdiği (Herring, vd., 2002) tarafından ifade edilmiştir. Koordinat zaman serilerinde sadece yıllık periyodik sinyalin bulunduğu varsayımı yapılmıştır (Mao vd., 1999; Wdowinski vd., 1997). Scherneck (1998; 2002) ve ark., çalışmalarında yıllık, yarım yıllık, 4 aylık ve 3 aylık sinüs ve kosinüslü terimler ekleyerek koordinat zaman serilerinin EKK ile analizini yapmış, anten ve anten koruyuculardaki kar ve buz birikmesi vb. bazı iklimsel etkileri modellemeye çalışmışlardır. GNSS zaman serilerinde görülen yıllık periyodik etki atmosferik ve hidrolojik yükleme etkisinden kaynaklanmaktadır (Şanlı, 2002). Calais'in (1999) ifade ettiği büyük genlikli ve yaklaşık 450 gün periyotlu uzun dönemli bir periyodik sinyalin periyodunun mevsimsel olmaması ve bu sinyalin doğu ve batı bileşenlerinde daha büyük olması nedeniyle, bunun muhtemelen referans sistemindeki hatalar veya uydu yörüngesi veya yer yöneltme parametrelerinden kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Finlandiya SGPS ağındaki GPS baz zaman serilerinde periyodu bir günden bir yıla kadar olan periyodik etkiler (Pautanen, vd., 2001) tarafından araştırılmış ve periyodik değişimlerin bazılarının fiziksel yüklenme etkileri ile bağlantılı olabileceği sonucuna varılmıştır.

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

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı istasyonlarının davranışları sinyal işleme alanında yaygın olarak kullanılan Dalgacık ve Fourier dönüşümleri, trend ve korelasyon fonksiyonları ile araştırılmış ve tanımlanması yapılmıştır. Bu amaçla; TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarından; AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA, AKSI ve KNYA istasyonlarının Kuzey, Doğu ve Yükseklik günlük koordinatları zaman serileri kullanılmıştır.

Öncelikle istasyonların Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerine 3.derece yumuşatma uygulanıp zaman serilerinin lineer modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modellerden GNSS istasyonlarının Kuzey, Doğu ve Yükseklik yönünde yıllık hızları elde edilmiştir. KAMN istasyonu hariç diğer istasyonların batı ve güney yönündeki lineer hareketlerinden elde edilen ortalama bileşke hareket 18.55 mm/yıl ve yönü güneybatıdır. KAMN istasyonunu lineer hareketi ise 13.46 mm/yıl ve yönü kuzeybatıdır. Yatayda elde edilen sonuçlar Şekil 5.9'da verilen Cingöz vd. (2013) çalışmalarında elde ettiği $20\ mm/yıl$ (Avrasya Sabit) hız değeri ve Gülal vd.

(2013) çalışmalarında elde ettikleri 21.72 mm/yıl hız değerleri ile ile uyuşum içindedir. İstasyonların yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketlere bakıldığında AKHR, CIHA, YUNA ve KNYA2'de (+) yönde lineer hareketler gözlenmiş yani yükseklikleri artmıştır. En büyük lineer hareket 2.63 mm/yıl değeri ile YUNA istasyonunda ve en düşük lineer hareket 0.99 mm/yıl değeri ile CIHA istasyonunda görülmüştür. BEYS, KAMN, AKSI1, AKSI2 ve KNYA1 istasyonlarının yükseklik koordinatlarındaki lineer hareketler (-) yöndedir. En büyük lineer hareket -21.39 mm/yıl değeri ile KAMN istasyonunda ve en küçük lineer hareket -0.29 mm/yıl değeri ile BEYS istasyonunda tespit edilmiştir. Yükseklik için elde edilen sonuçlar Şekil 5.10'da (URL-3) verilen düşey hızları doğrulamaktadır.

Çalışmada zaman ve frekans bilgisini (zaman serisinin içerdiği periyodiklikler ve hangi zaman aralıklarında görüldüğü) aynı anda elde etmek için koordinat zaman

serilerinin SDD ile Skalogram grafikleri oluşturulmuştur. Bu sayede diğer spektral analiz yöntemlerinde mümkün olmayan zaman-frekans bilgisini aynı anda elde etmeye imkân tanımış ve koordinat verisinin yıllar içinde belli periyodikliklere sahip olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Bu açıdan Skalogramlar sayesinde son derece öneme sahip bu bilgilerin elde edilmesi, bu alanda yapılan ve yapılacak çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Diğer bir aşama ADD ile gerçekleştirilen ÇÇA'nin koordinat zaman serilerine uygulanmasıdır. ÇÇA gerçekleştirilirken koordinat zaman serilerinin içerdikleri veri sayıları değiştiğinden farklı seviye ayrıştırmalar sonucunda Detay ve Yaklaşım bileşenleri elde edilmiştir. Detay bileşenleri koordinat zaman serilerinin etkisi altında kaldığı lokal etkiler, geçici bazı değişkenler ve gürültü bileşeni hakkında yorumlar yapılabilirken yaklaşım bileşenleri ile koordinat zaman serilerinin sahip olduğu genel trend ve zaman serilerinin özünü oluşturan temel bilgilere ulaşılabilir. Özellikle 9 seviye ayrışımın gerçekleştiği zaman serilerinde; yaklaşım bileşenlerinden A8 ve A9, detay bileşenlerinden D9 bileşenlerinin orijinal zaman serisi ile ilişkisinin zayıf olduğu sonucuna varılmıştır. Bu açıdan koordinat zaman serilerinde ADD ile gerçekleştirilen ÇÇA'nde kaç seviye ayrışım yapılası gerektiği detaylıca araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca A1 ve D1 bileşenlerinde yüksek miktarda gürültünün olduğundan söz edilebilir.

Ayrışım sonucu elde edilen bileşenlerin ana sinyal ile ilişkisinin gücü bileşenlerin irdelenmesi bakımından önemlidir. Bu amaçla detay bileşenlerini oluşturan katsayılar kullanılarak Parseval Teoremi ile detay bileşenlerinin enerji yüzdeleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerle aynı istasyonun Kuzey, Doğu ve Yükseklik koordinat zaman serilerinden elde edilen detay bileşenlerinin enerji yüzdeleri aynı grafikte verilmiştir. Bu sayede hem hangi bileşenin ana zaman serisini daha iyi temsil ettiği hem de istasyonun Kuzey, Doğu ve Yükseklik bileşenlerinde bu konuda benzerliklerin bulunup bulunmadığı bilgisine ulaşmak amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan istasyonların Kuzey ve Doğu koordinat zaman serilerinin benzerlik gösterdiği ancak Yükseklik koordinat zaman serilerinin farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Ana zaman serisi ile Detay ve Yaklaşım bileşenlerinin ilişkisi çapraz-korelasyon yöntemiyle de araştırılmıştır. Hesaplanan çapraz-korelasyon değerleri grafik olarak verilmiştir. Yaklaşım bileşenleri için elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek değer A1 bileşeninde, en düşük değer A9 bileşeninde elde edilmiştir. Çapraz korelasyon değerlerinde A1'den A9'a doğru düşüş görülmüştür. Özellikle A8 ve A9

bileşenlerinin ana zaman serisi ile ilişkisinin oldukça zayıf olduğu sonucuna varılmıştır. Detay bileşenleri için elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ilk ve son Detay bileşenlerinde çapraz-korelasyon değerleri genel olarak düşük ancak en yüksek değerlerin elde edildiği bileşenler istasyonlar arasında farklılık göstermektedir.

İstasyonların filtrelenmiş ve trend bileşeni giderilmiş zaman serilerinin ADD sonucu elde edilen Yaklaşım ve Detay bileşenleri ile korelasyonları hesaplanarak bileşenlerin ana zaman serisi ile ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; 9 seviye ayrışımın gerçekleştiği AKHR, BEYS, CIHA, KAMN, YUNA ve AKSI1 Kuzey koordinat zaman serilerinden elde edilen Yaklaşım bileşenlerinde en düşük korelasyon değerleri A8 ve A9 bileşenlerinde elde edilmiştir. Diğer yaklaşım bileşenlerinde ilişki oldukça yüksektir. Belirtilen istasyonların Kuzey Detay bileşenlerinde korelasyon özellikle D7 ve D8 bileşenlerinde yüksektir.

Aynı istasyonların Doğu Yaklaşım bileşenlerinde elde edilen sonuçlar Kuzey ile BEYS hariç uyumluluk göstermiştir. BEYS Doğu koordinat zaman serilerinin A1, A2 ve A3 bileşenlerinde korelasyon oldukça yüksek, A4, A5, A6, A7, A8 ve A9 bileşenlerinde çok düşüktür. Detay bileşenlerinde AKHR, CIHA ve AKSI1'de D7 ve D8 bileşenlerinde en yüksek değerler elde edilirken, diğer istasyonlarda D3 ve D4 bileşenlerinde ilişki yüksektir.

Yükseklik Yaklaşım bileşenlerinde elde edilen korelasyonlar irdelendiğinde 9 ayrışımın gerçekleştiği zaman serilerinde özellikle A8 ve A9 bileşenlerinde ilişki oldukça zayıftır. Detay bileşenlerinden D2, D3 ve D4 bileşenlerinde ilişki yüksektir.

Filtrelenmiş ve trend bileşeni giderilip ardından ADD uygulanarak Detay ve Yaklaşım bileşenlerine ayrılmış Kuzey, Doğu ve Yükseklik zaman serilerinin detay ve Yaklaşım bileşenleri zaman serilerine HFD uygulanarak içerdikleri frekanslar ve bu frekansların karşılık geldiği periyot değerleri hesaplanmıştır. Tüm istasyonların içerdikleri periyotlar göz önüne alındığında 787 ile 2 gün arasında değişen periyotlar mevcuttur. Hesaplanan periyotları guruplandıracak olursak günlük (2 günden 28 güne kadar), aylık (28, 30, 66 gün vb.), mevsimsel (87, 95, 112 gün vb.), yarıyıllık (150, 170, 190 gün vb.), yıllık (360, 380, 390 gün vb.) ve sinyalle ilgili farklı sebeplerden dolayı iki yıllık periyotlar da elde edilmiştir.

7.KAYNAKLAR

Abbak, R. A., 2007. Jeodezide zaman dizilerinin dalgacık (Wavelet) analizi, Doktora Semineri, SÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Allen, R.L. ve Mills, D.W., 2004. Sinyal analysis, time, frequency, scale, and structure, IEEE Press, USA.

Angrisani, L., Daponte, M., Dapuzzo ve M., Testa, M., 1998. A measurement method based on the wavelet transform for power quality anaylsis. IEEE Transactions on Power Delivery, 13, 4.

Arı, N., Özen, Ş. ve Çolak, Ö.M., 2008. Dalgacık teorisi, Palme Yayıncılık.

Bayazıt, M., 1996. İnşaat mühendisliğinde olasılık yöntemleri, İTÜ, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Bülbül, A.,2011. CORS-TR sisteminin ulaşım hizmetlerinde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İKÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

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

Chiann, C. ve Morettin, A. P., 1998. Wavelet anaylsis for time series, Journal of Nonparametric Statistics, 10, 1-46.

Cingöz A., Erkan Y., Kurt Y.A. ve Peker S., 2013. Türkiye ulusal sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) sistemi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs, Ankara.

Crowley, P. M., 2007. Guide to wavelets for economics, Journal of Economic Surveys, 21, 2, 207-267.

Dalğın, S., 2009. Uzun dönem GPS zaman serilerinin analizi ile kampanya tipi GPS ölçmelerinin iyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Daubechies, I., 1992. Ten lectures on wavelets, Capital City Press, Montpelier, Vermont.

Daubechies, I., 1996. Where do wavelets come from?- A personal point of view. Proceedings of the IEEE, 84, 4, 510-513.

Demirel, H., 2003. Dengeleme hesabı, YTÜ, İstanbul.

Duran, K., 2013. Rüzgar karakteristiklerinin dalgacık dönüşümü ile ortaya konulması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

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

Gülal, E., Aykut, N.O., Akpınar, B., Tiryakioğlu, İ., Dindar, A.A. ve Erdoğan, H., 2013. Yıldız Teknik Üniversitesi sabit GNSS istasyonunun kurulması, verilerinin analizi ve sunumu, 14. Türkiye Harita Bilimsel Teknik Kurultayı, Ankara.

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.

Gürsakal, S., 2009. Finansal zaman serileri analizinde frekans boyutu yaklaşımı: dalgacıklar yöntemi ve IMKB'de bir uygulama, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

Herring, T. A., Springer, T., 2002. Current state of IGS analysis: quality assessment, IGS Central Bureau (Ed.), IGS Technical Report 2000, Jet Propulsion Laboratory, California Institue of Technology, Pasadena, California, 51-59.

Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2009. GPS/GNSS uydularla konum belirleme sistemleri, Nobel Yayın Dağıtım Tic.Ltd.Şti, Ankara, 1-52.

Kara, T.**,** 2013. TUSAGA-Aktif çalışma esasları, TUSAGA-Aktif Sempozyumu.

Küçük, M., 2004. Dalgacık dönüşümü tekniği kullanılarak akım serilerinin modellenmesi, Doktora Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Lyons, R. G., 1999. Understanding digital signal processing, Addison Wesley Longman Inc.

Mallat, S., 1998. A wavelet tour of signal processing, Academic Press, London.

Mao, A., Harrison, C. G. A., Dixon, T. H., 1999. Noise in GPS coordinate time series. Journal of Geophysical Research 104, B2, 2797-2818.

Miner, N. E., 1998. An introduction to wavelet analysis, Sandia Report, NM, October, 1-25.

Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, Y., Poggi, J., 1996-2002. "Wavlet toolbox user's guide the matworks", Inc.

Nikolaidis, R., 2002, Observation of geodetic and seismic deformation with the global positioning system, Universty of California, 2002.

Polikar, R., 1999. The engineer's ultimate guide to wavelet analysis and operation, Taylor and Francis, Raton.

Poutanen, M., Koivula, H. ve Ollikainen, M., 2001. On the periodicity of GPS time series, Proceedings of the IAG 2001 Scientific Assembly, Vistas for Geodesy in the New Millennium, Budapest, Hungary, 2-7, 4.

Qiao, F., 2005. Introduction to wavelet. A tutorial in workshop on wavelet application in transportation engineering.

Scherneck, H. G., Johansson, J. M., Mitrovica, J. X. Ve Davies, J. L., 1998. The BIFROST Project: GPS determined 3-D displacement rates in Fennoscandia from 800 days of continuous observations in the SWEPOS network. Tectonophsics, 294, 3-4, 305-321.

Scherneck, H. G., Johansson, J. M., Elgered, G., Davis, J. L., Jonsson, B., Hedling, G., Koivula, H., Ollikainen, M., Pautanen, M., Vermeer, M., Mitrovica, J. X. ve Milne, G. A., 2002. BIFROST: Observing the three-dimensional deformation of Fennoscandia, Ice sheets sea level and dynamic earth, Geodynamic Series, American Geophysical Union, Washington, D.C., 29, 69-93.

Simav, Ö., Demir, C., Simav, M. ve Yıldız, H., 2006. Sabit GPS istasyonları koordinat zaman serilerinin analizi, Harita Dergisi, Sayı 136, 1-15.

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.

Şen, Z., 2002. İstatistik veri işleme yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

Torrence, C. ve Combo, G. P., 1998. A practical guide to wavelet analysis, 79, 1, 1 January.

Uzel T. ve Eren K., 2008. Ulusal CORS sisteminin kurulması ve datum dönüşümü projesi.

Uzel T. ve Eren K., 2010. Ulusal CORS sisteminin kurulması ve datum dönüşümü projesi son rapor.

Uzel T., Eren K., Gülal E., Dindar A.A., Tiryakioğlu İ. ve Yılmaz H., 2011. TUSAGA-Aktif (CORS-TR) verileri ile tektonik plaka hareketlerinin izlenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13.Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Wdowinski, S., Bock, Y., Zhang, J., Fang, P. ve Genrich, J., 1997. Southern California permanent GPS geodetic array: spatial filtering of Daily positions for estimating coeismic and postseismic displacements induced by the 1992 Landers earthquake. Journal of Geophsical Research, 102, B8, 18057-18070.

URL-1<http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/turkiye.htm>, alındığı tarih: 03.03.2015.

URL-2<http://www.mathworks.com/help/wavelet/examples/wavelet-scalogram-using-1d-wavelet-analysis.html>, alındığı tarih: 26.05.2015.

URL-3< http://www.hgk.msb.gov.tr/images/projeler/ce0bf019443e0a2.pdf>, alındığı tarih: 08.11.2015.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad **:** Osman OKTAR

Doğum Yeri ve Tarihi **:** TOKAT / Almus / 28.10.1987

E-Posta **:** osmanoktar@aksaray.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

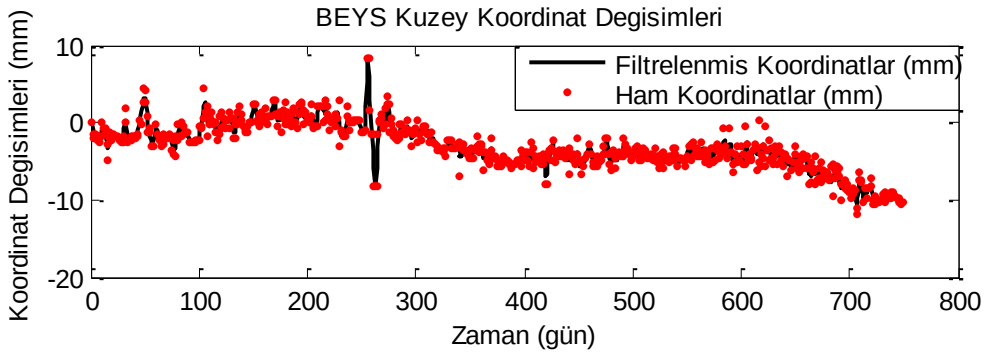
- **Lisans** **:** 2012, İTÜ, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** **:** 2015, ASÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER

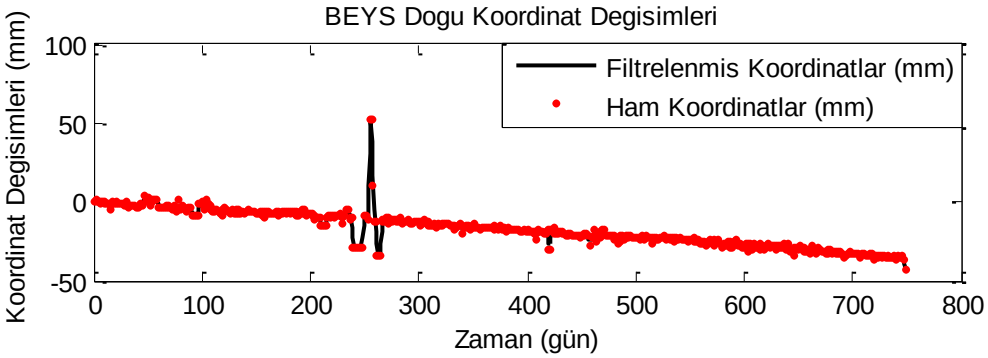
- **08.2013-Halen** **:** Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Araştırma Görevlisi

EKLER

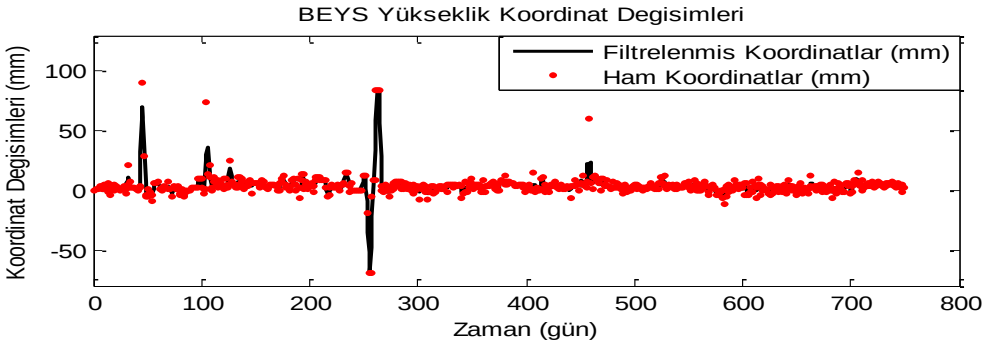
EK.A İstasyonların ham ve filtrelenmiş koordinatları



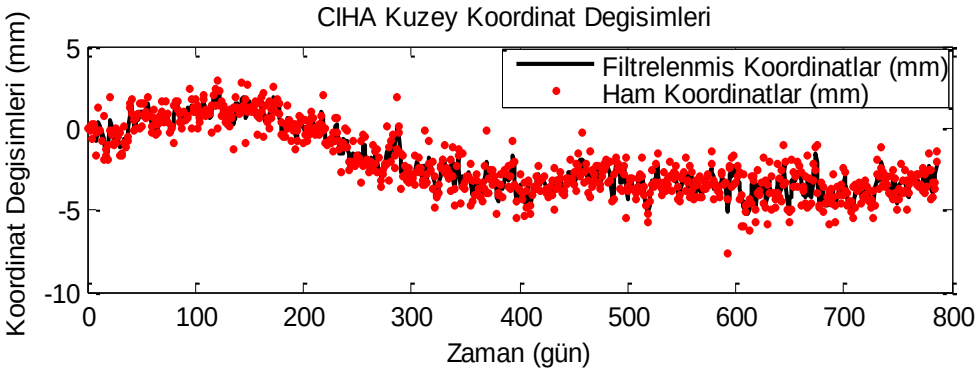
Şekil A.1: BEYS kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



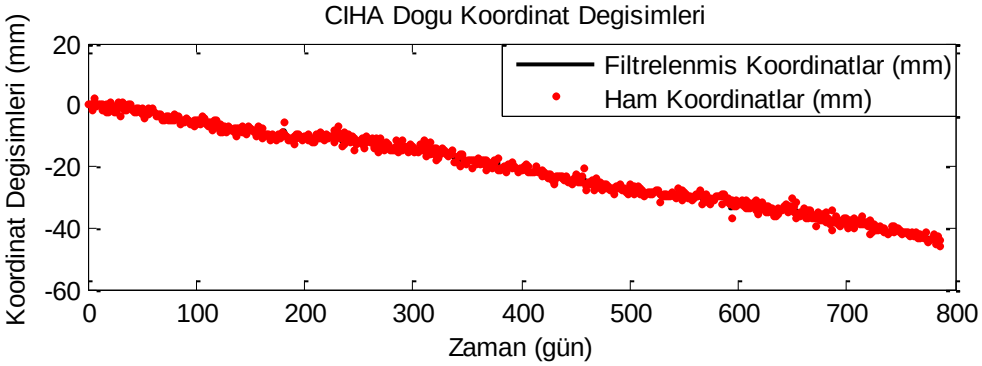
Şekil A.2: BEYS doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



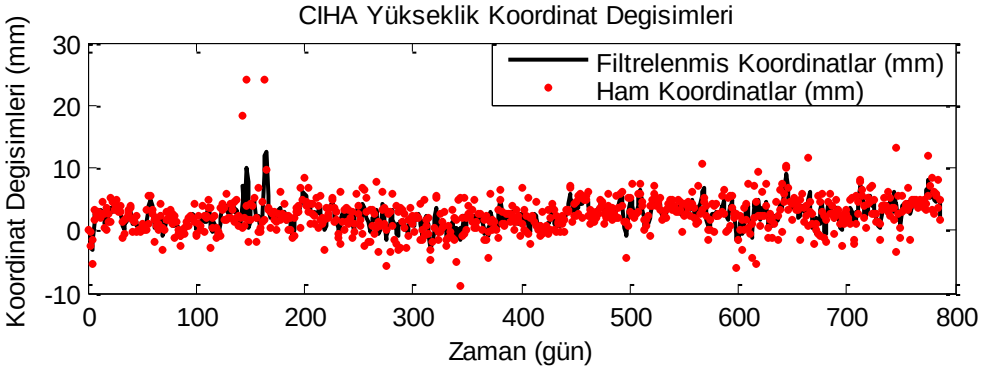
Şekil A.3: BEYS yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



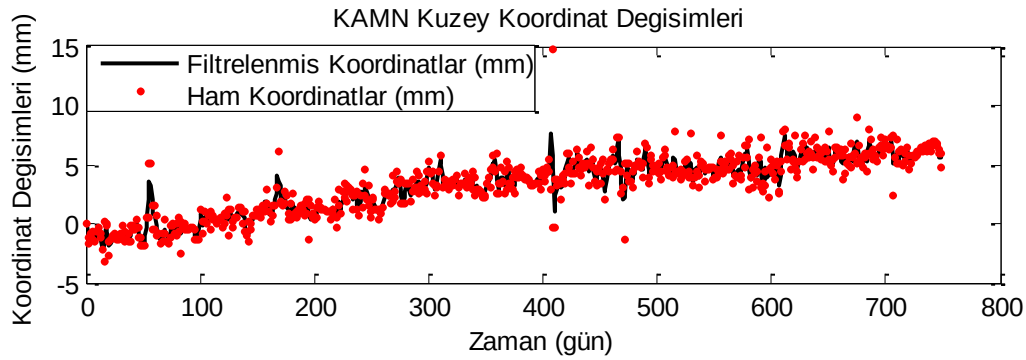
Şekil A.4: CIHA kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



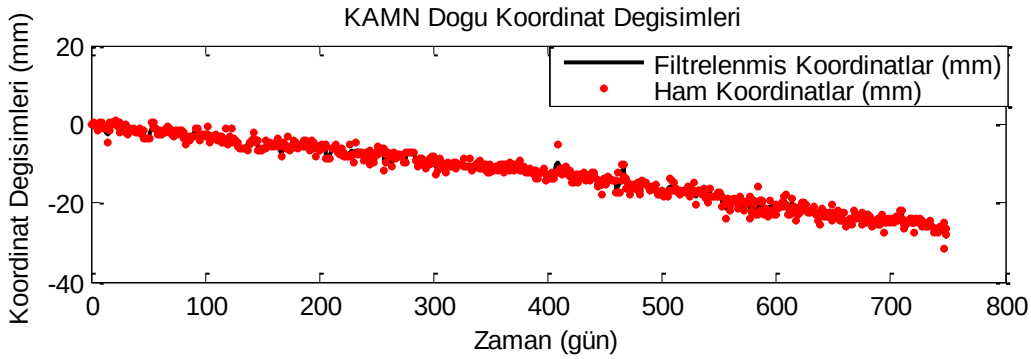
Şekil A.5: CIHA doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



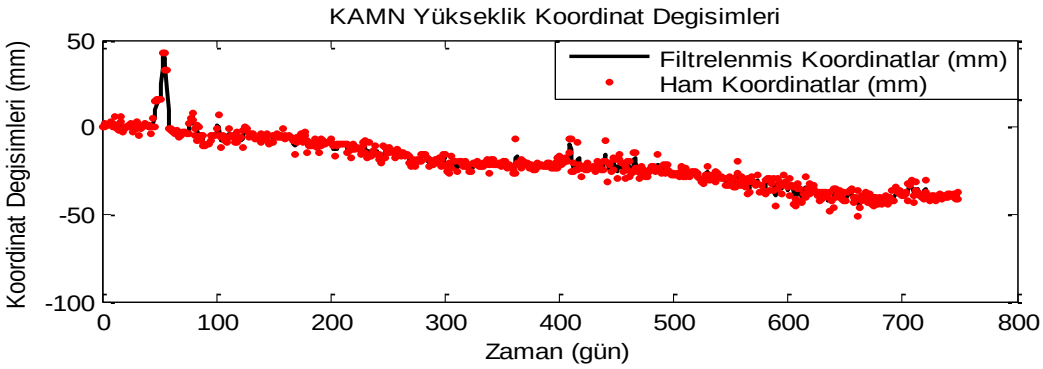
Şekil A.6: CIHA yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



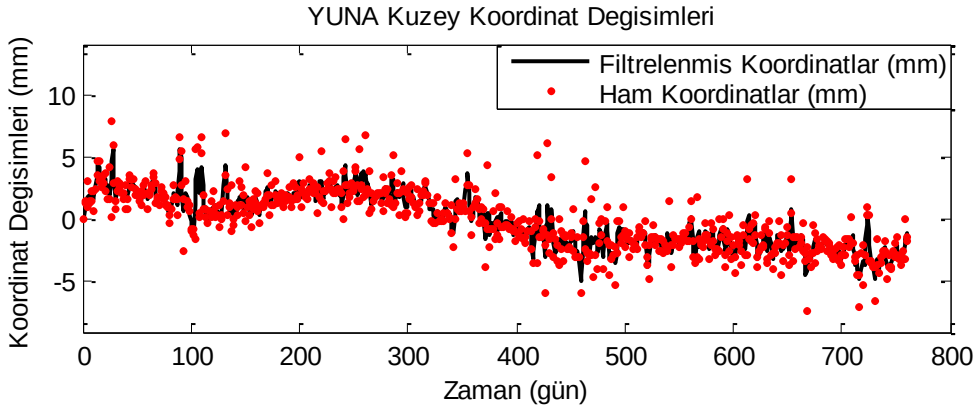
Şekil A.7: KAMN kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



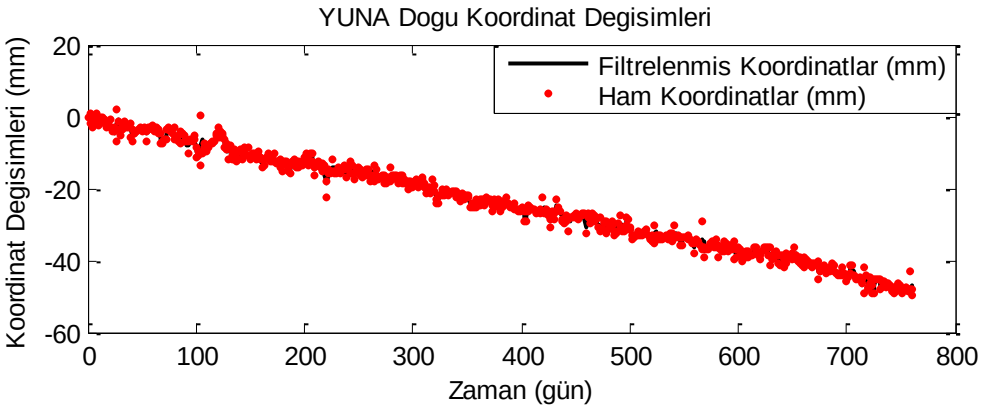
Şekil A.8: KAMN doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



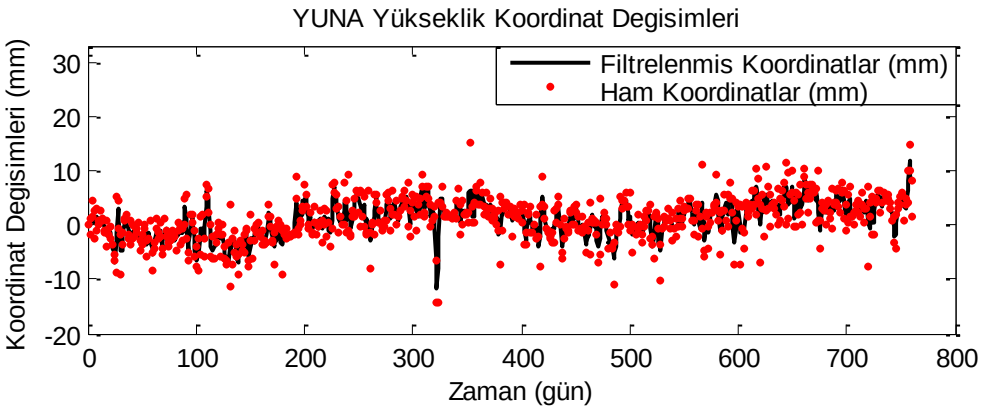
Şekil A.9: KAMN kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



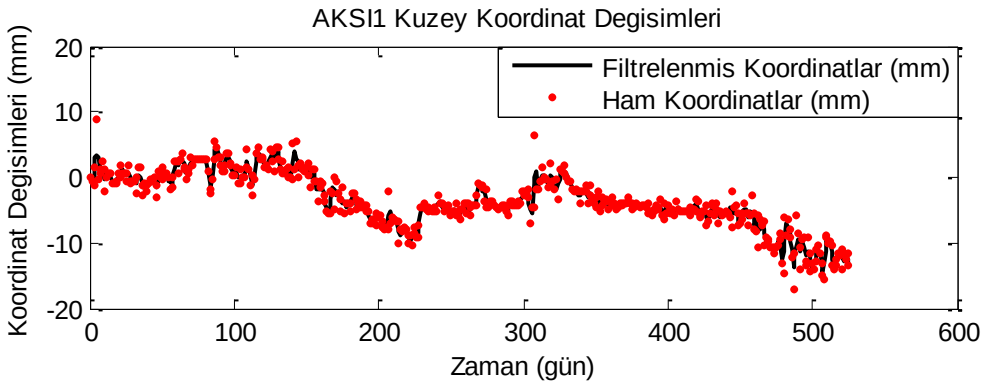
Şekil A.10: YUNA kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



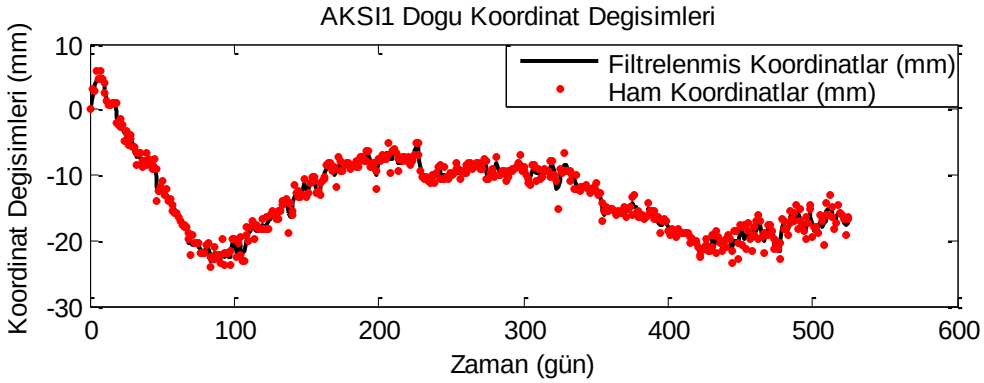
Şekil A.11: YUNA doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



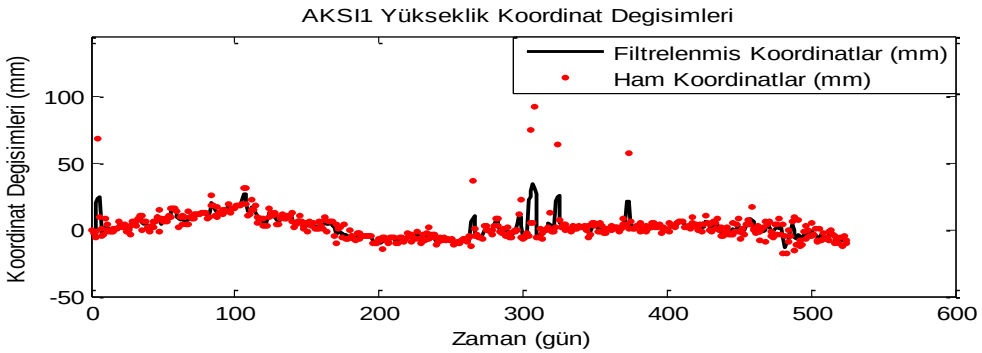
Şekil A.12: YUNA yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



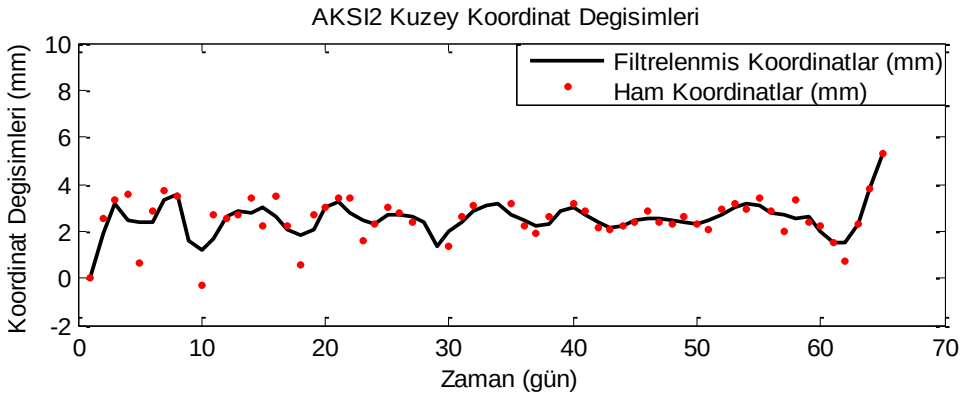
Şekil A.13: AKSI1 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



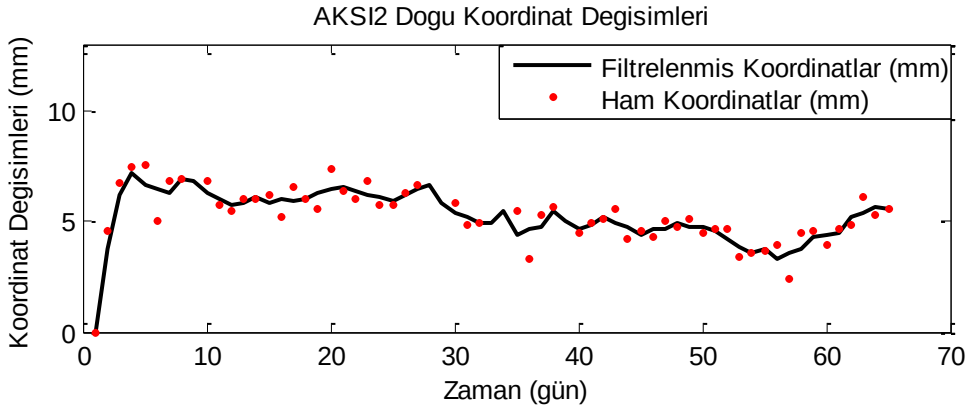
Şekil A.14: AKSI1 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



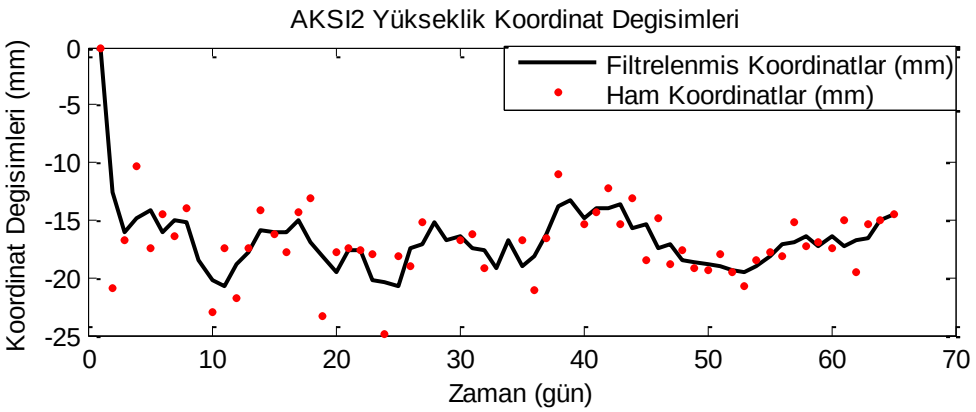
Şekil A.15: AKSI1 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



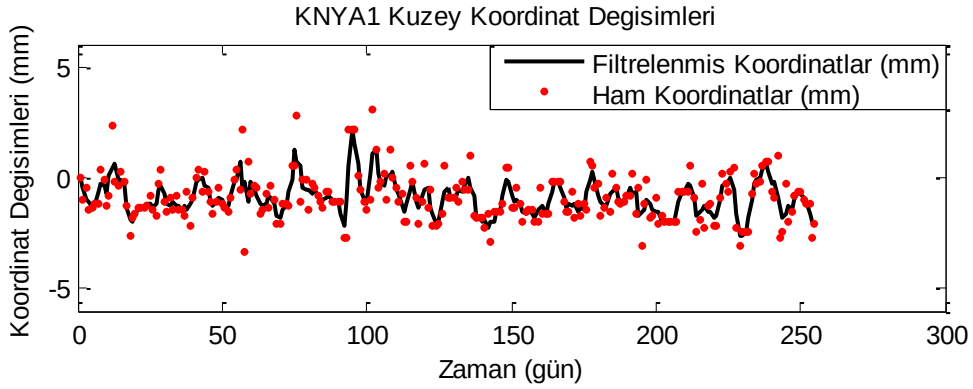
Şekil A.16: AKSI2 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



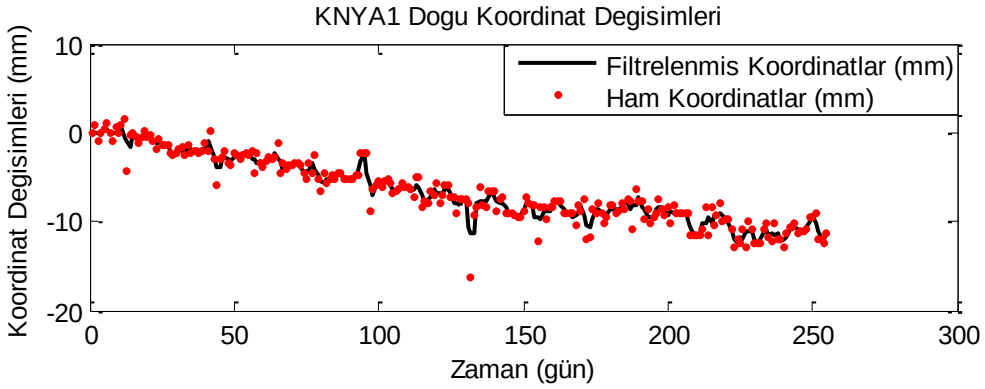
Şekil A.17: AKSI2 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



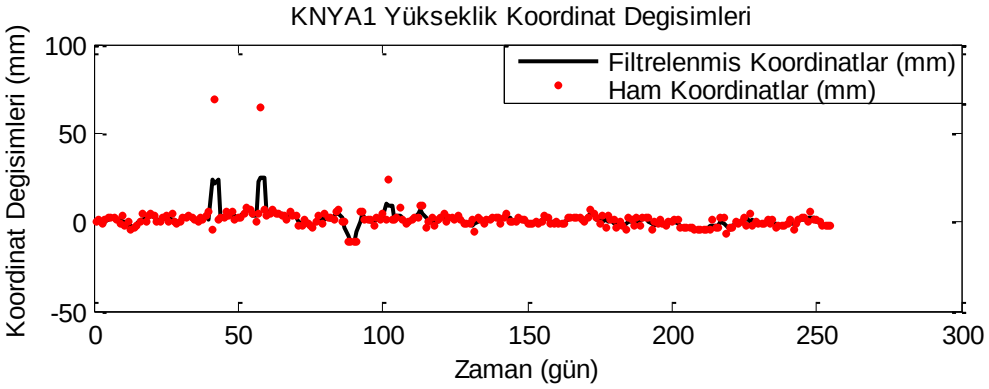
Şekil A.18: AKSI2 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



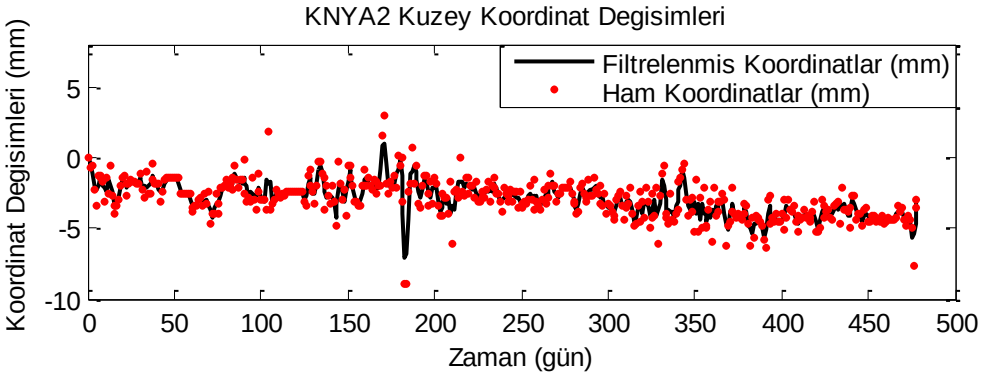
Şekil A.19: KNYA1 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



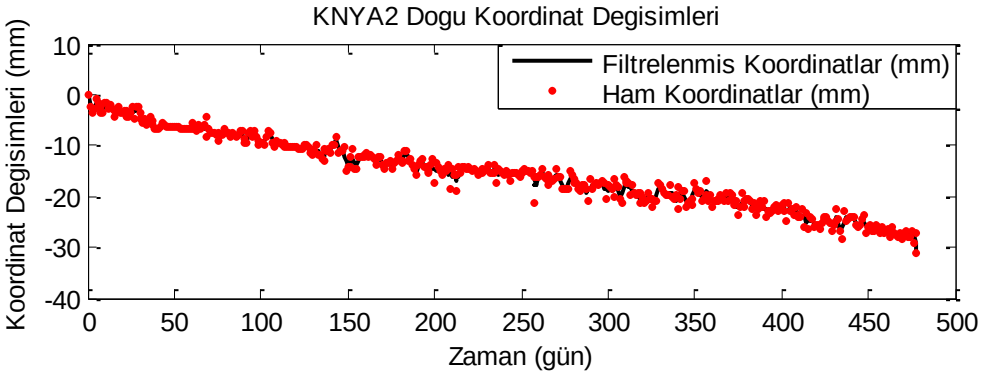
Şekil A.20: KNYA1 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



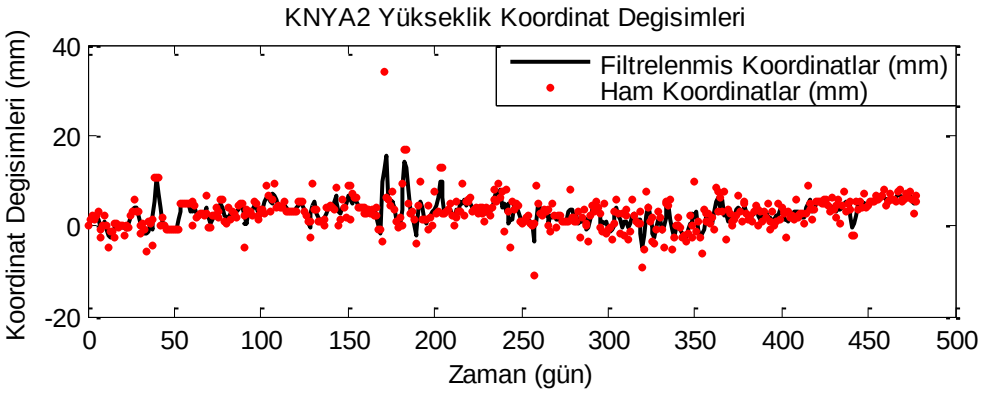
Şekil A.21: KNYA1 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.



Şekil A.22: KNYA2 kuzey koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.

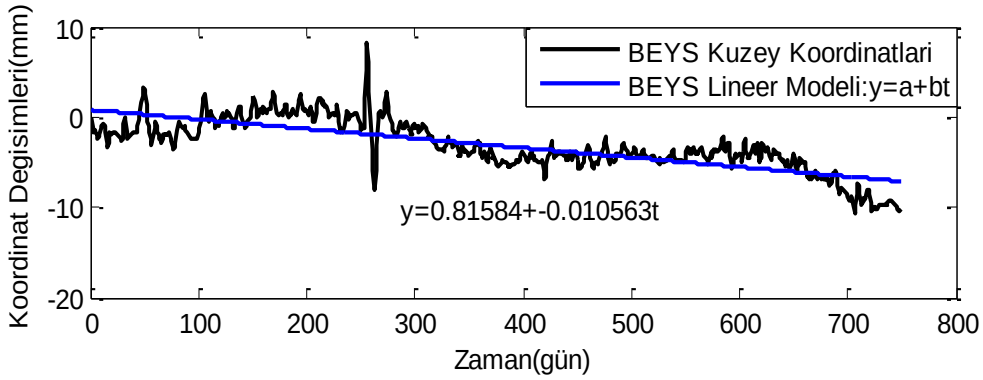


Şekil A.23: KNYA2 doğu koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.

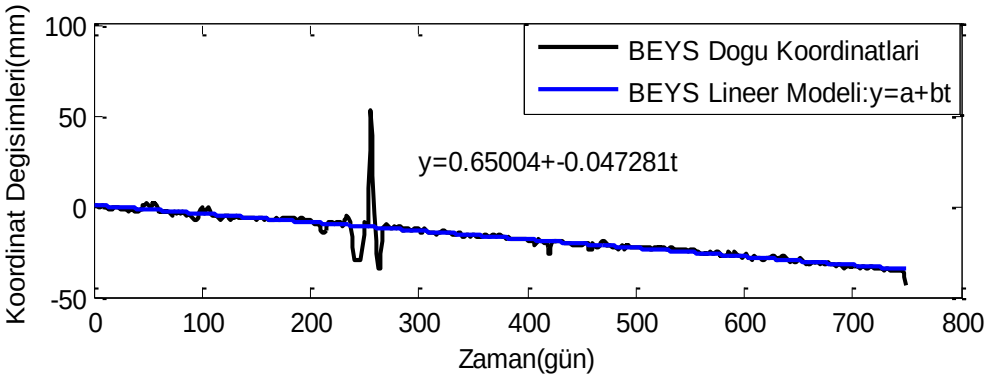


Şekil A.24: KNYA2 yükseklik koordinat bileşeni ham ve filtrelenmiş koordinatlar.

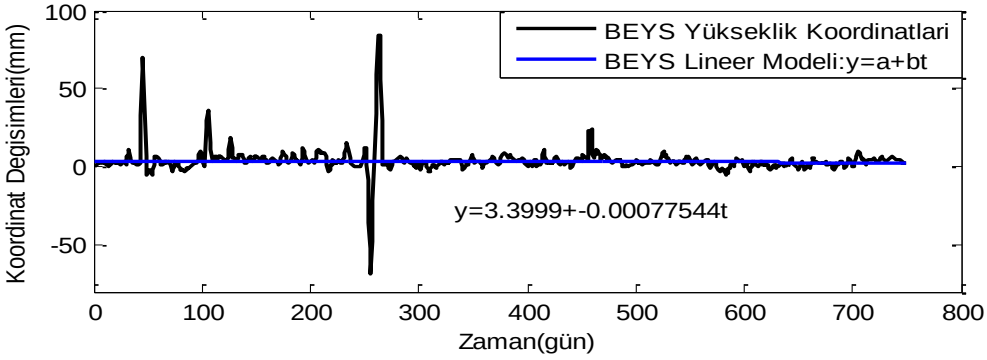
Ek.B İstasyonların lineer modelleri



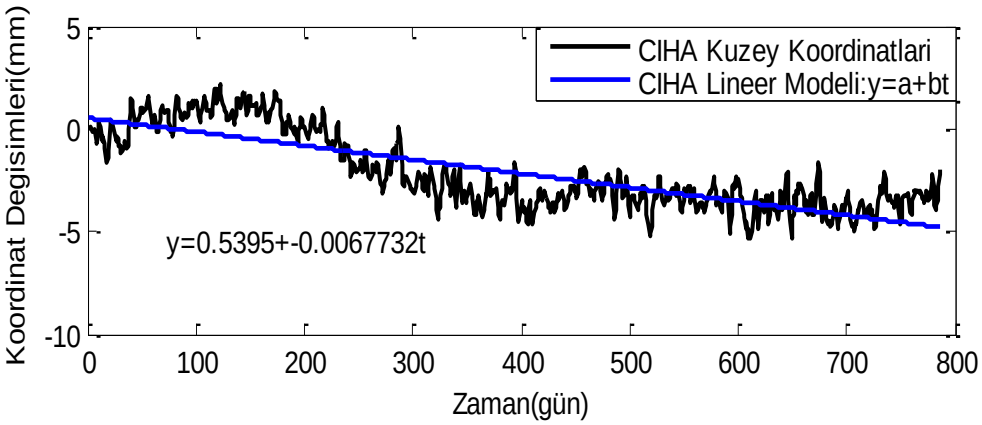
Şekil B.1: BEYS kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



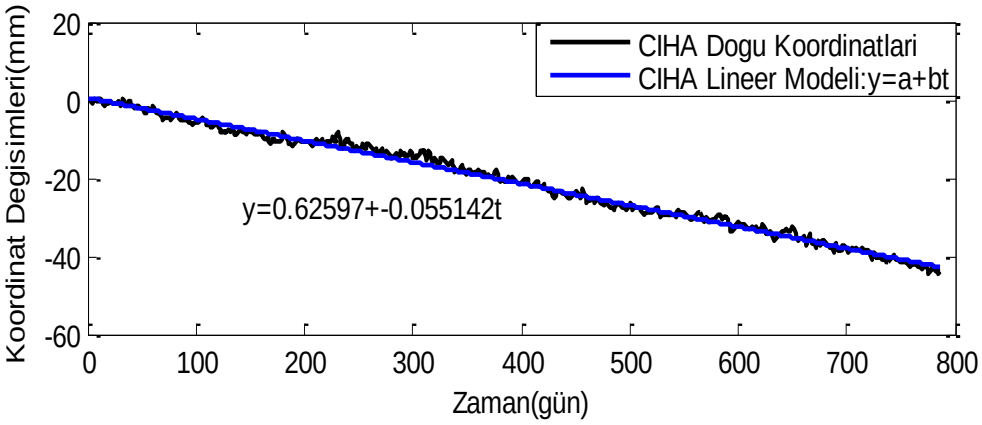
Şekil B.2: BEYS doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



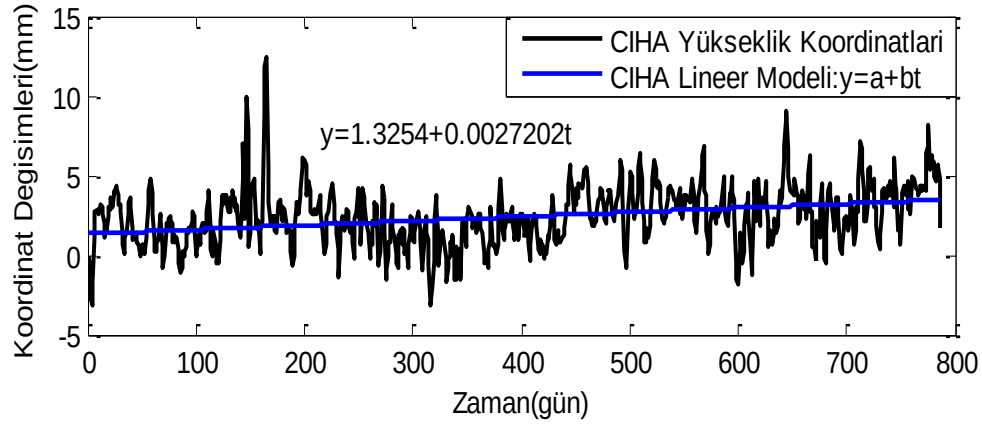
Şekil B.3: BEYS yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



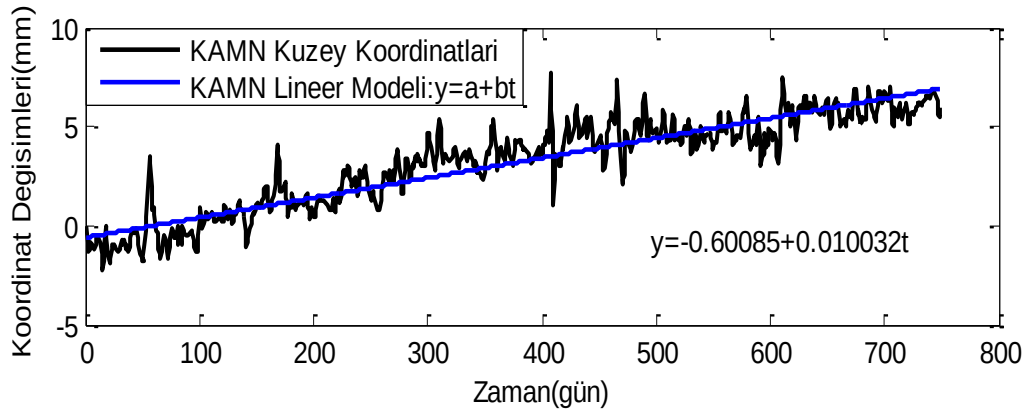
Şekil B.4: CIHA kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



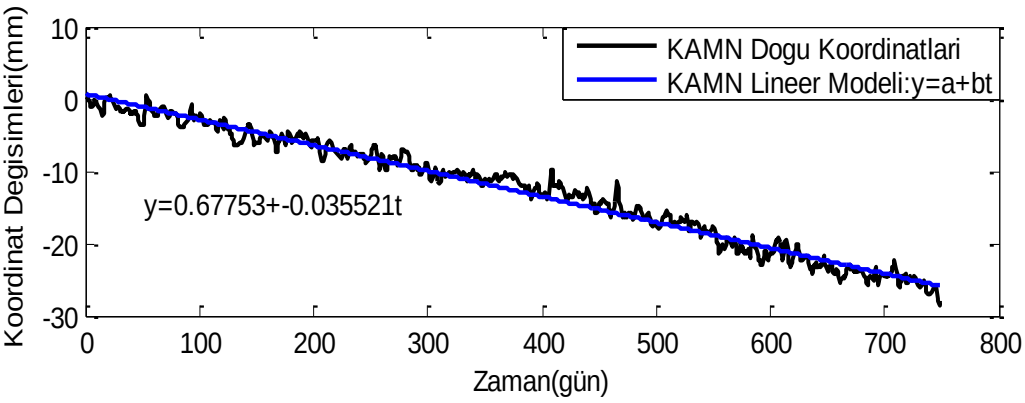
Şekil B.5: CIHA doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



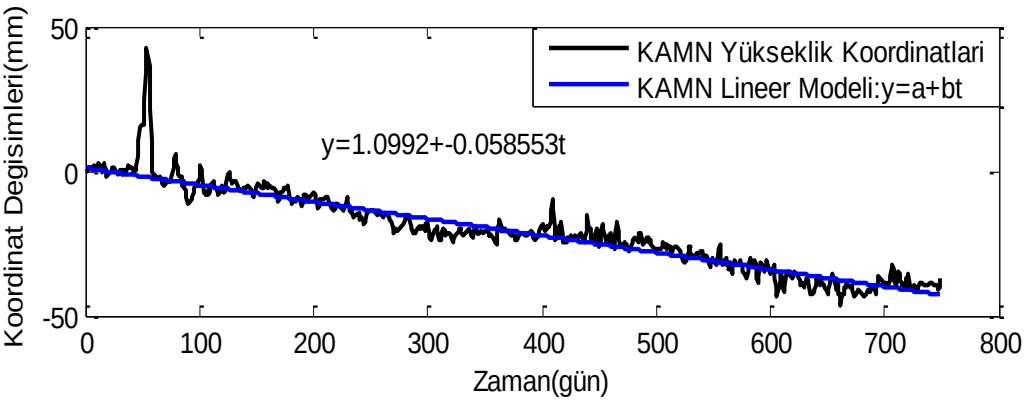
Şekil B.6: CIHA yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



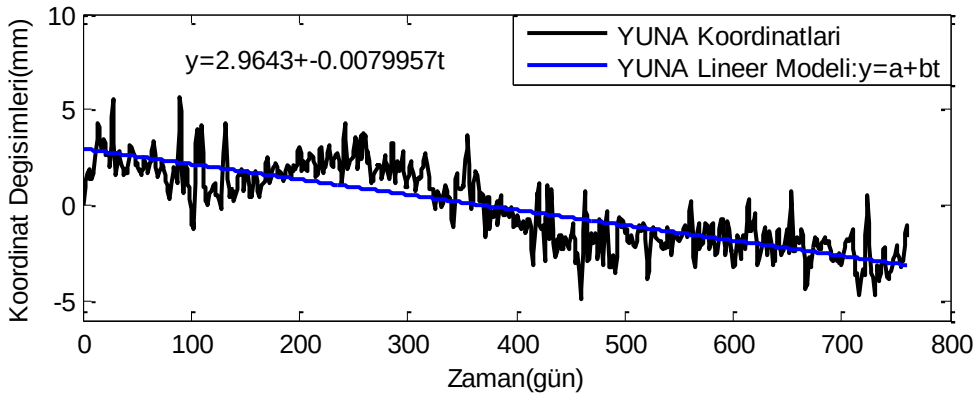
Şekil B.7: KAMN kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



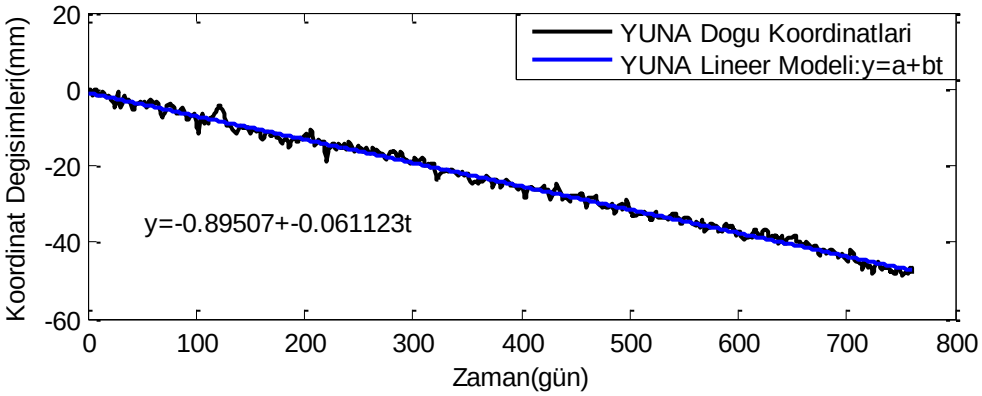
Şekil B.8: KAMN doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



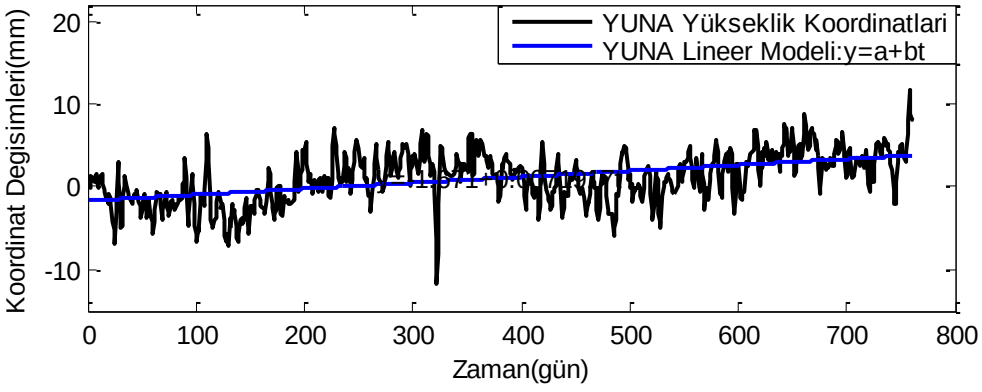
Şekil B.9: KAMN yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



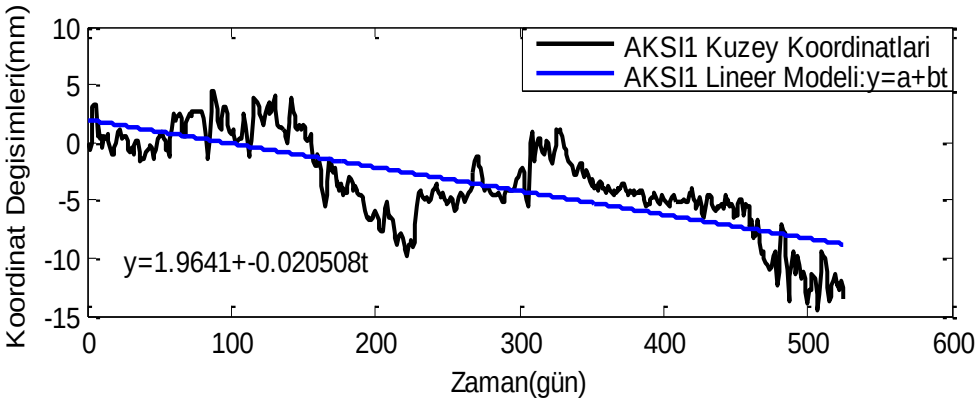
Şekil B.10: YUNA kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



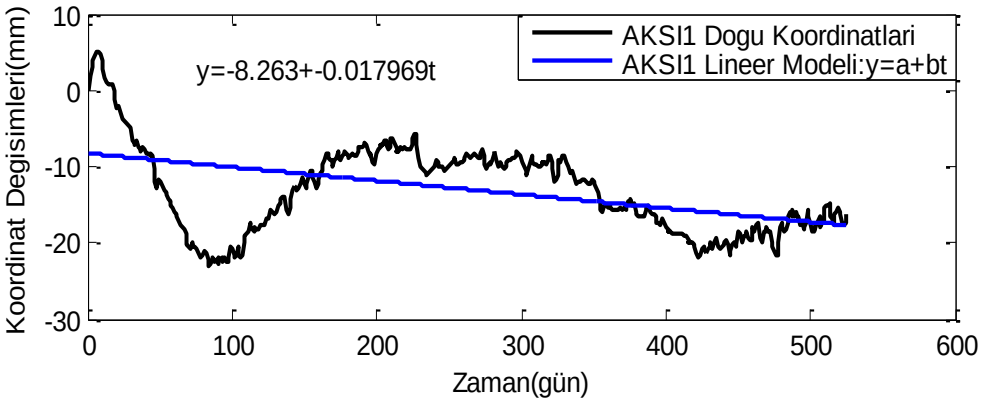
Şekil B.11: YUNA doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



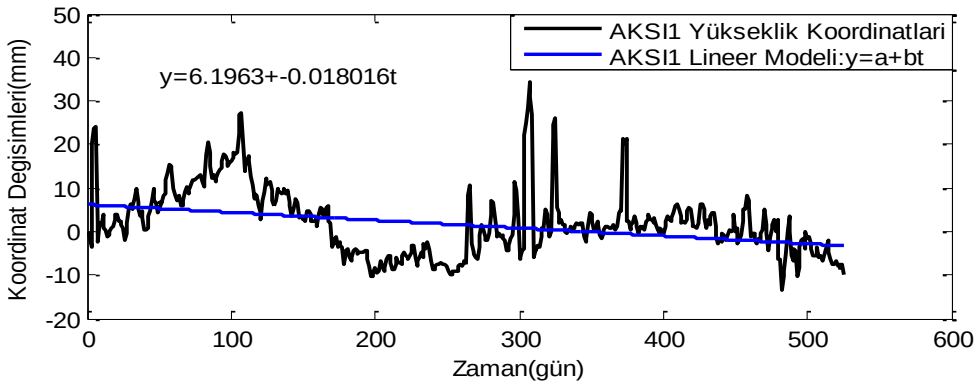
Şekil B.12: YUNA yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



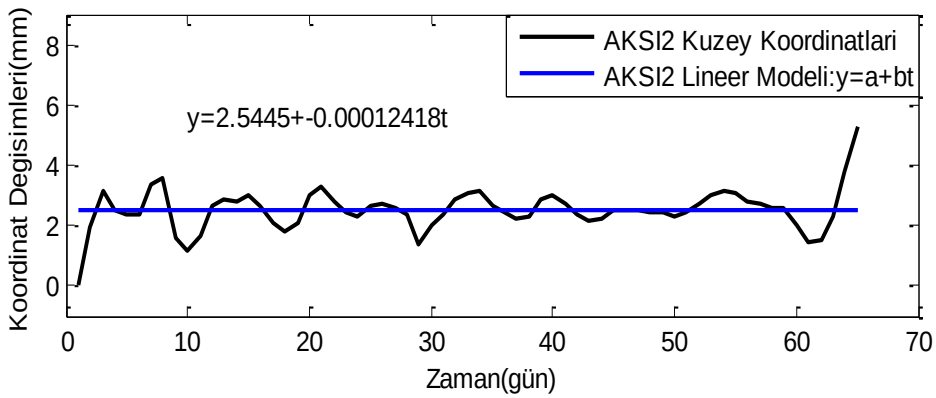
Şekil B.13: AKSI1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



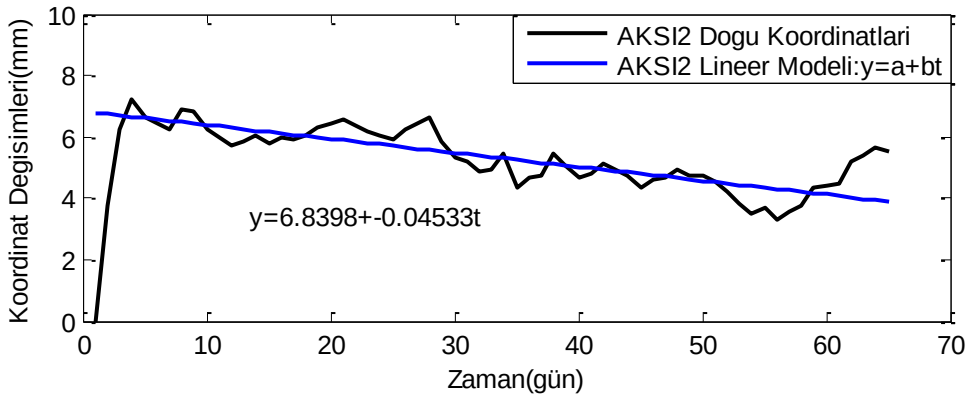
Şekil B.14: AKSI1 doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



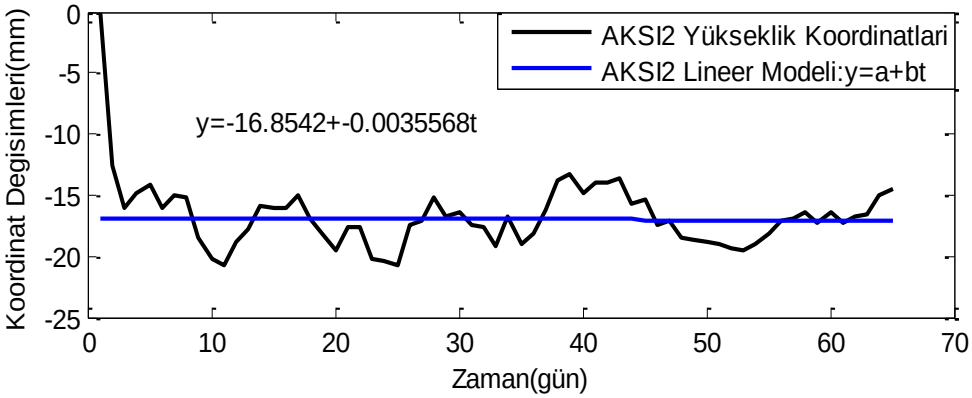
Şekil B.15: AKSI1 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



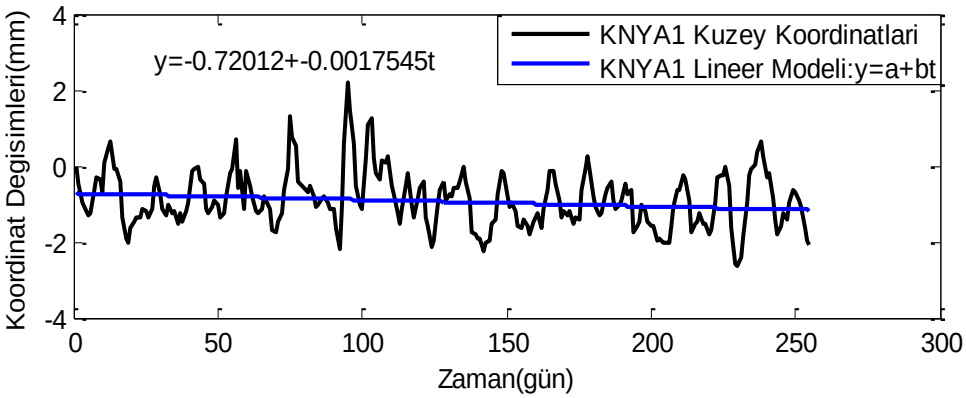
Şekil B.16: AKSI2 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



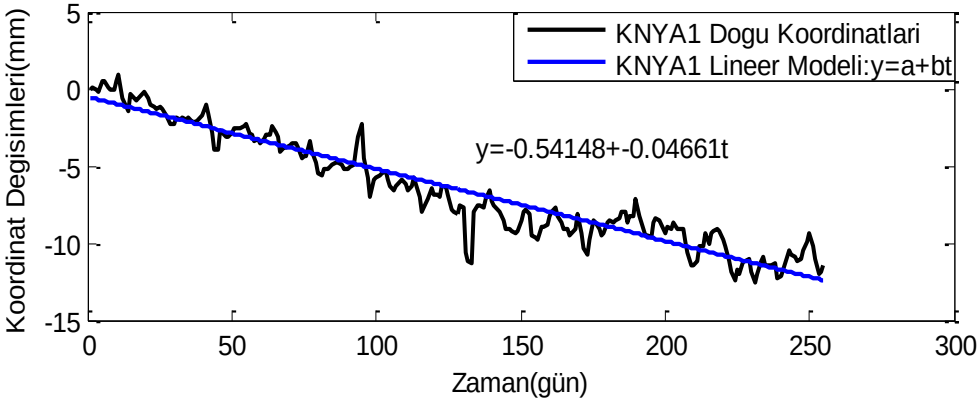
Şekil B.17: AKSI2 doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



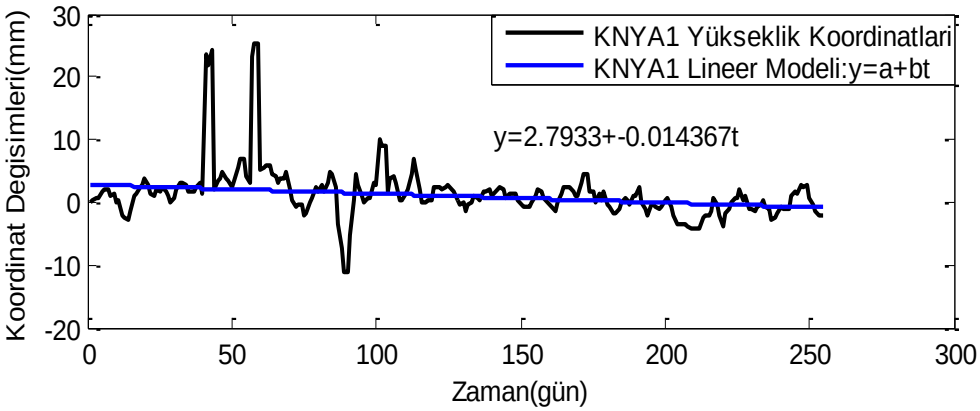
Şekil B.18: AKSI2 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



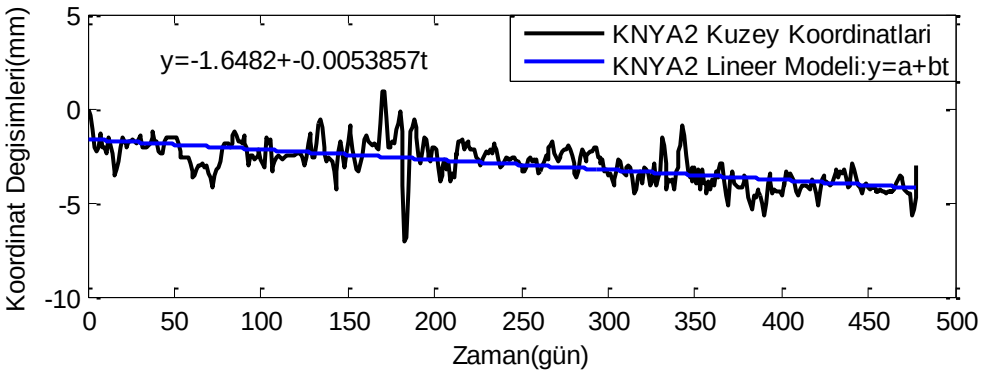
Şekil B.19: KNYA1 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.



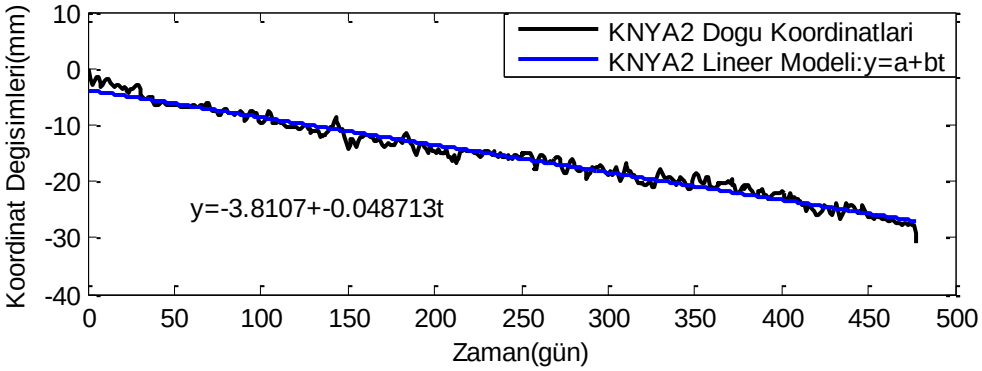
Şekil B.20: KNYA1 doğu koordinat bileşeni lineer modeli.



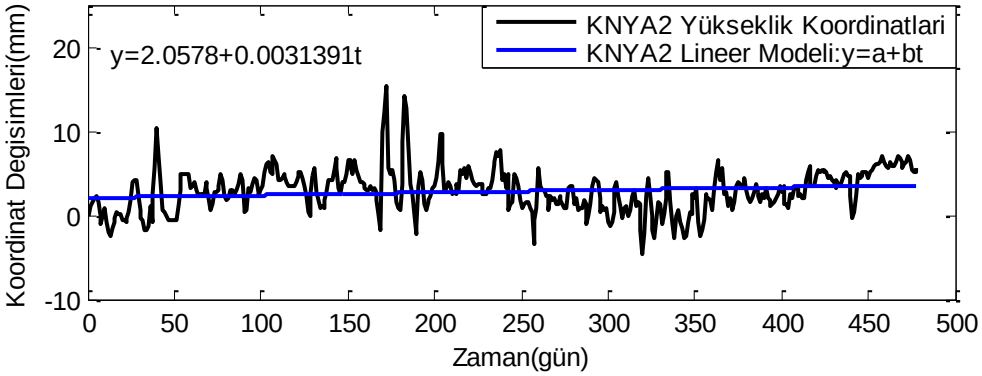
Şekil B.21: KNYA1 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.



Şekil B.22: KNYA2 kuzey koordinat bileşeni lineer modeli.

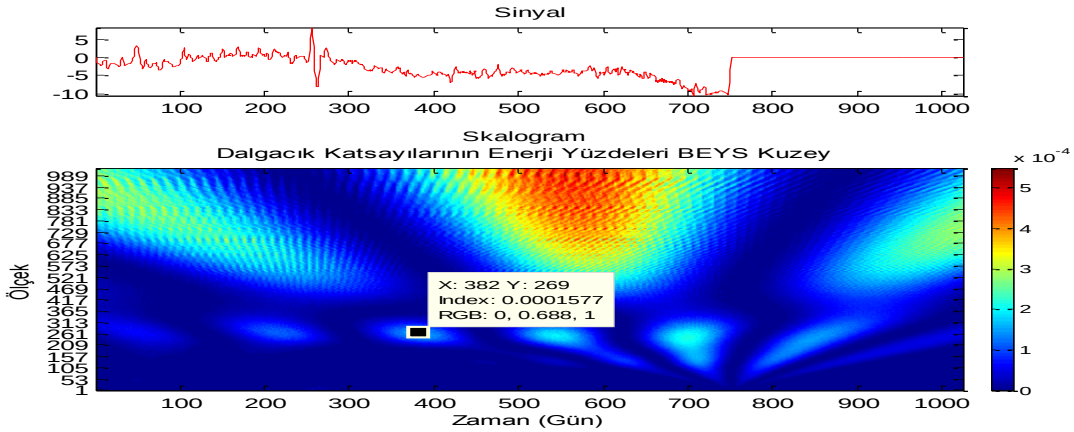


Şekil B.23: KNYA2 doğu koordinat bileşeni lineer modeli.

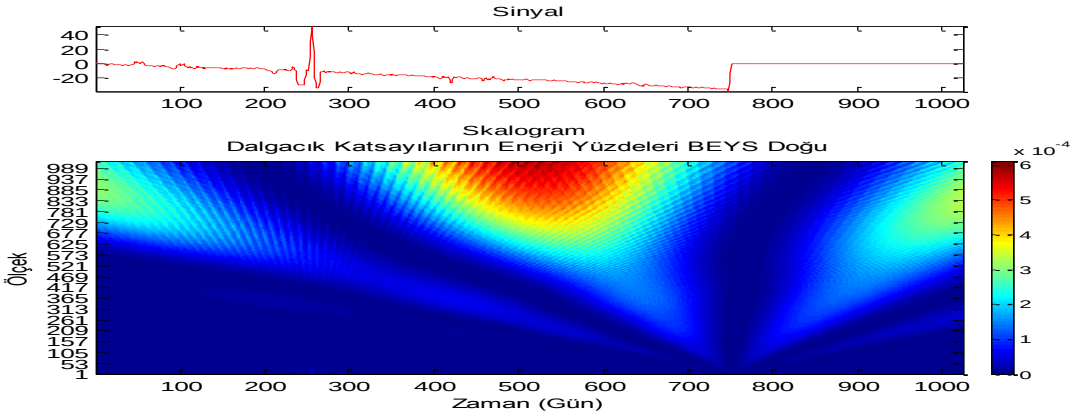


Şekil B.24: KNYA2 yükseklik koordinat bileşeni lineer modeli.

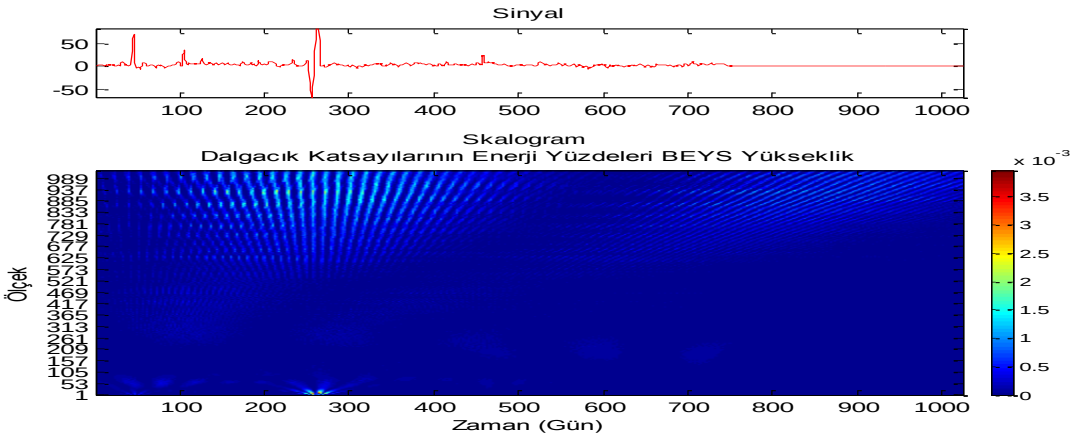
Ek.C Skalogramlar



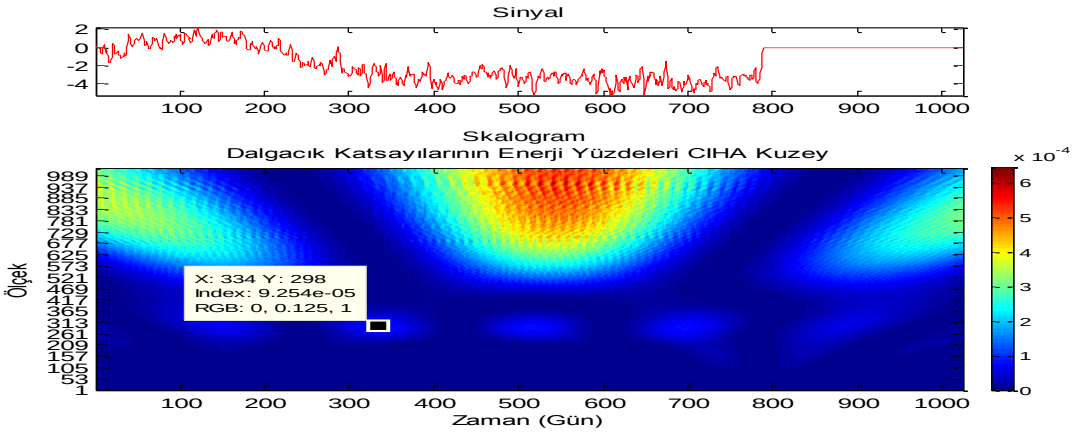
Şekil C.1: BEYS kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



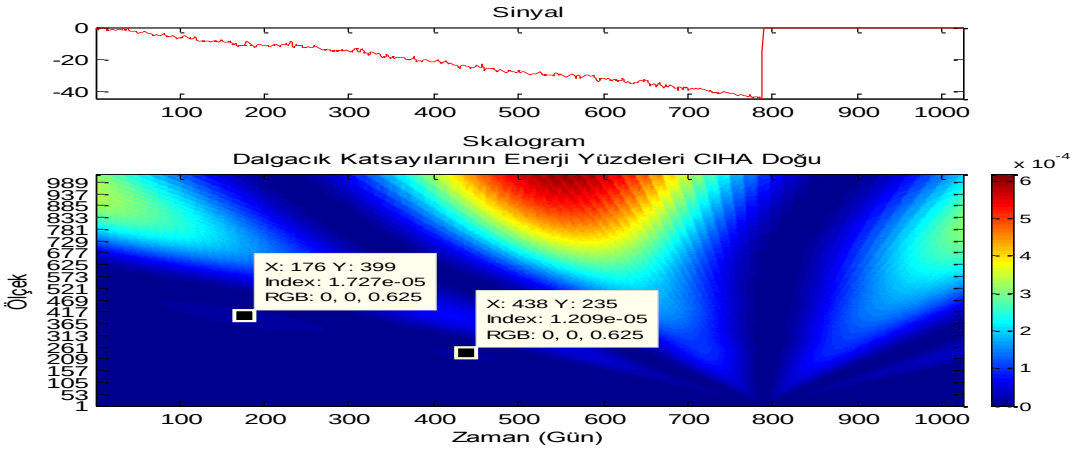
Şekil C.2: BEYS doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



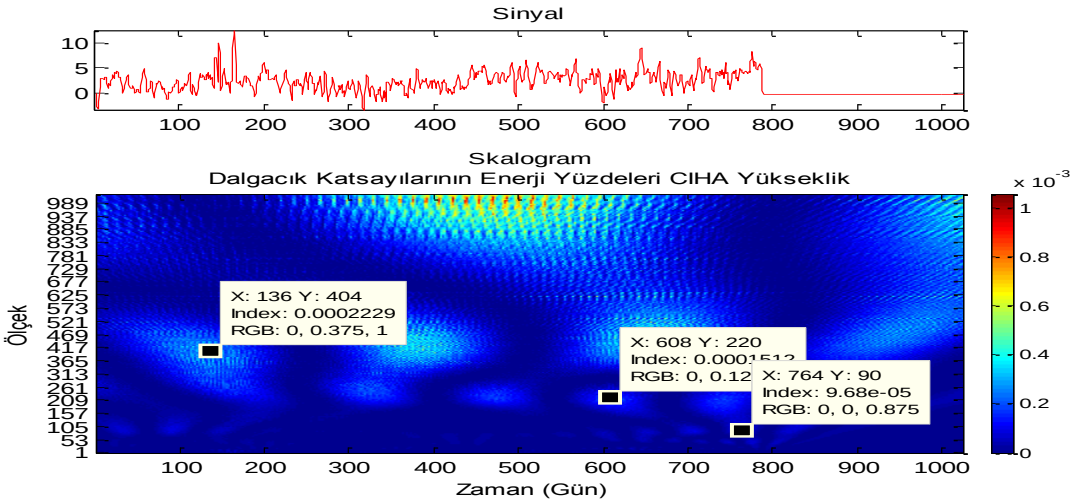
Şekil C.3: BEYS yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



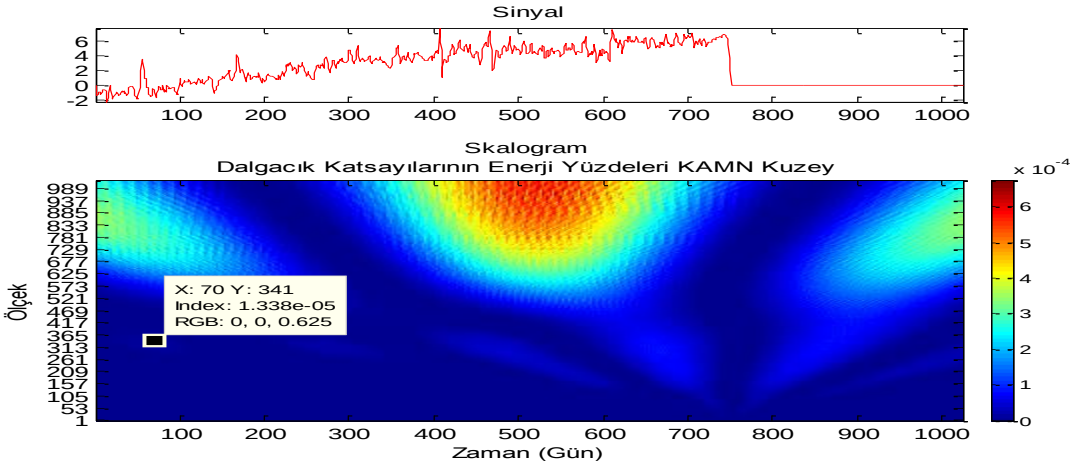
Şekil C.4: CIHA kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



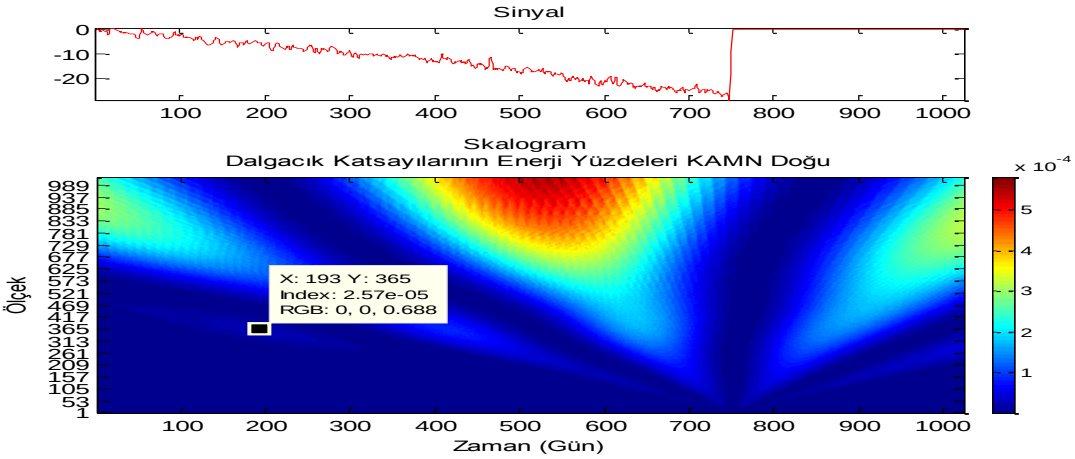
Şekil C.5: CIHA doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



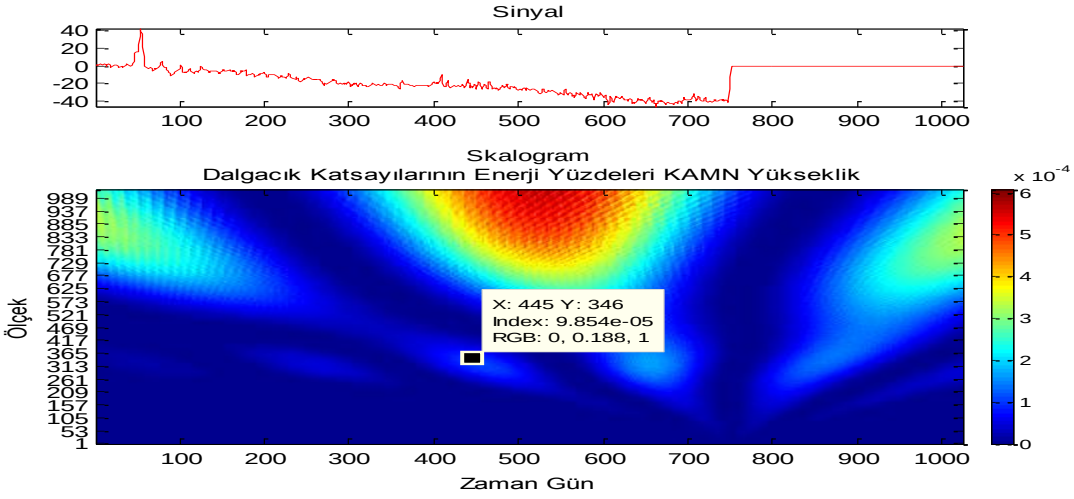
Şekil C.6: CIHA yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



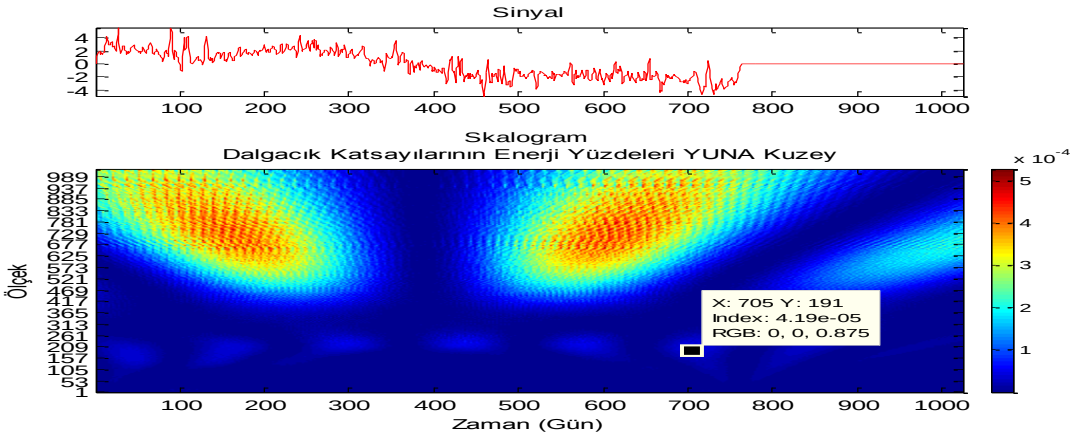
Şekil C.7: KAMN kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



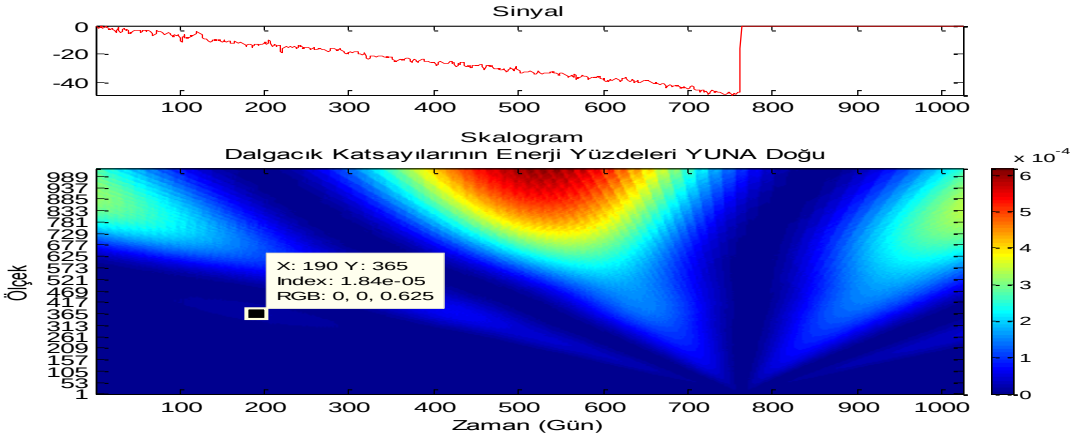
Şekil C.8: KAMN doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



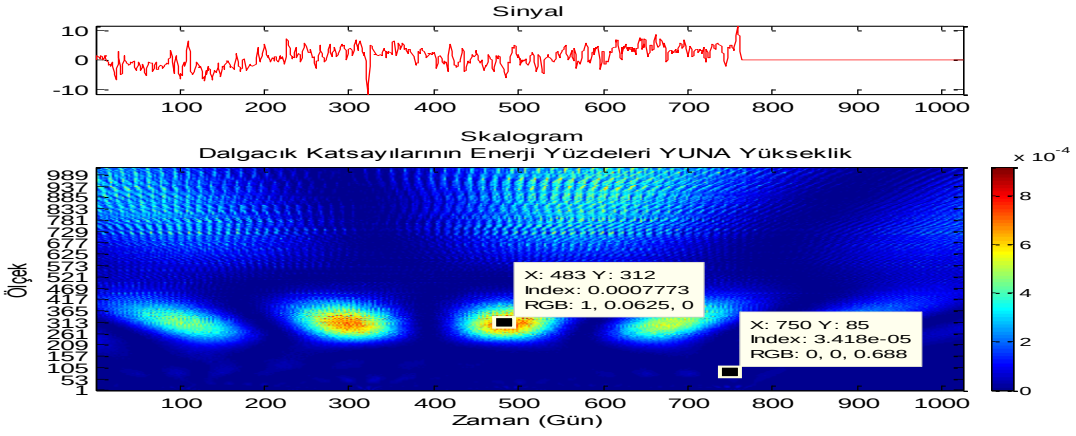
Şekil C.9: KAMN yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



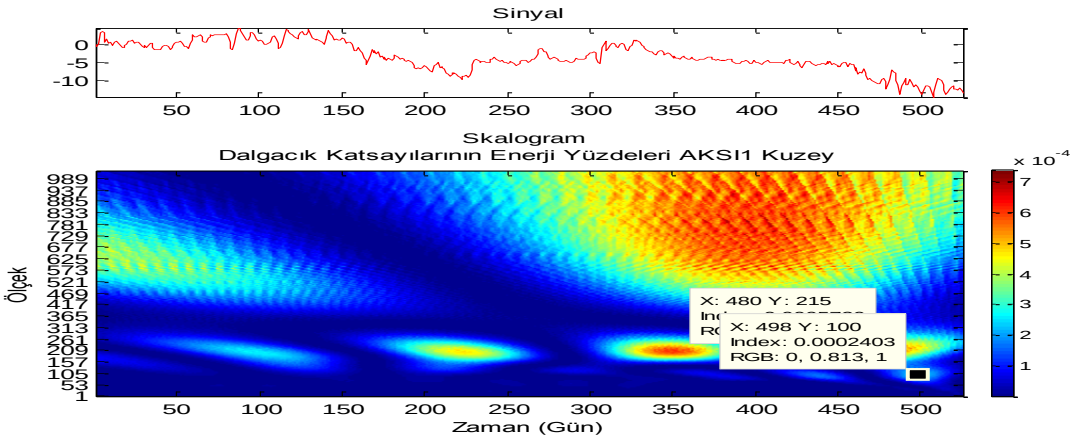
Şekil C.10: YUNA kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



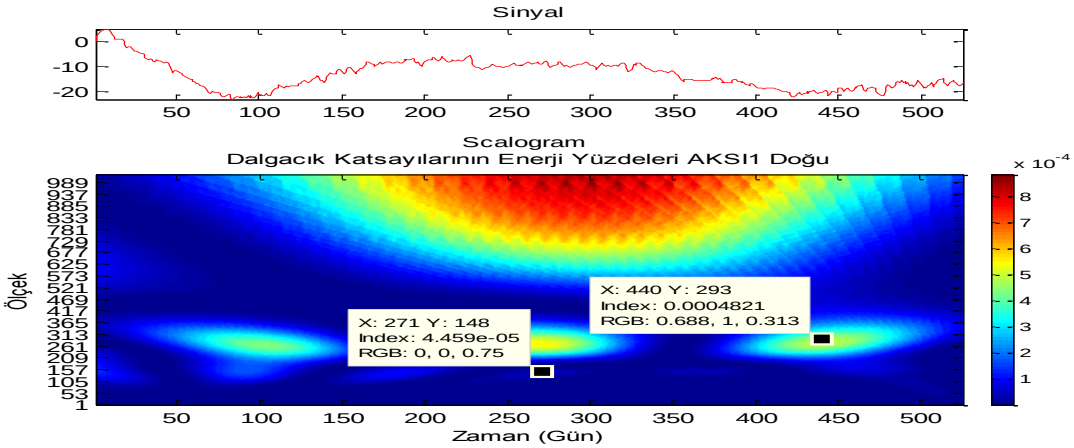
Şekil C.11: YUNA doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



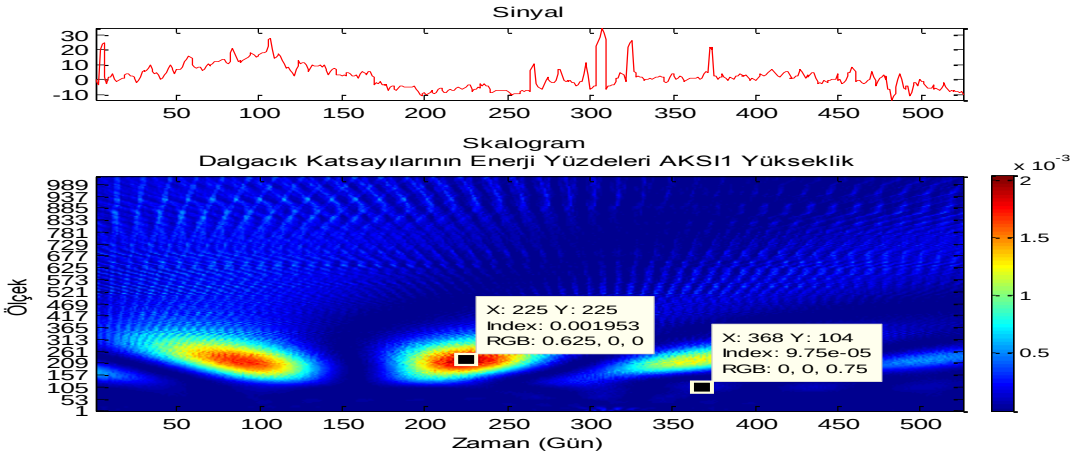
Şekil C.12: YUNA yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



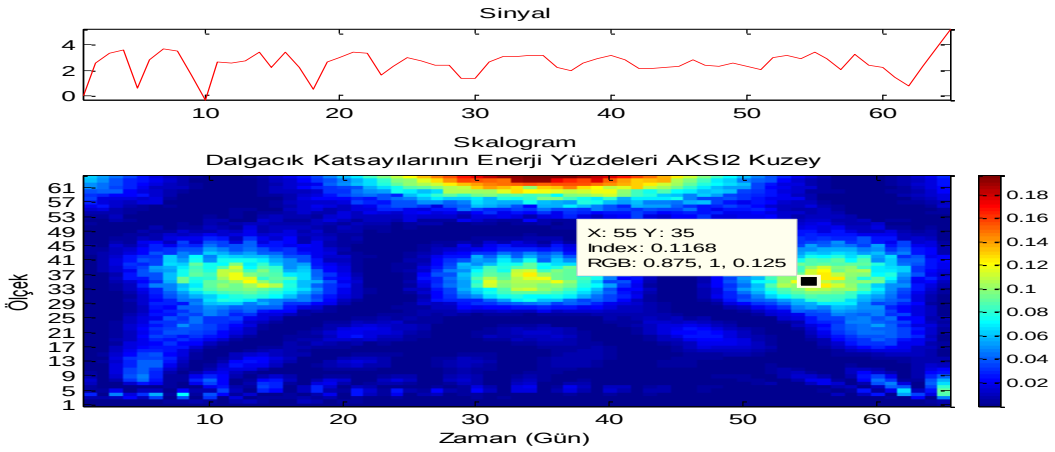
Şekil C.13: AKSI1 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



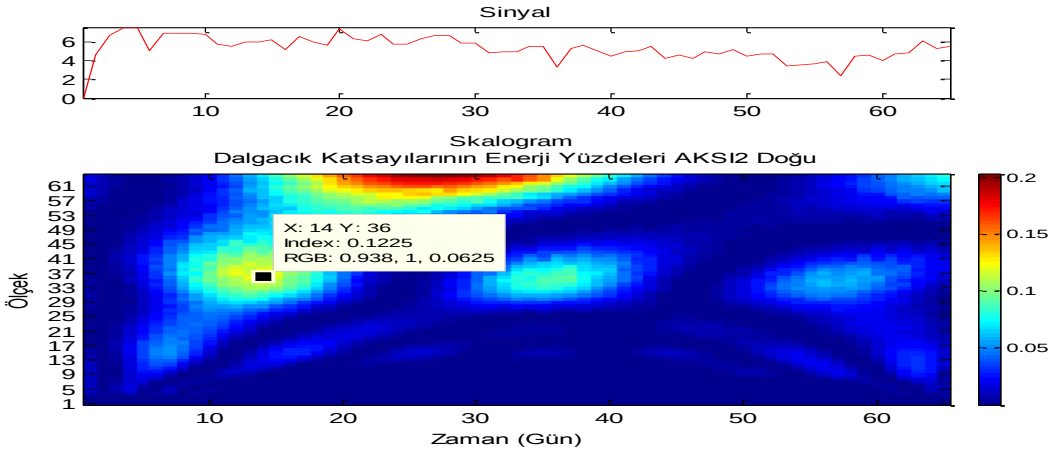
Şekil C.14: AKSI1 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



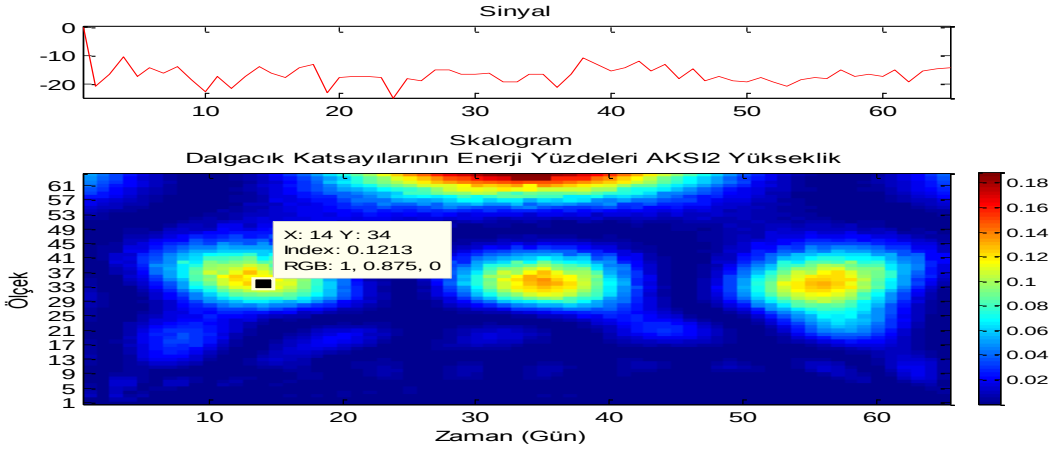
Şekil C.15: AKSI1 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



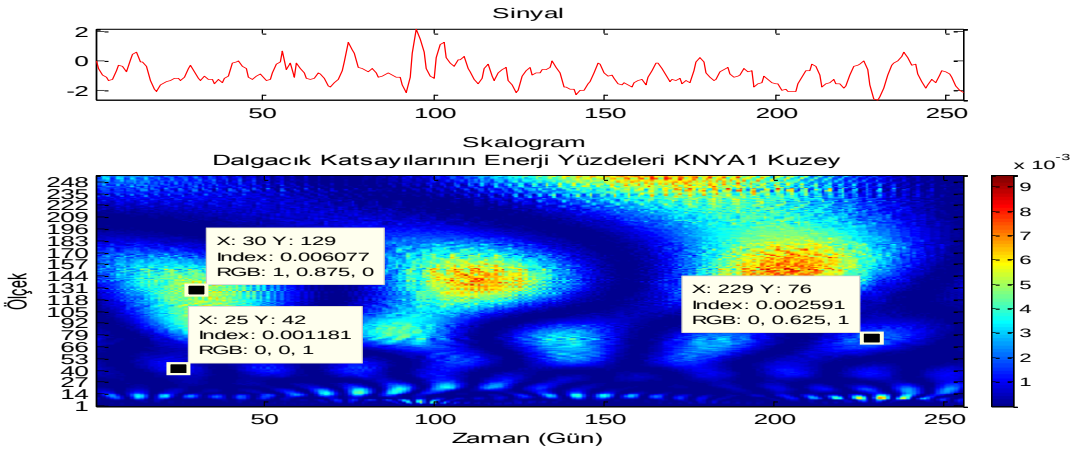
Şekil C.16: AKSI2 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



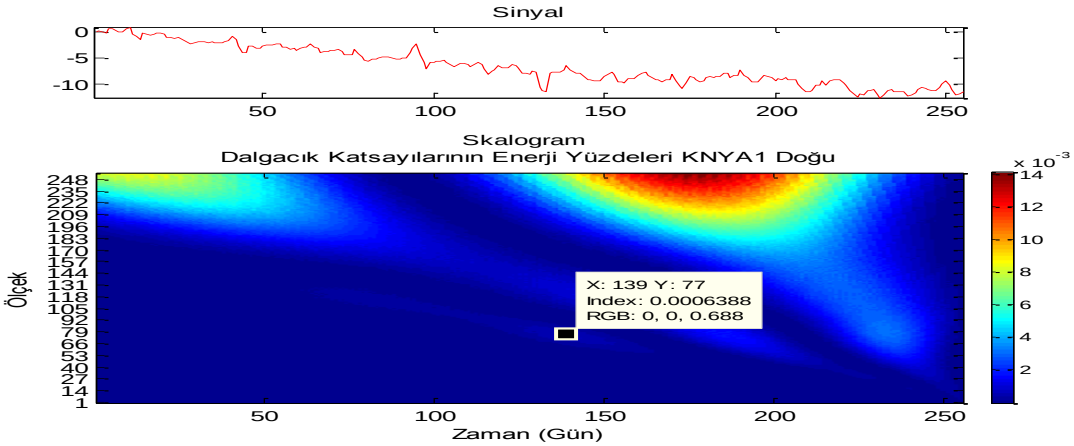
Şekil C.17: AKSI2 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



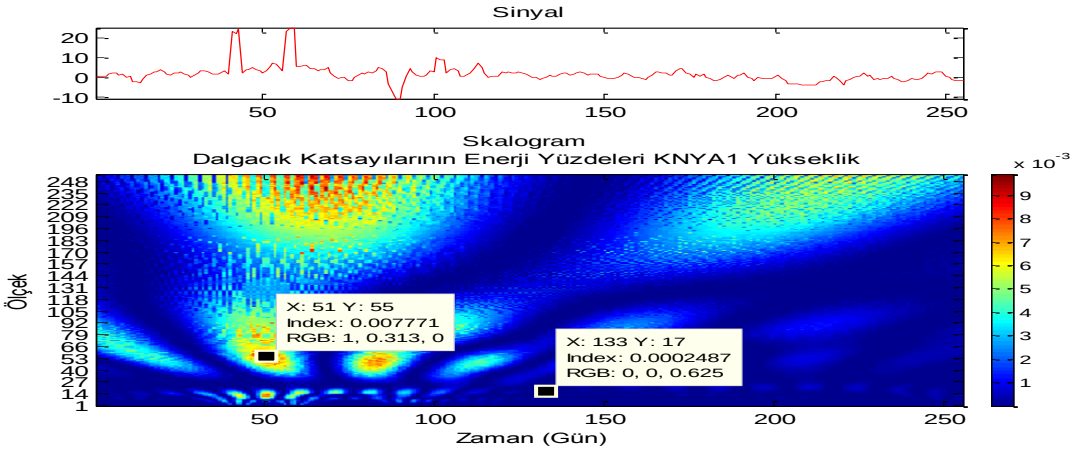
Şekil C.18: AKSI2 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



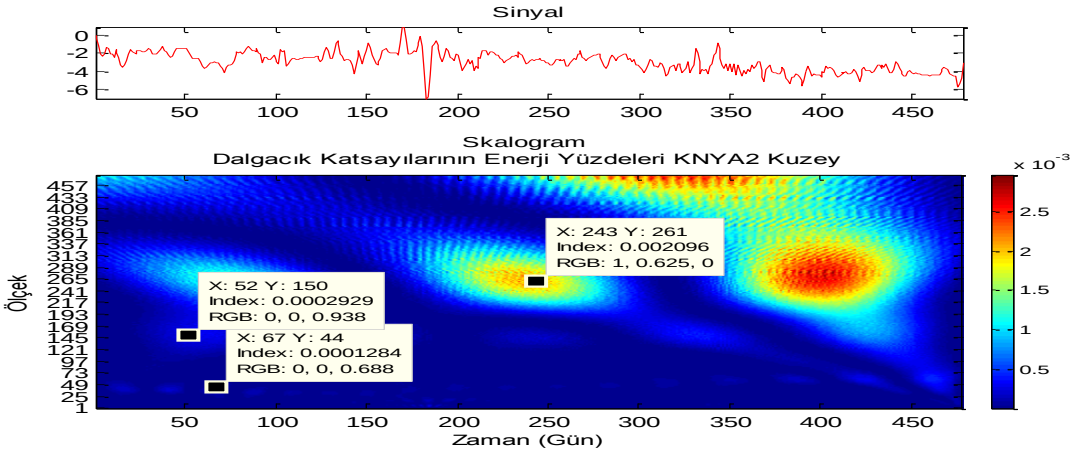
Şekil C.19: KNYA1 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



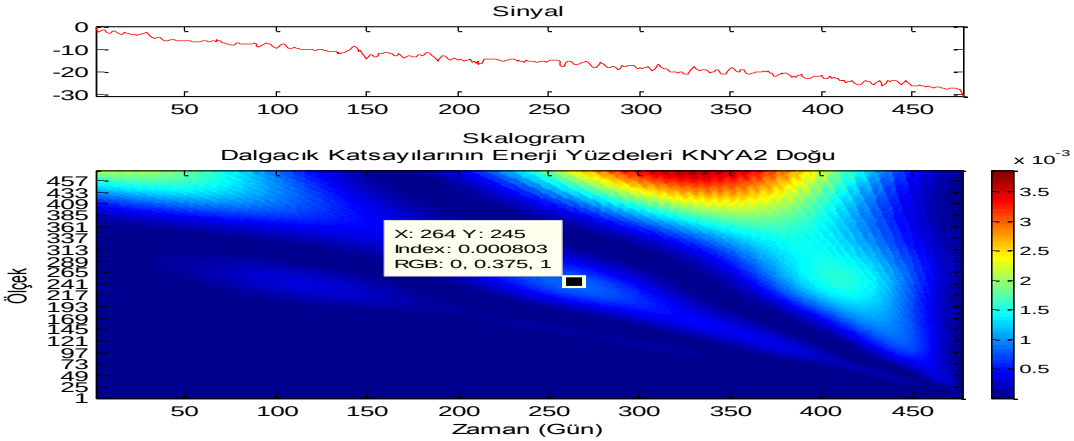
Şekil C.20: KNYA1 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



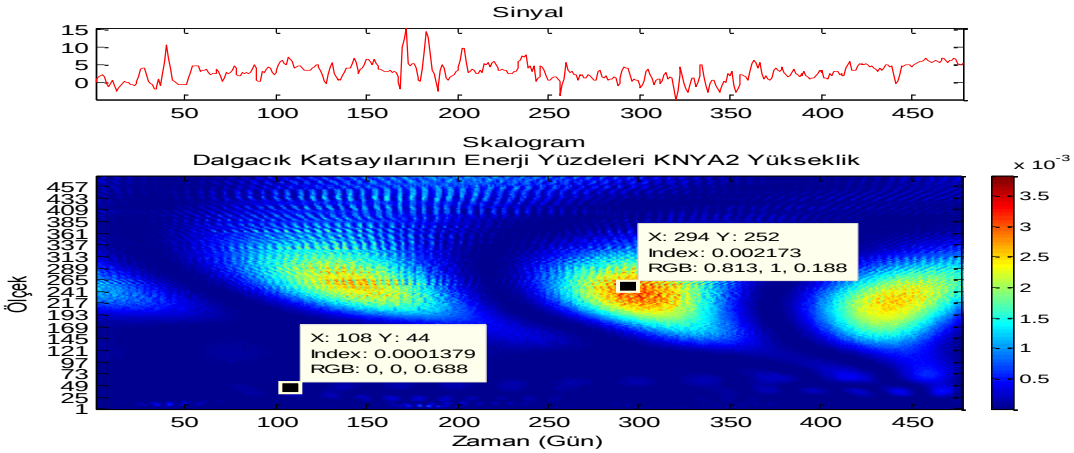
Şekil C.21: KNYA1 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.



Şekil C.22: KNYA2 kuzey dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.

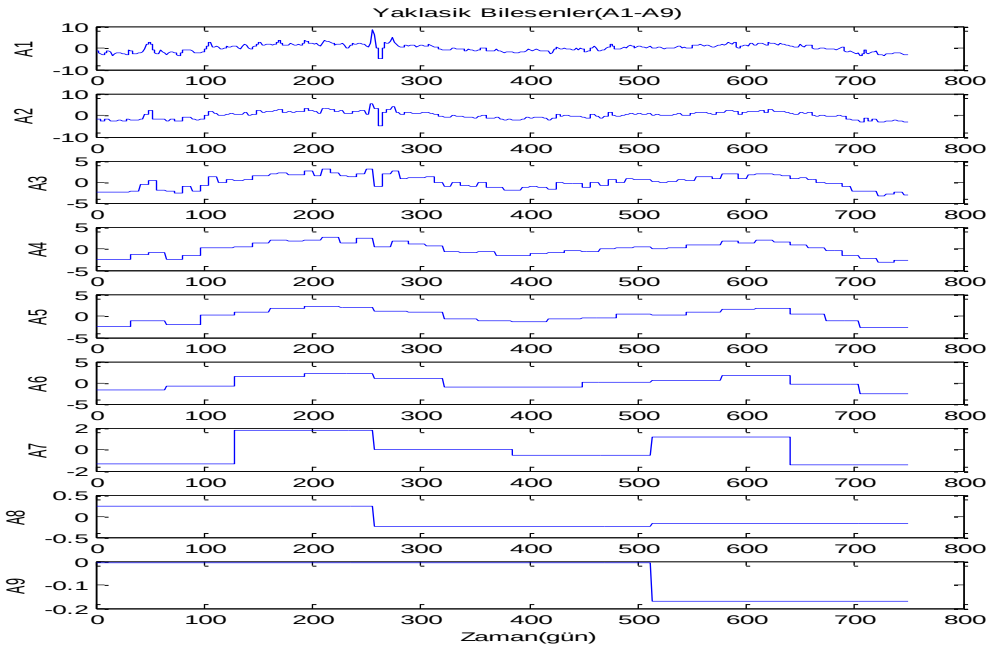


Şekil C.23: KNYA2 doğu dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.

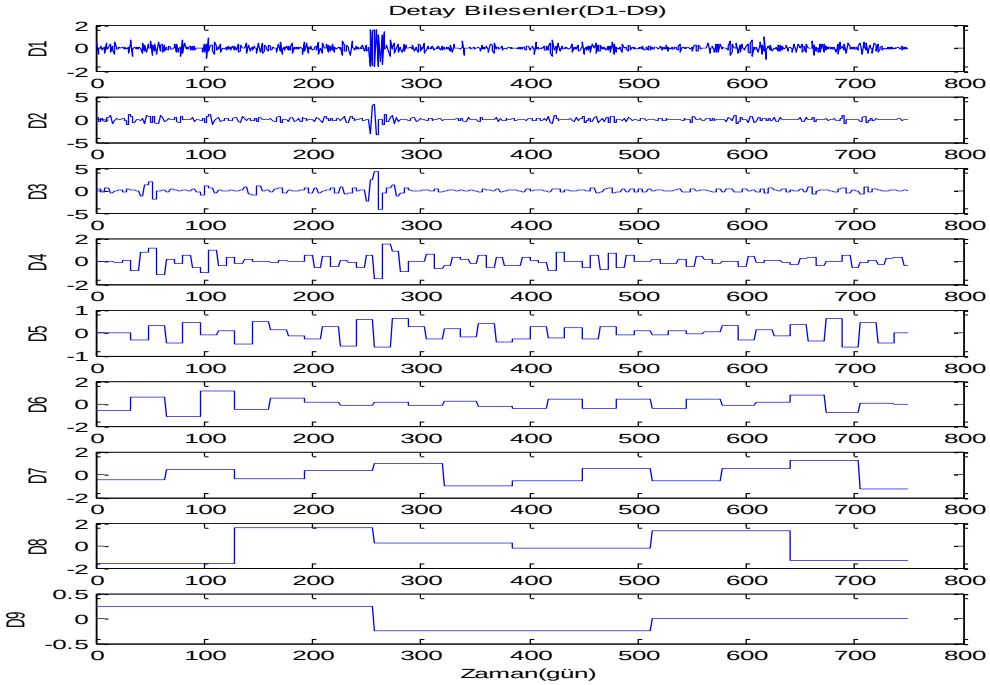


Şekil C.24: KNYA2 yükseklik dalgacık katsayılarının enerji yüzdeleri.

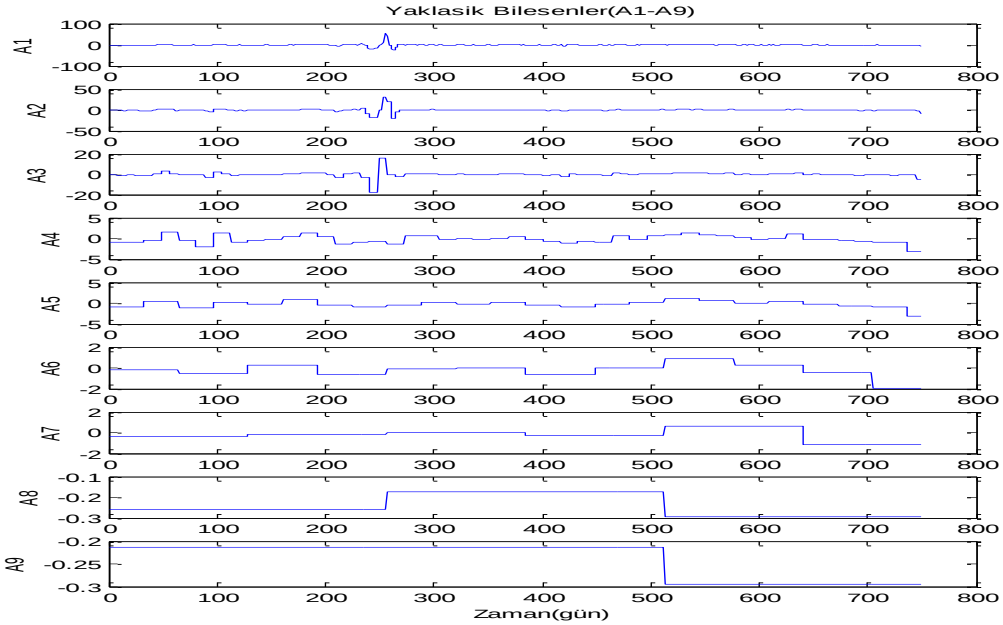
Ek.D İstasyonların Yaklaşım ve Detay bileşenleri



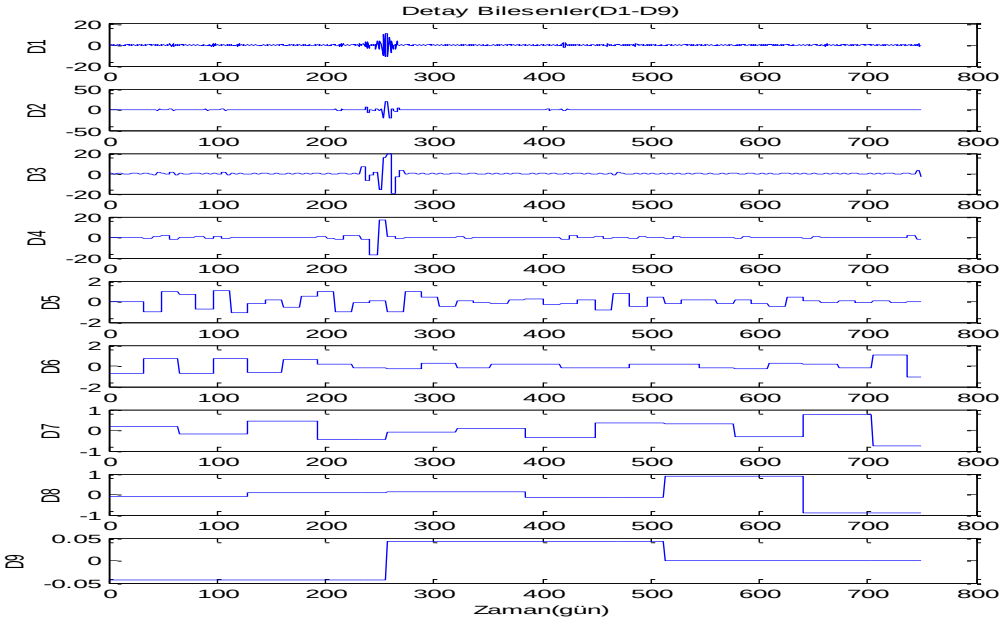
Şekil D.1: BEYS kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



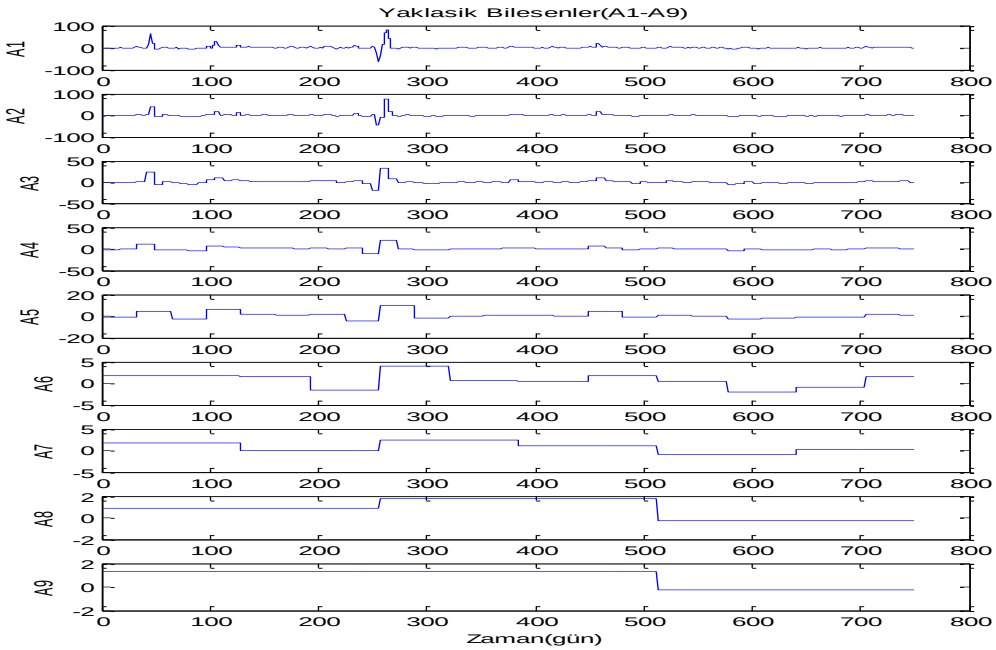
Şekil D.2: BEYS kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



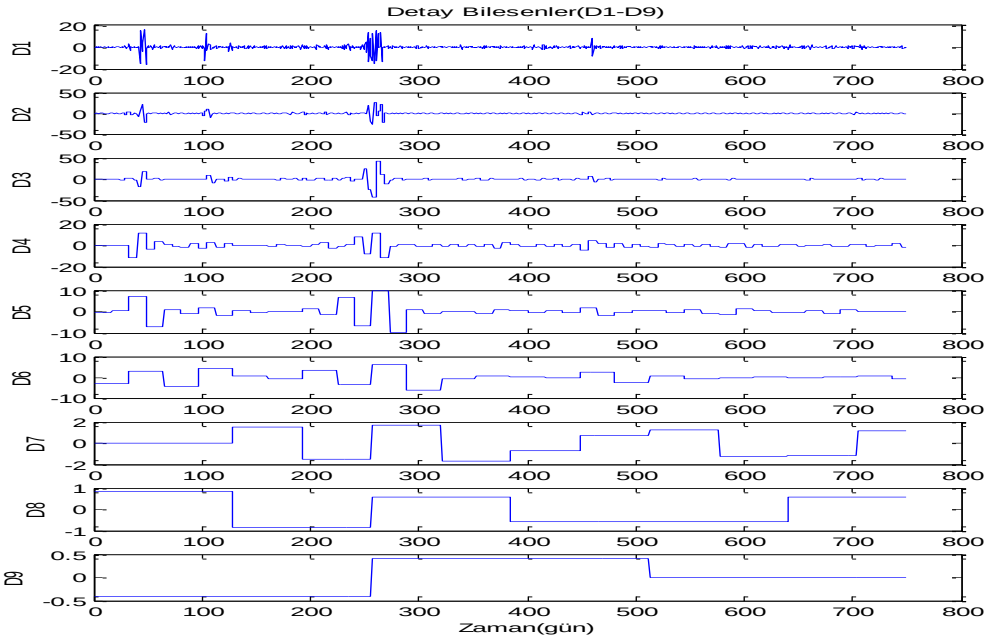
Şekil D.3: BEYS doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



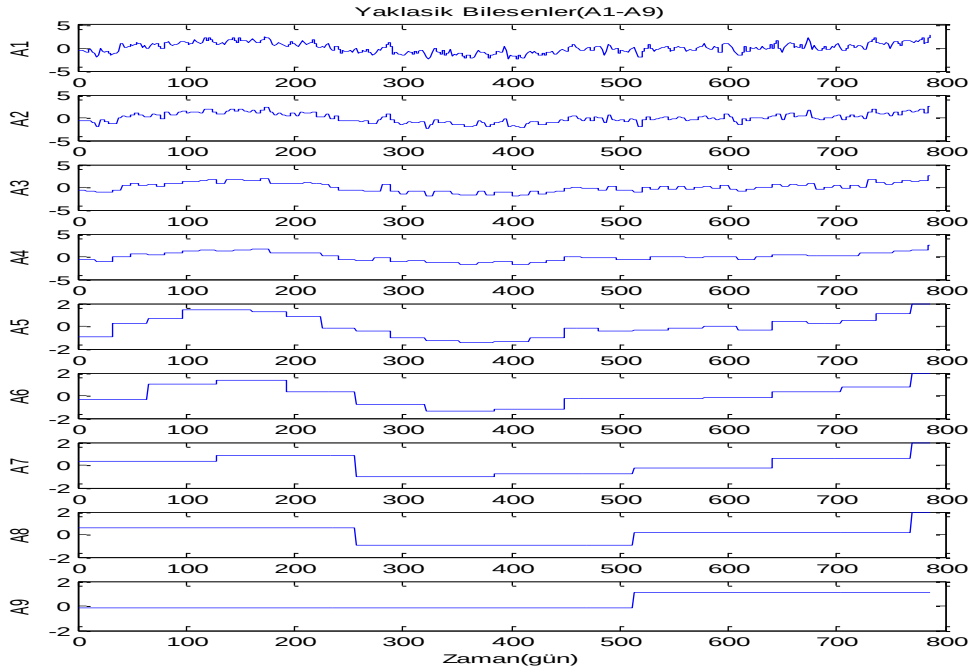
Şekil D.4: BEYS doğu detay bileşenleri zaman serileri.



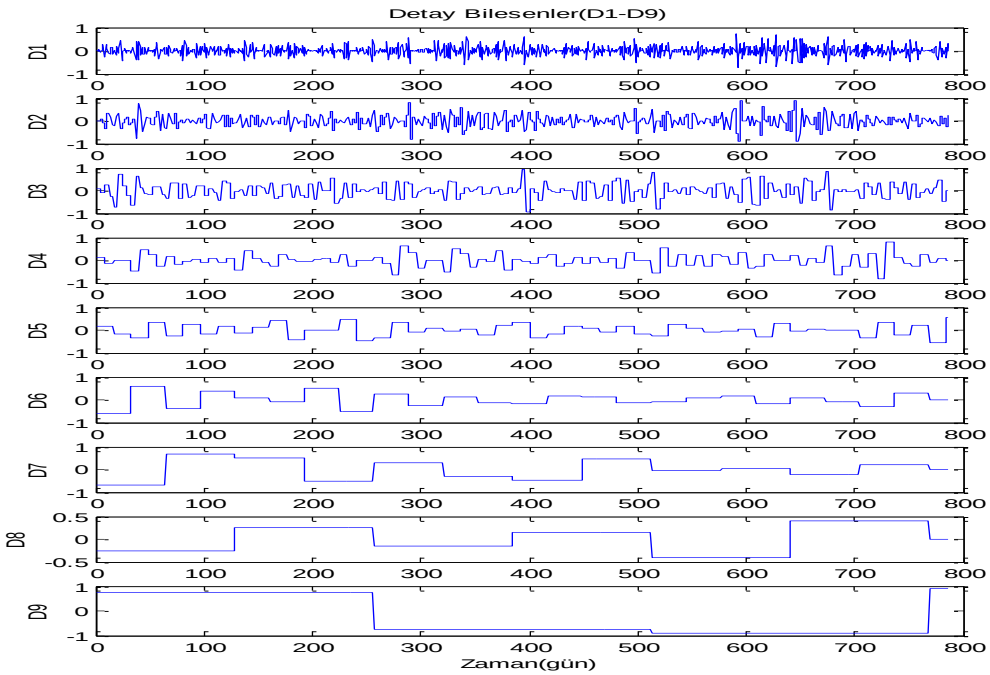
Şekil D.5: BEYS yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



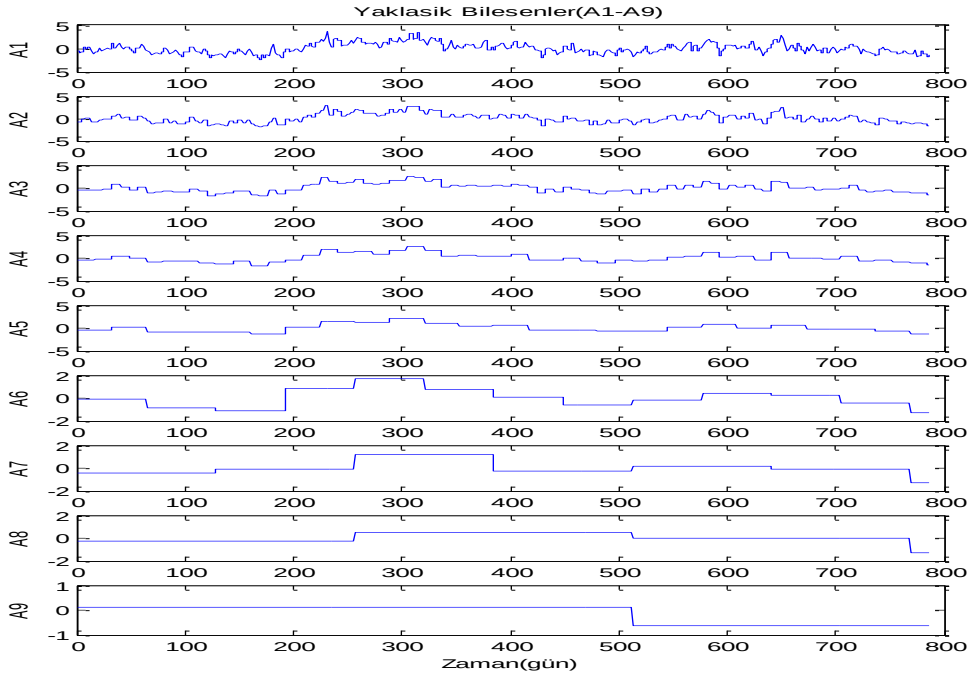
Şekil D.6: BEYS yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.



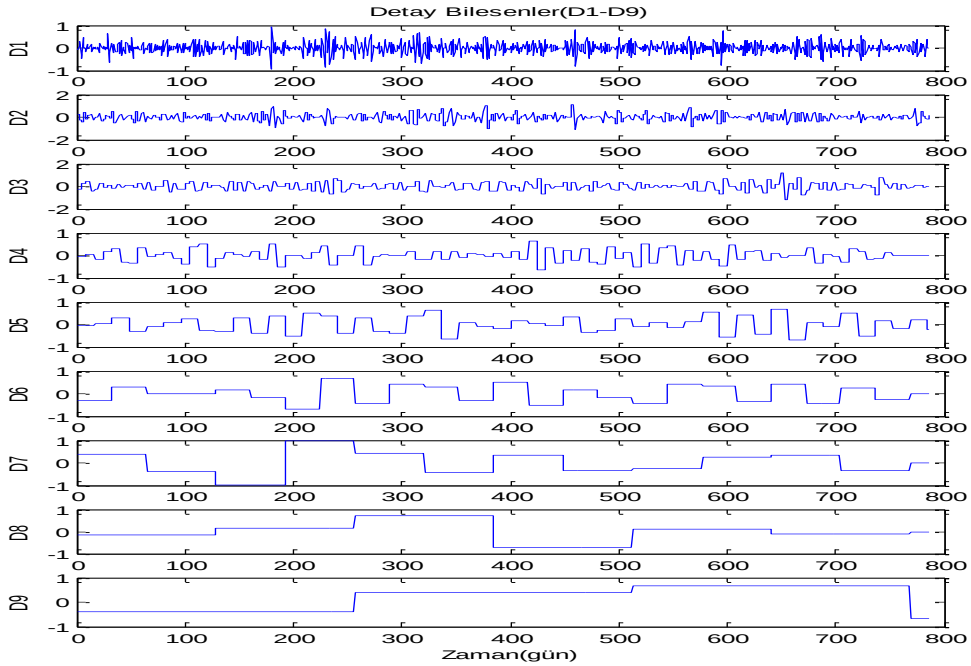
Şekil D.7: CIHA kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



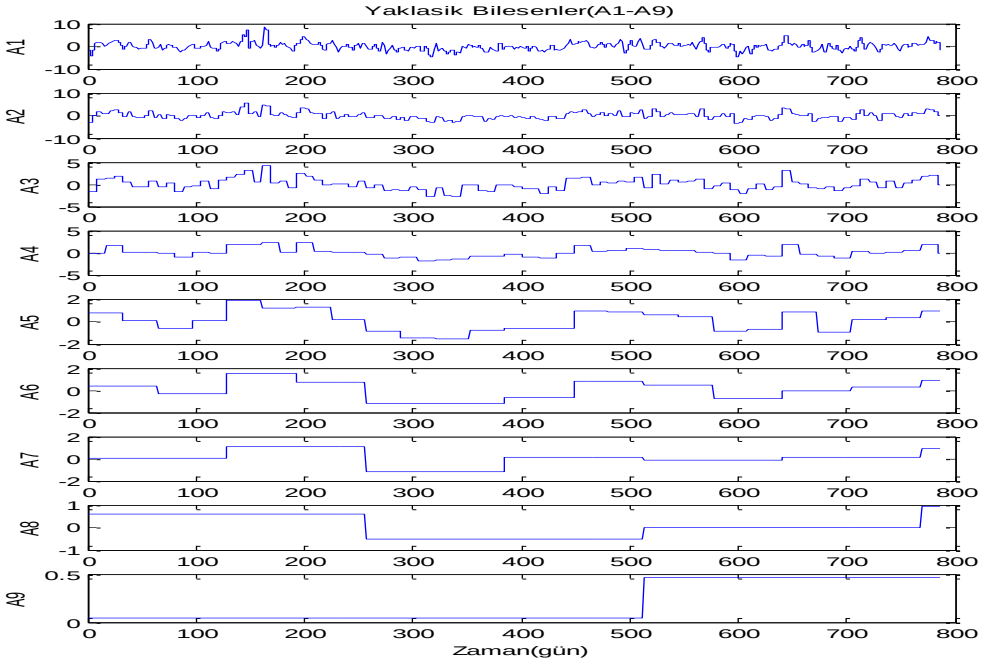
Şekil D.8: CIHA kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



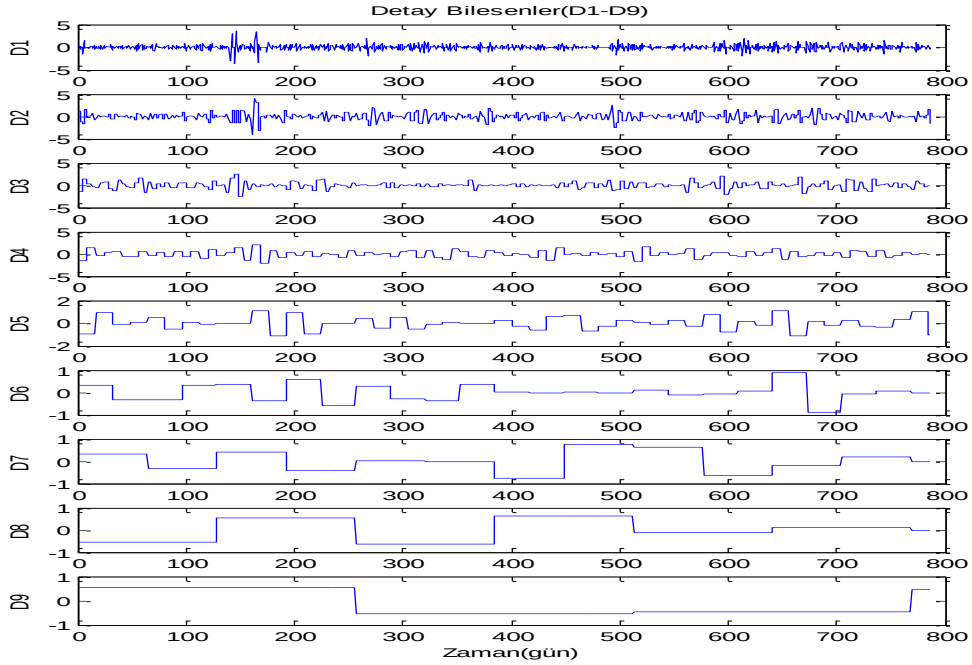
Şekil D.9: CIHA doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



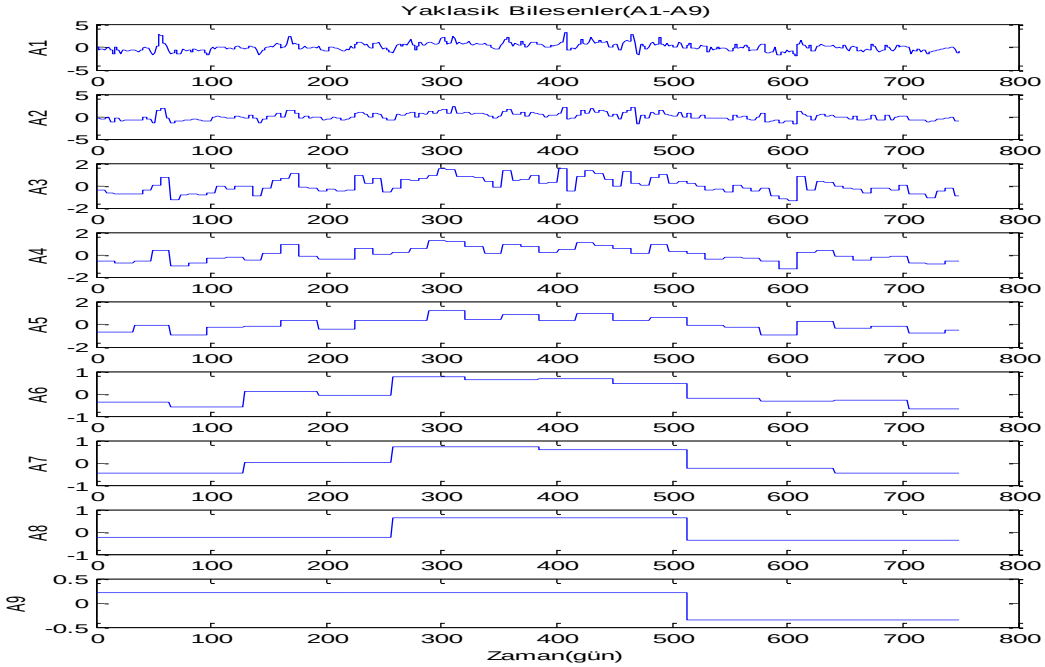
Şekil D.10: CIHA doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



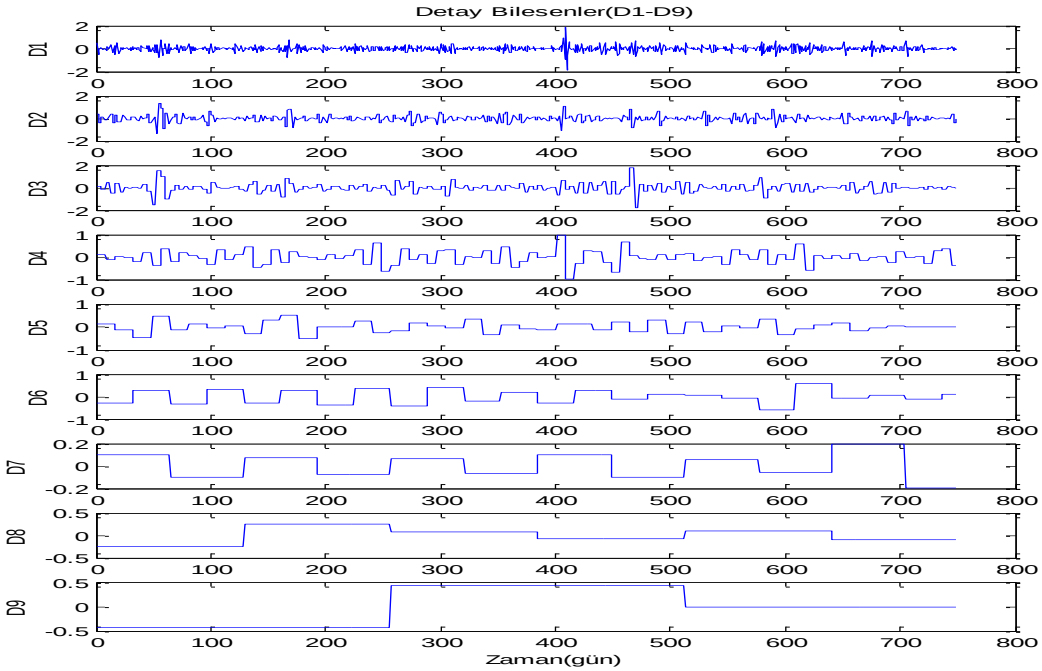
Şekil D.11: CIHA yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



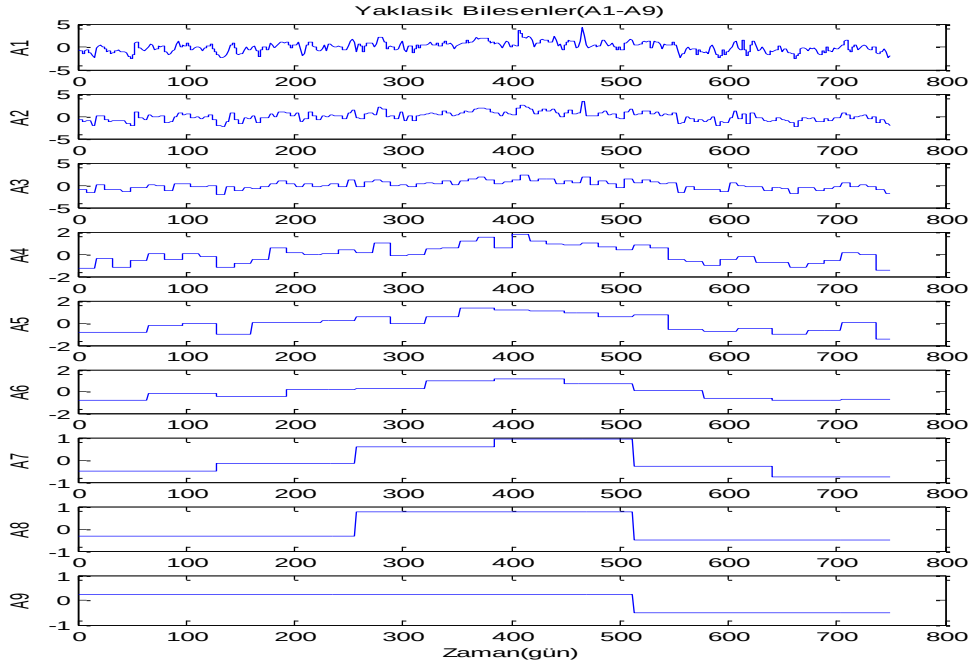
Şekil D.12: CIHA yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.



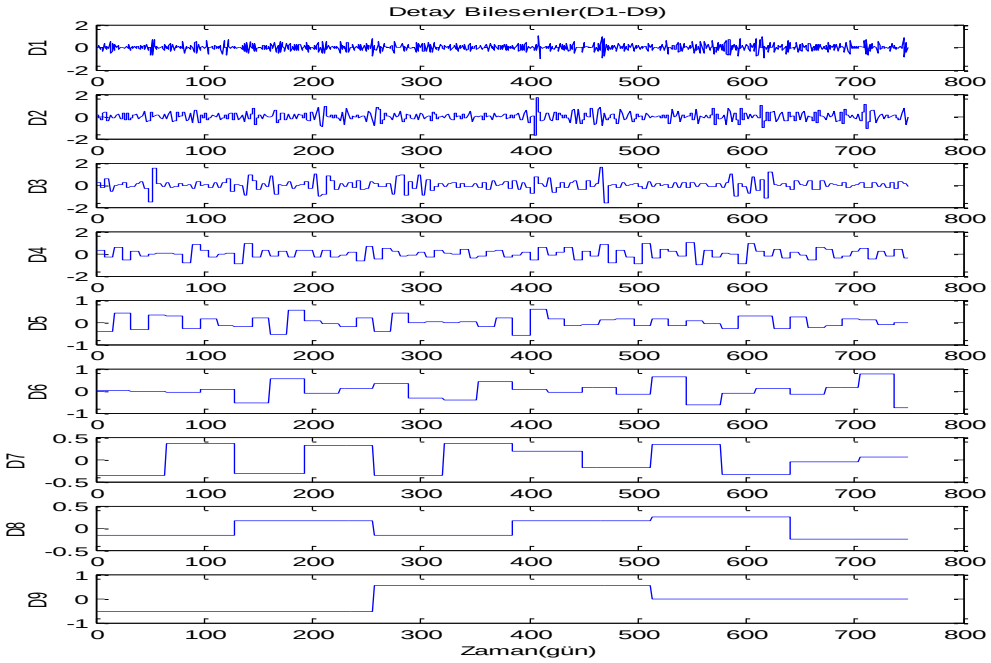
Şekil D.13: KAMN kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



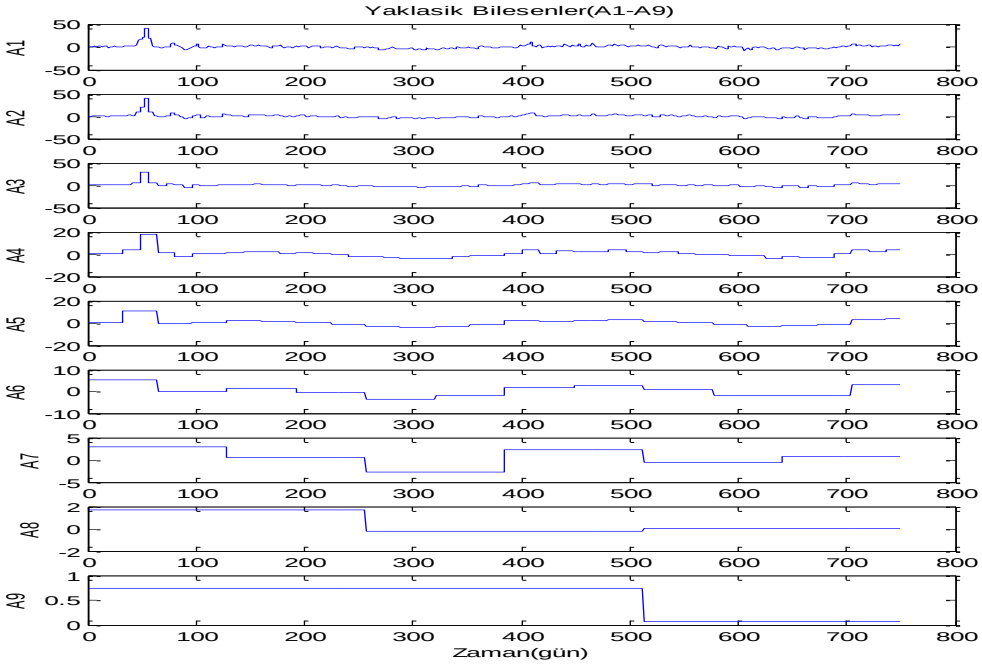
Şekil D.14: KAMN kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



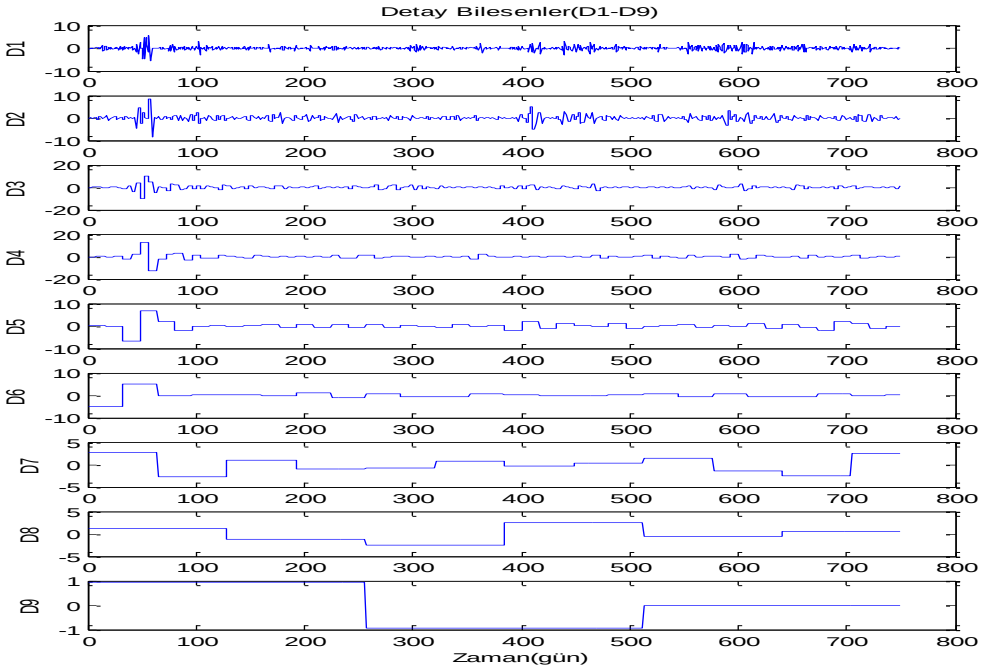
Şekil D.15: KAMN doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



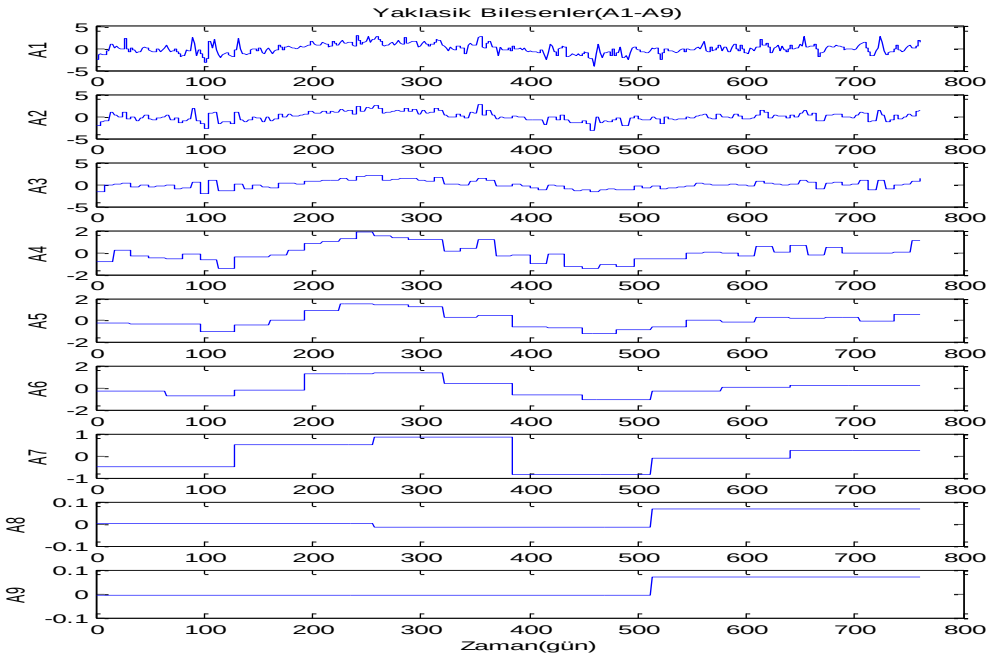
Şekil D.16: KAMN doğu detay bileşenleri zaman serileri.



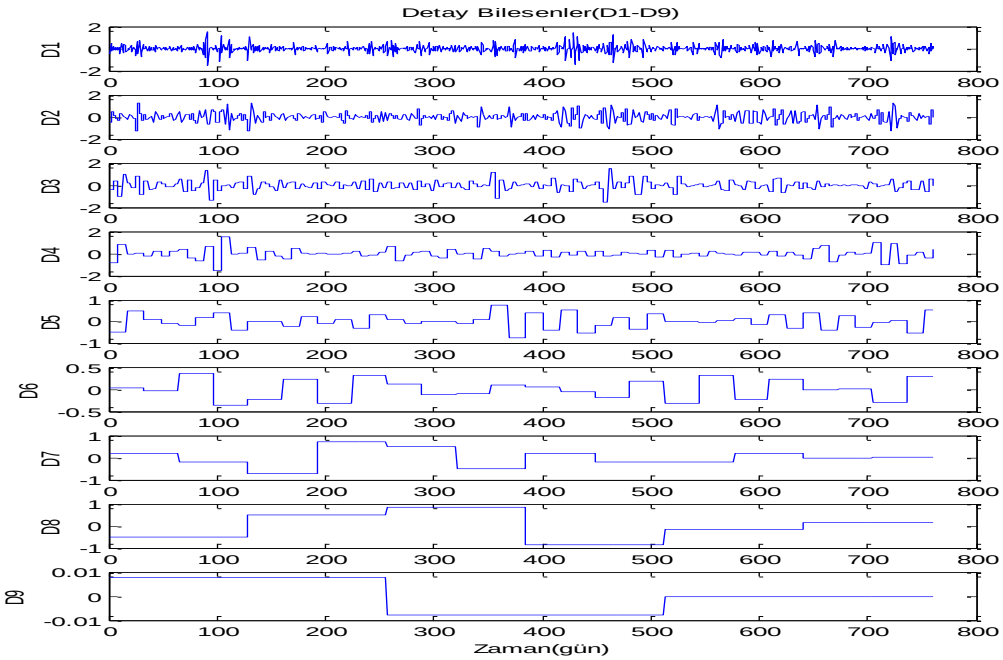
Şekil D.17: KAMN yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



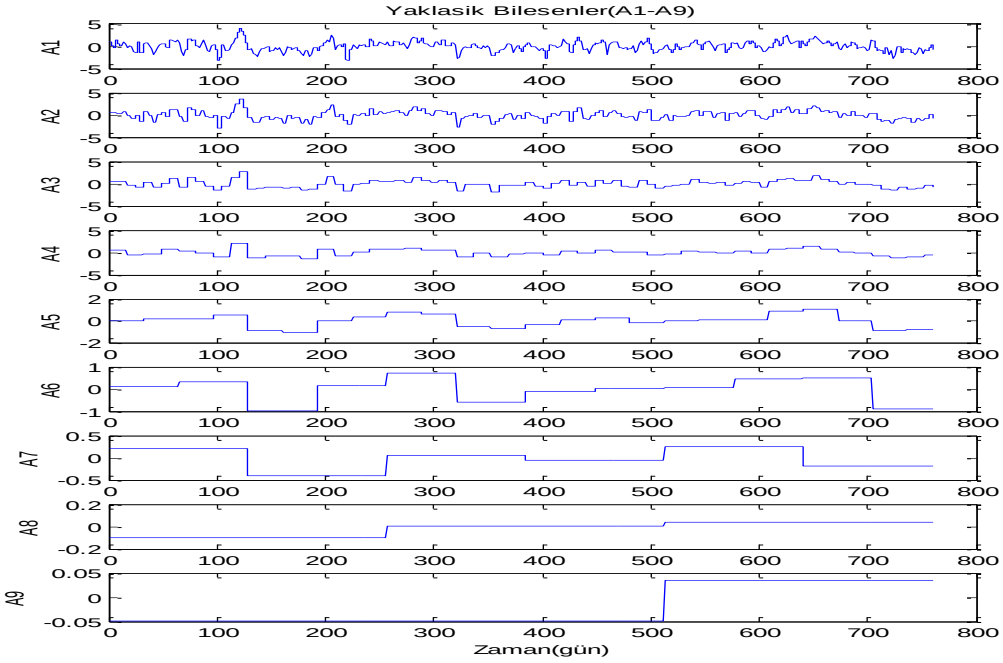
Şekil D.18: KAMN yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.



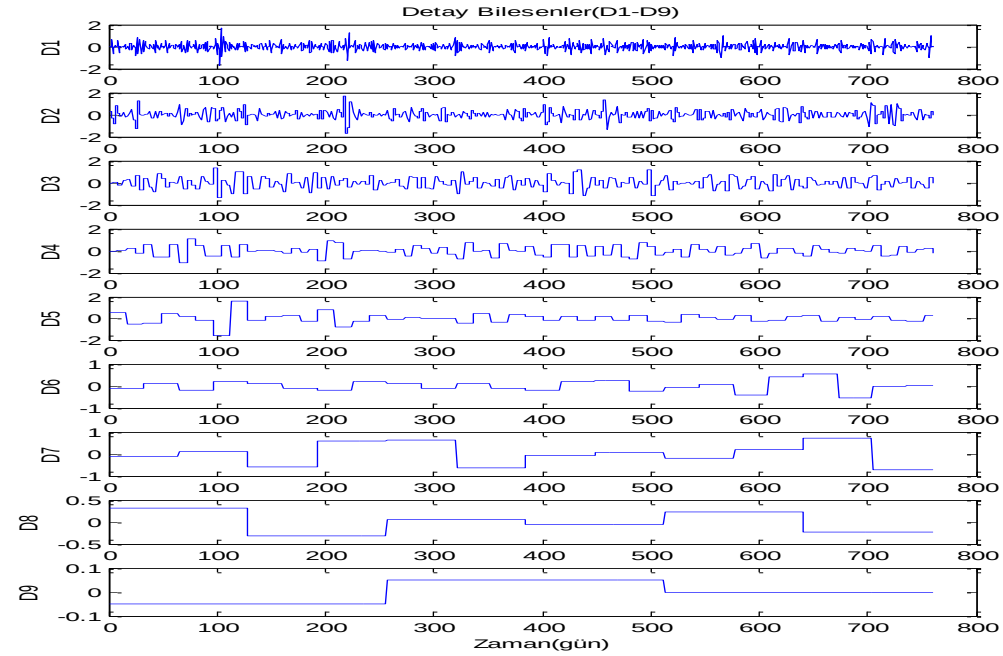
Şekil D.19: YUNA kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



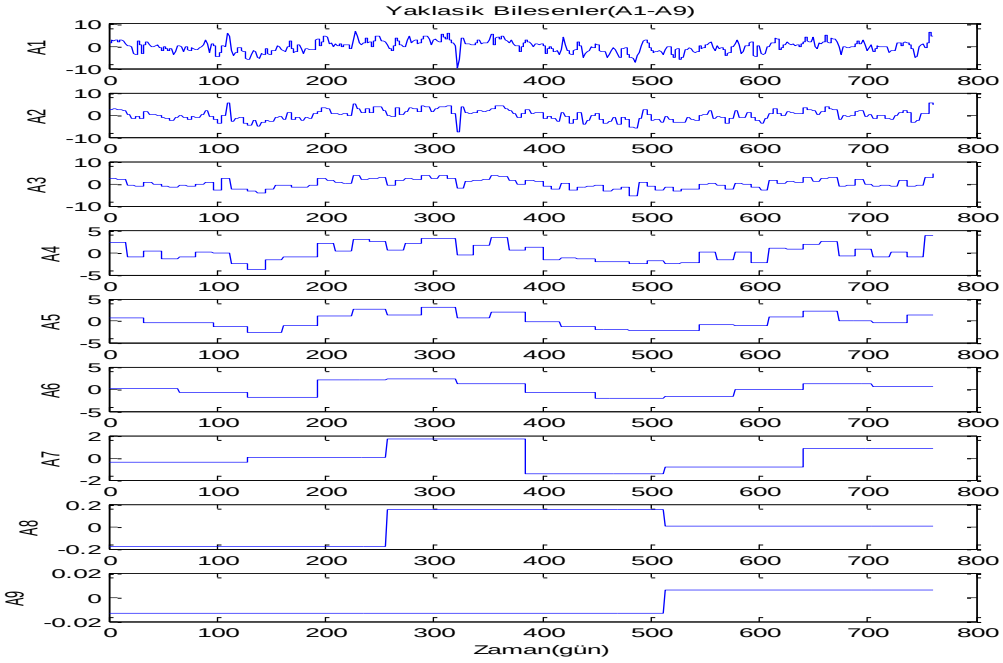
Şekil D.20: YUNA kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



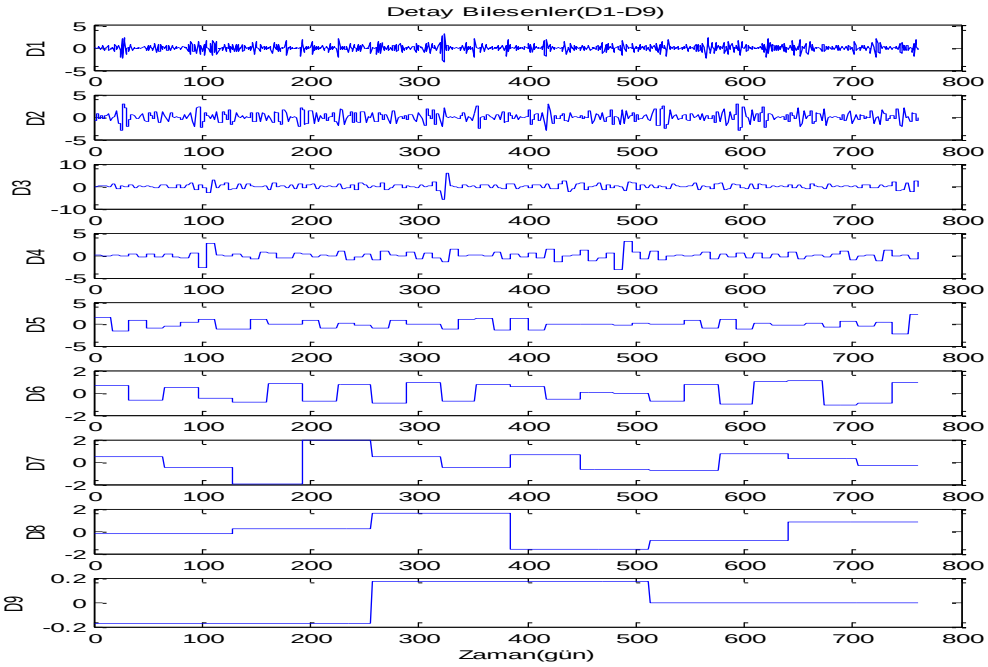
Şekil D.21: YUNA doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



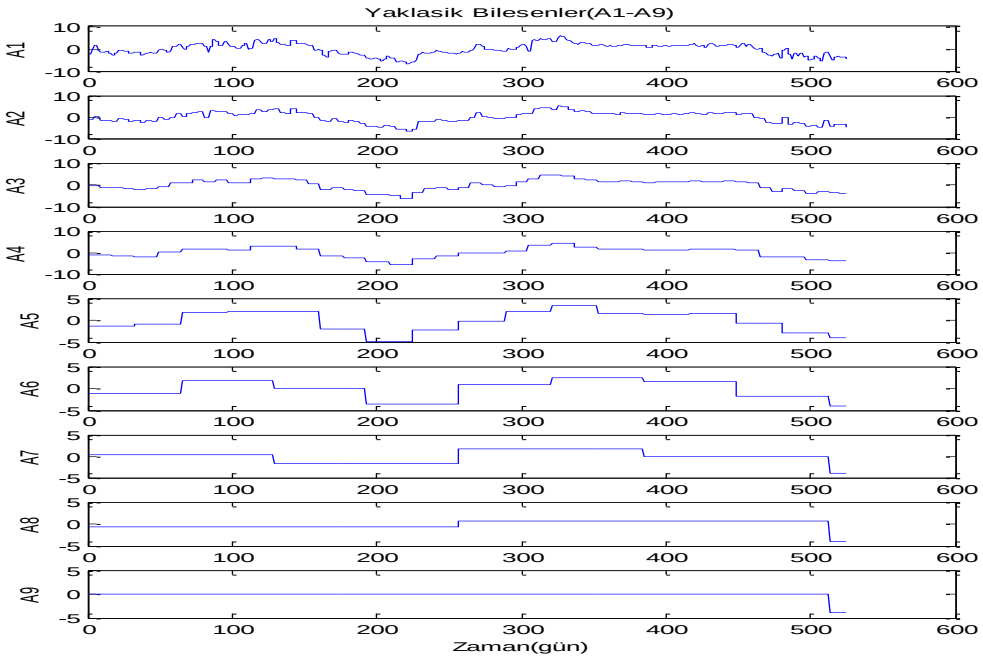
Şekil D.22: YUNA doğu detay bileşenleri zaman serileri.



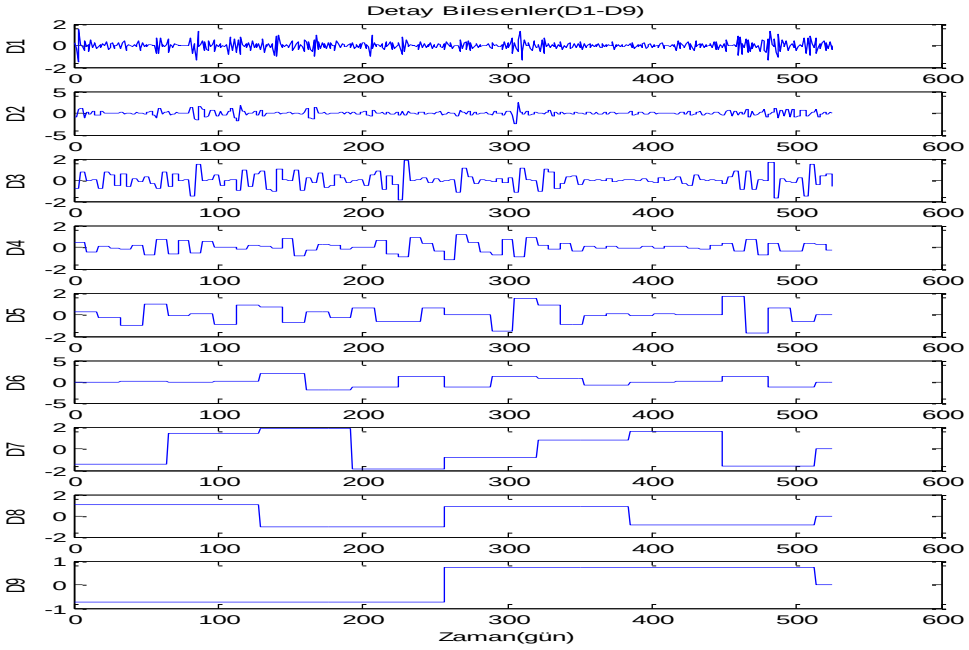
Şekil D.23: YUNA yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



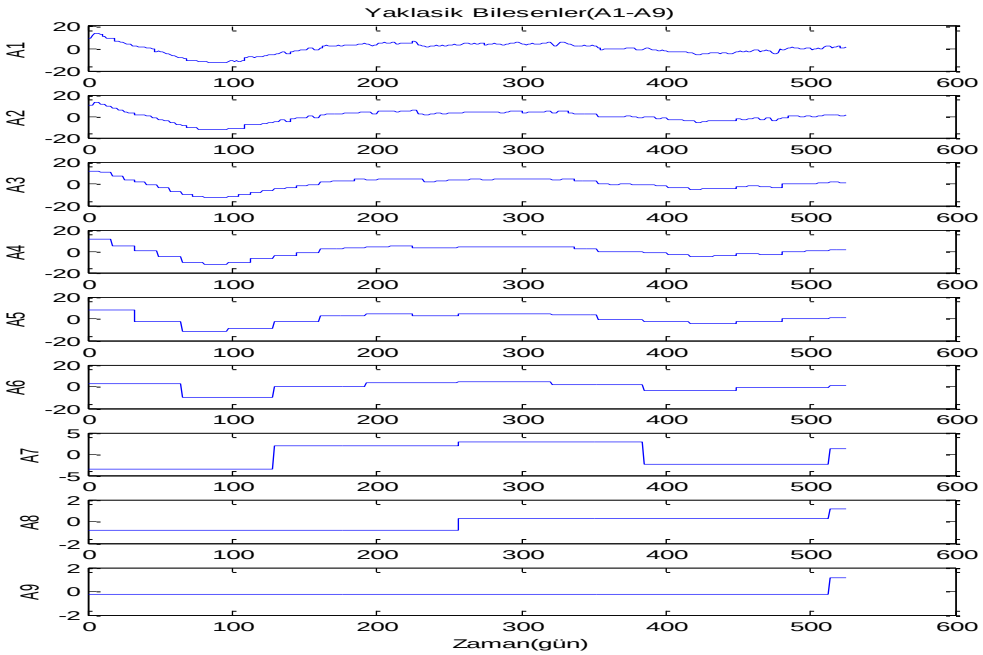
Şekil D.24: YUNA yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.



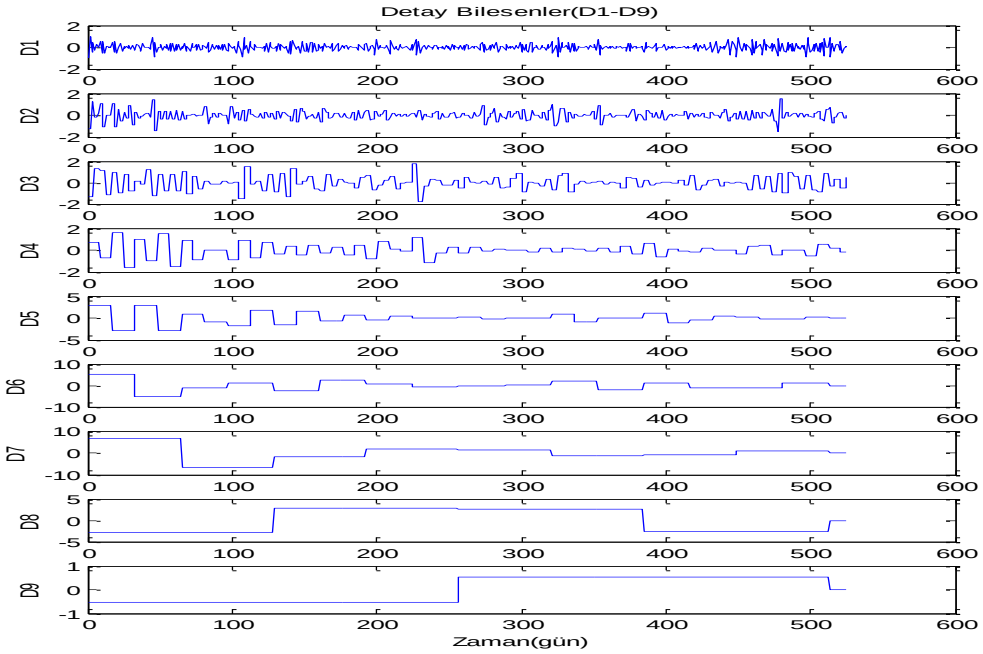
Şekil D.25: AKSI1 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



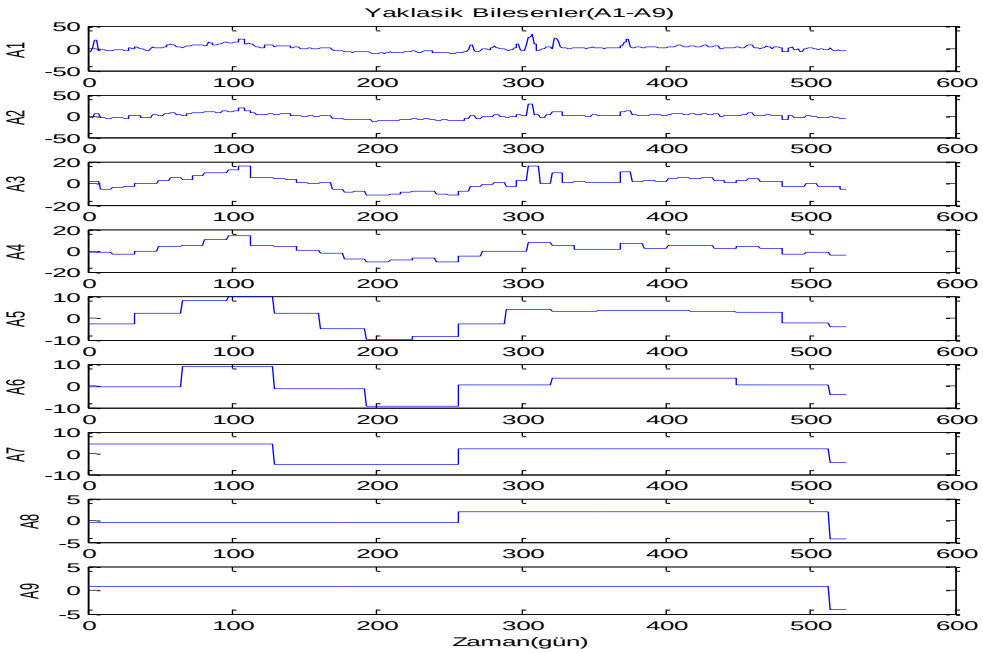
Şekil D.26: AKSI1 kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



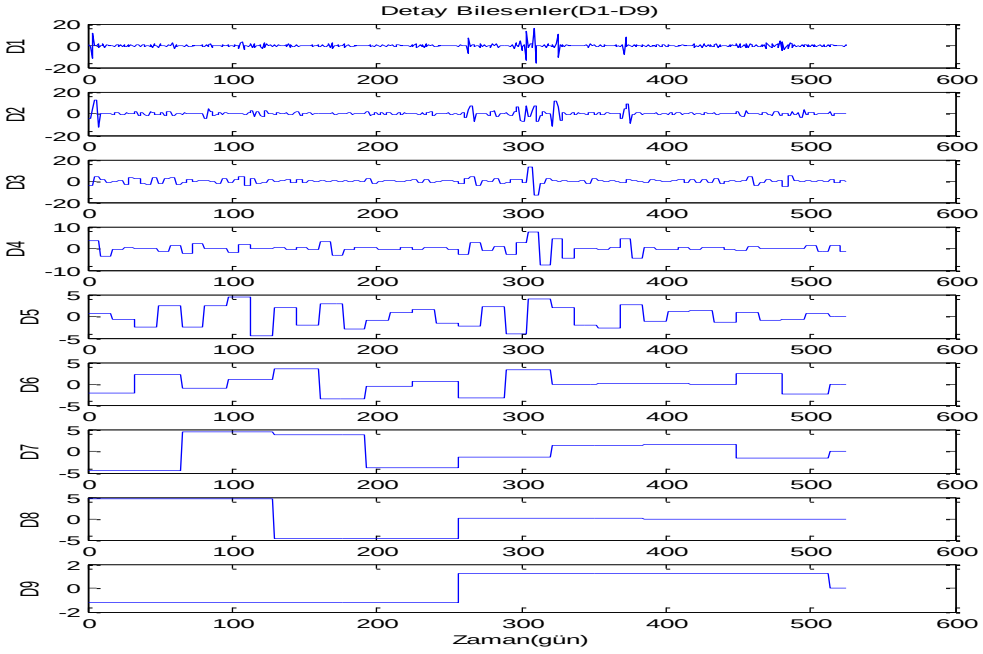
Şekil D.27: AKSI1 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



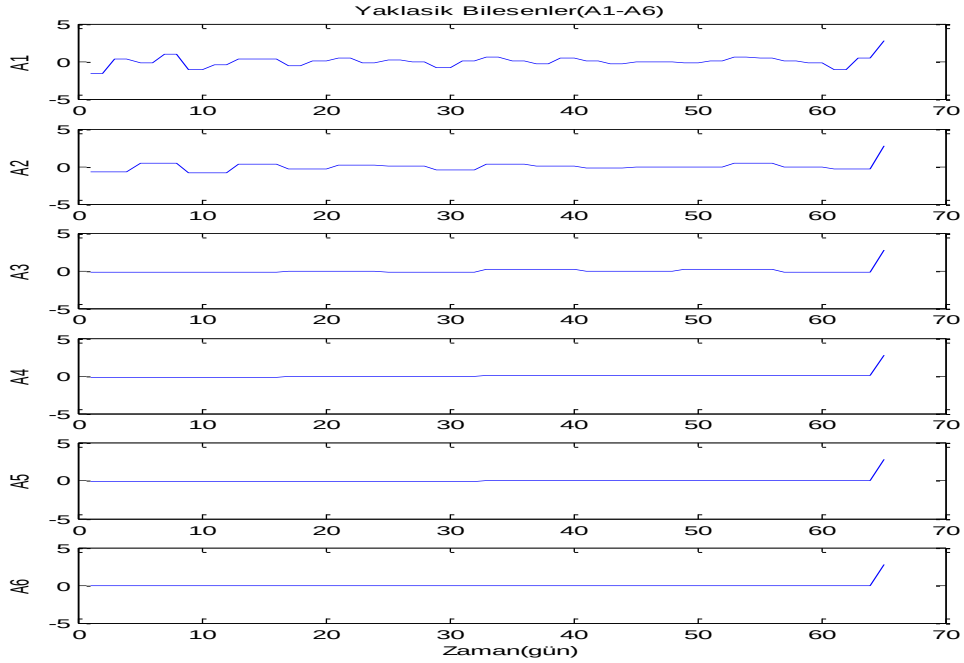
Şekil D.28: AKSI1 doğu detay bileşenleri zaman serileri.



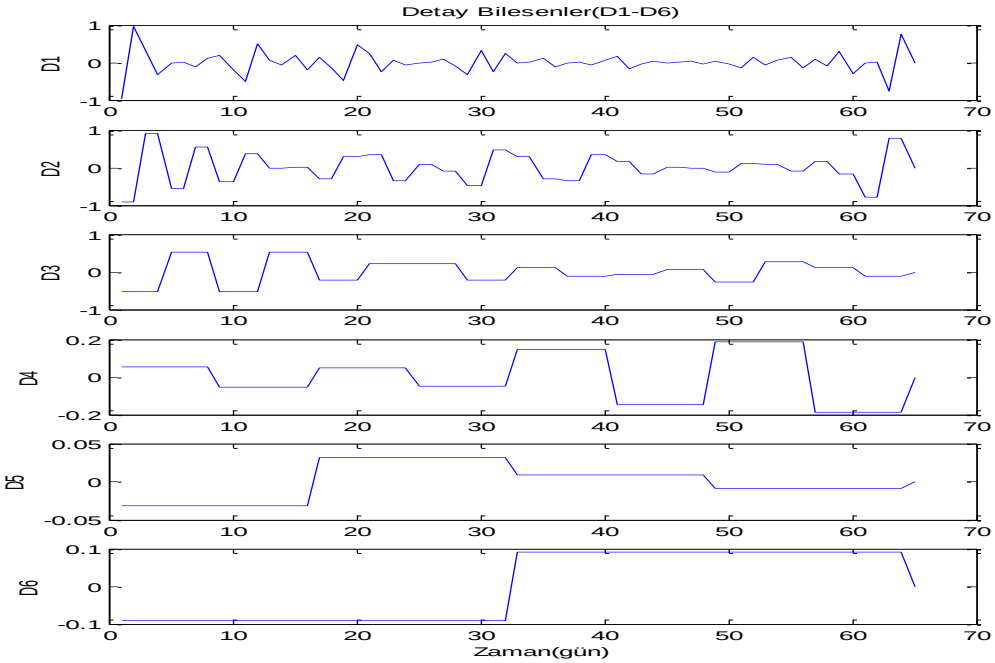
Şekil D.29: AKSI1 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



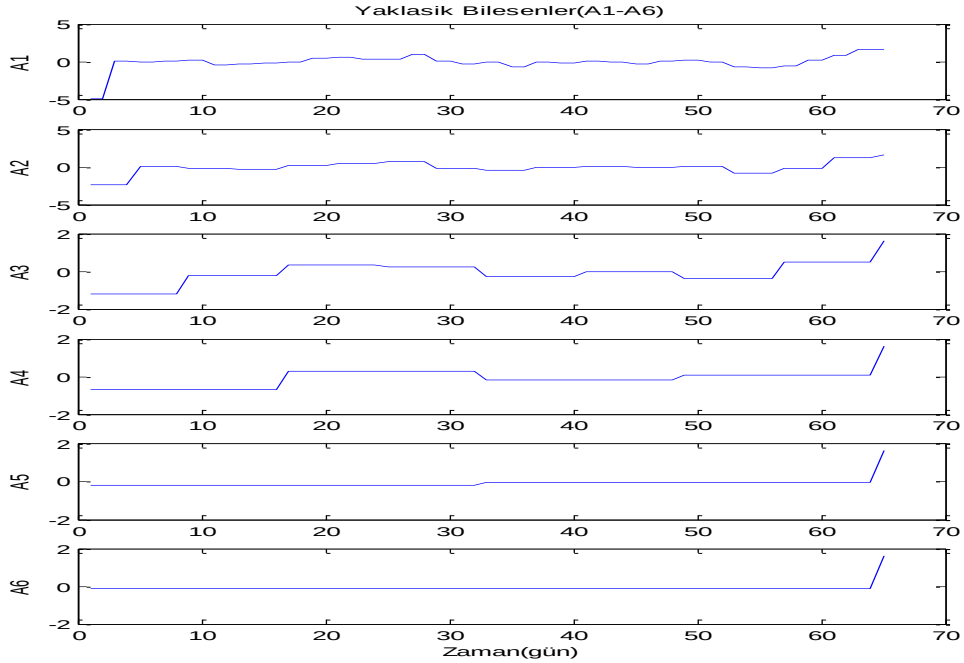
Şekil D.30: AKSI1 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.



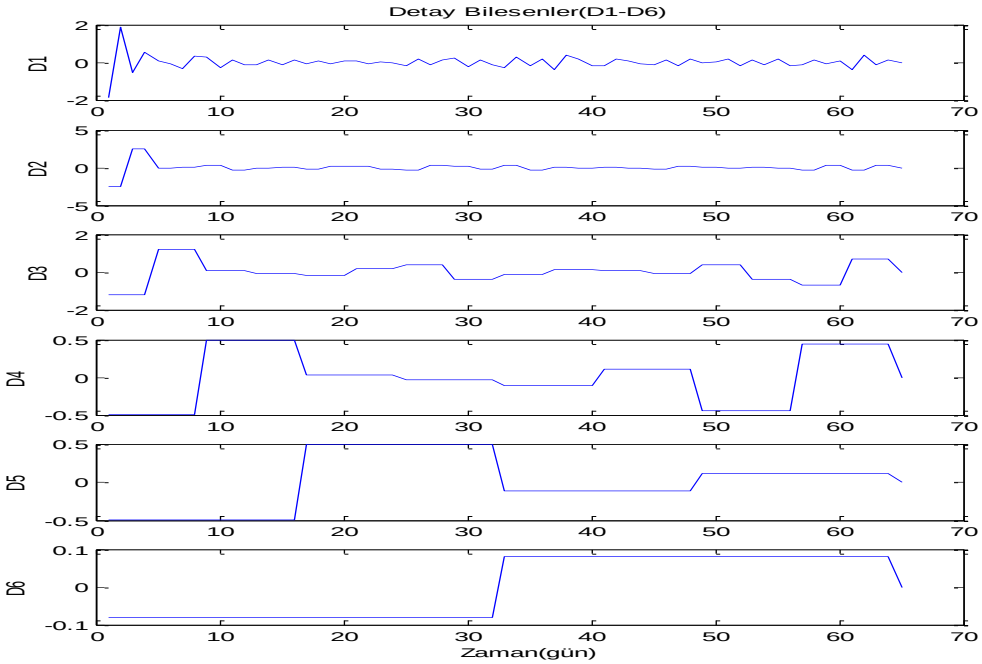
Şekil D.31: AKSI2 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



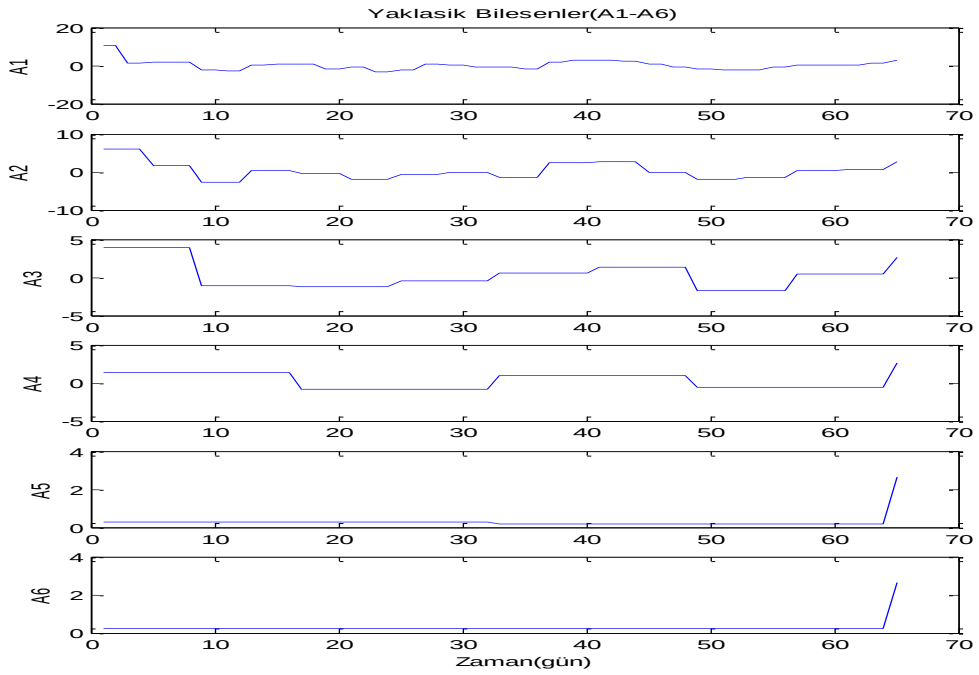
Şekil D.32: AKSI2 kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



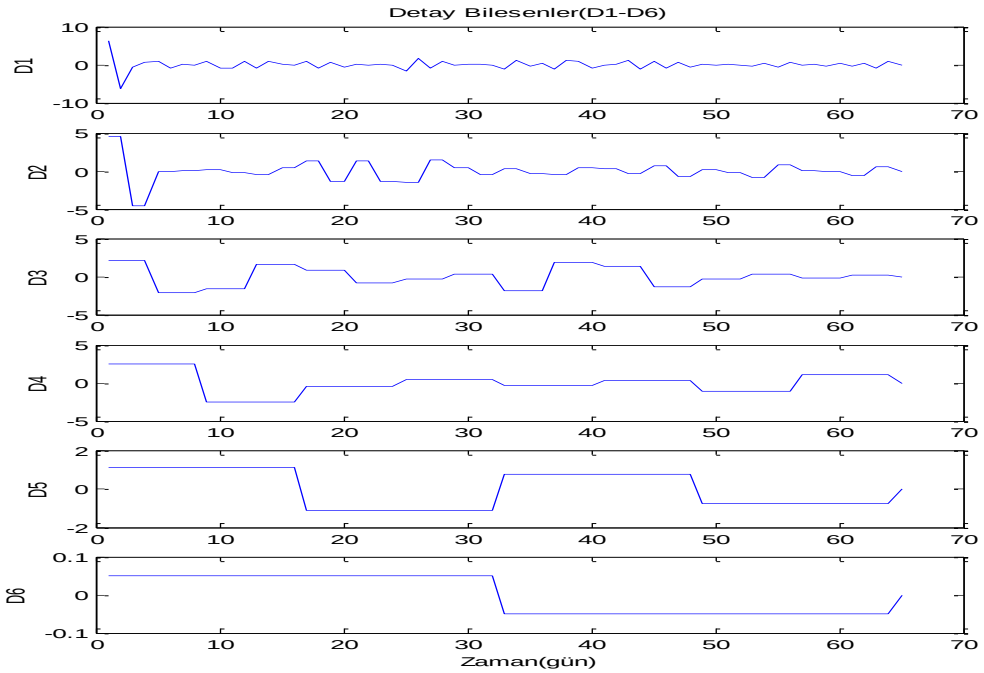
Şekil D.33: AKSI2 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



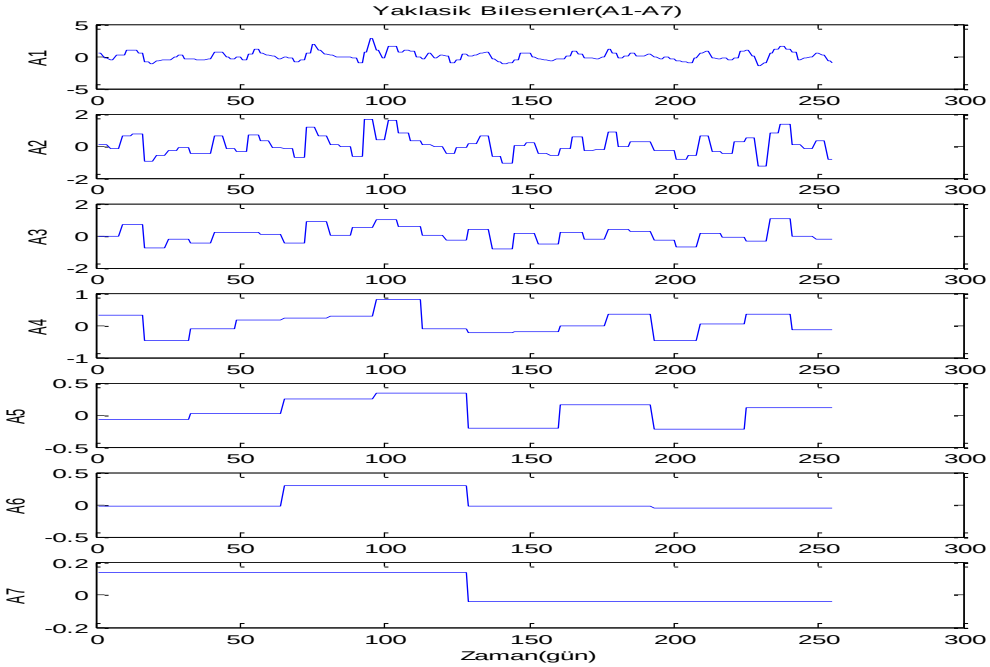
Şekil D.34: AKSI2 doğu detay bileşenleri zaman serileri.



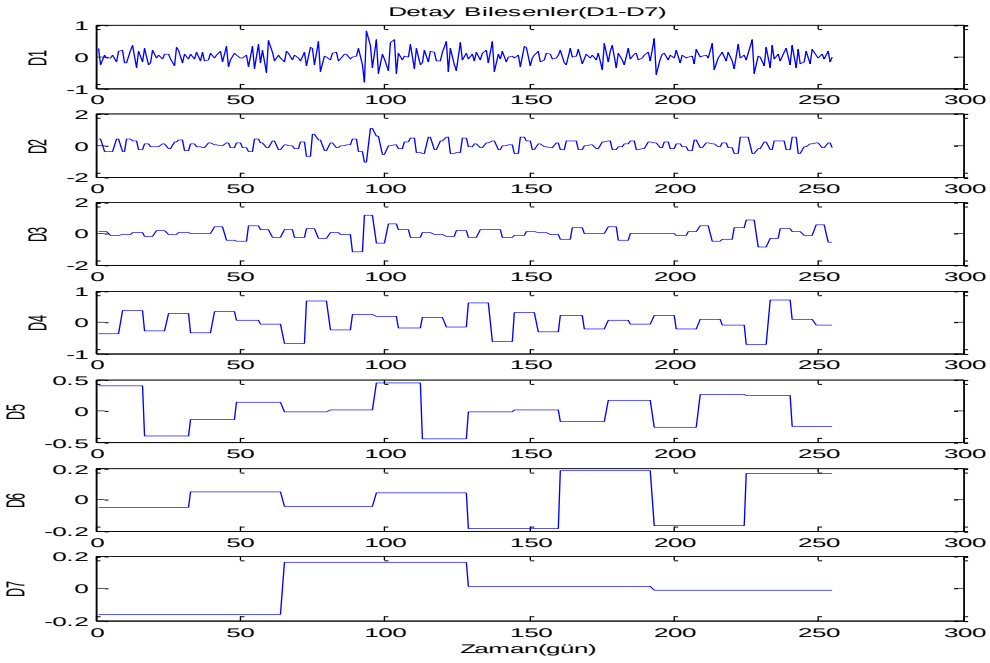
Şekil D.35: AKSI2 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



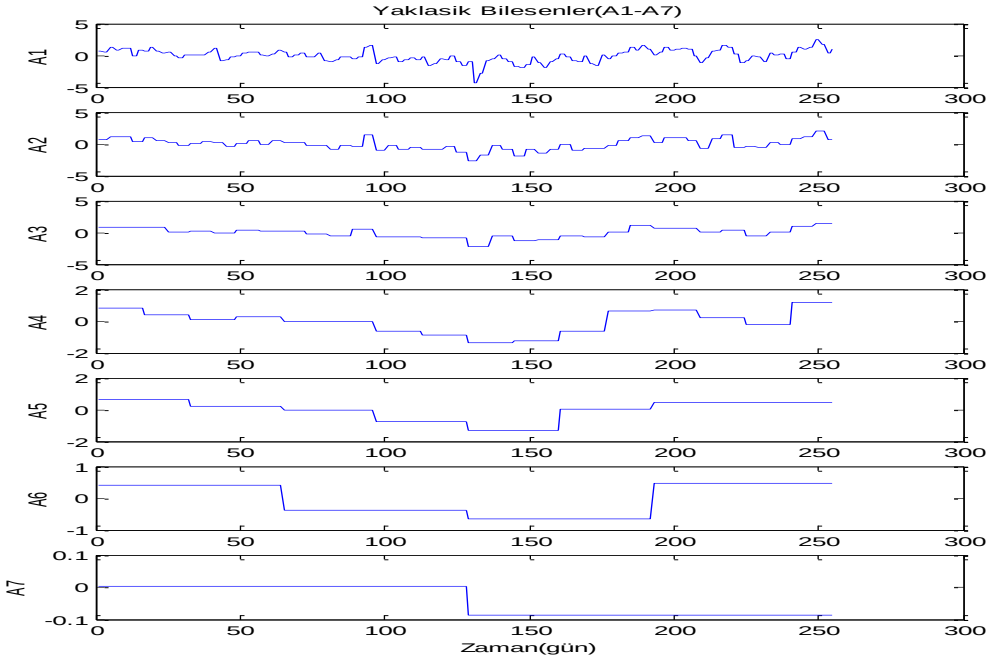
Şekil D.36: AKSI2 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.



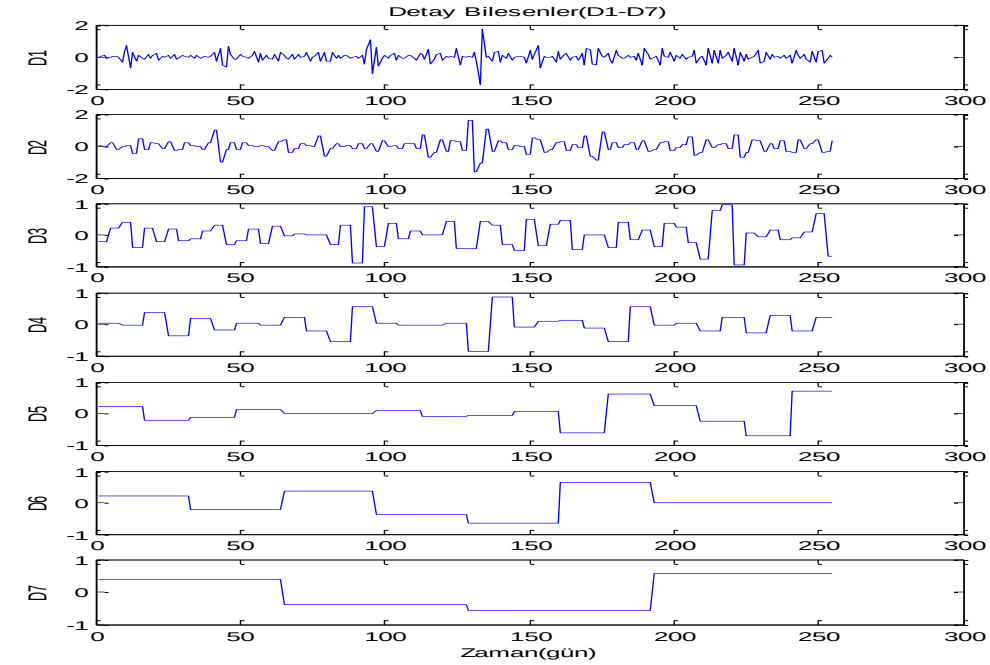
Şekil D.37: KNYA1 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



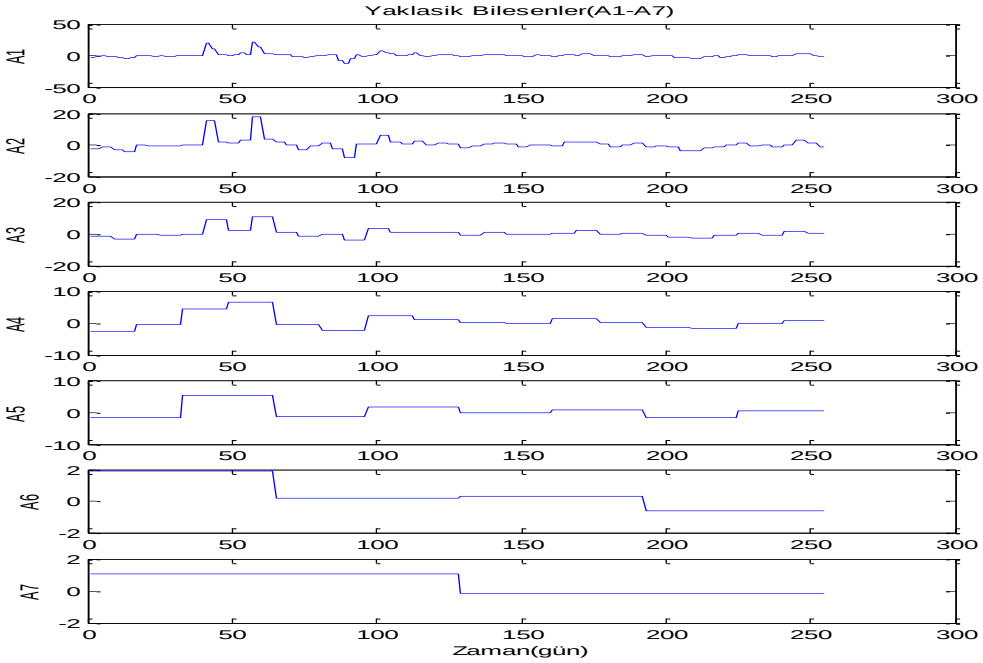
Şekil D.38: KNYA1 kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



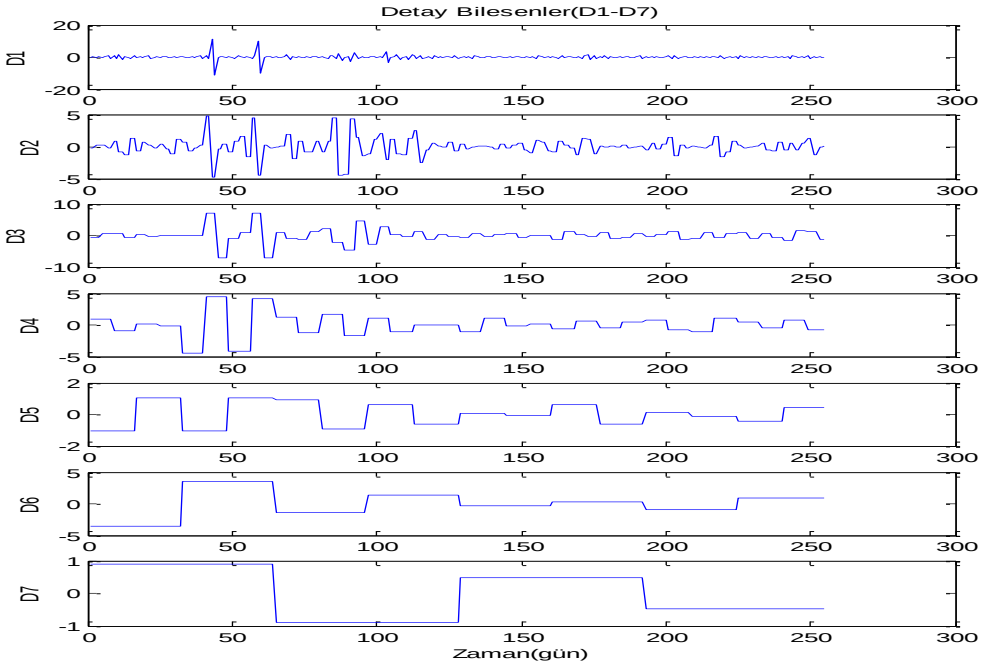
Şekil D.39: KNYA1 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



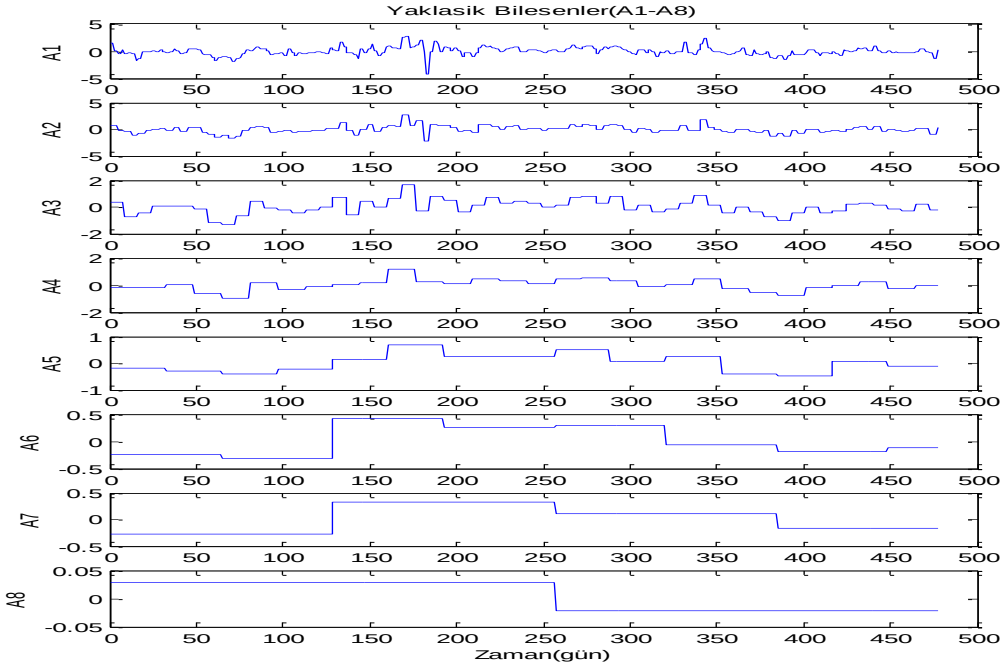
Şekil D.40: KNYA1 doğu detay bileşenleri zaman serileri.



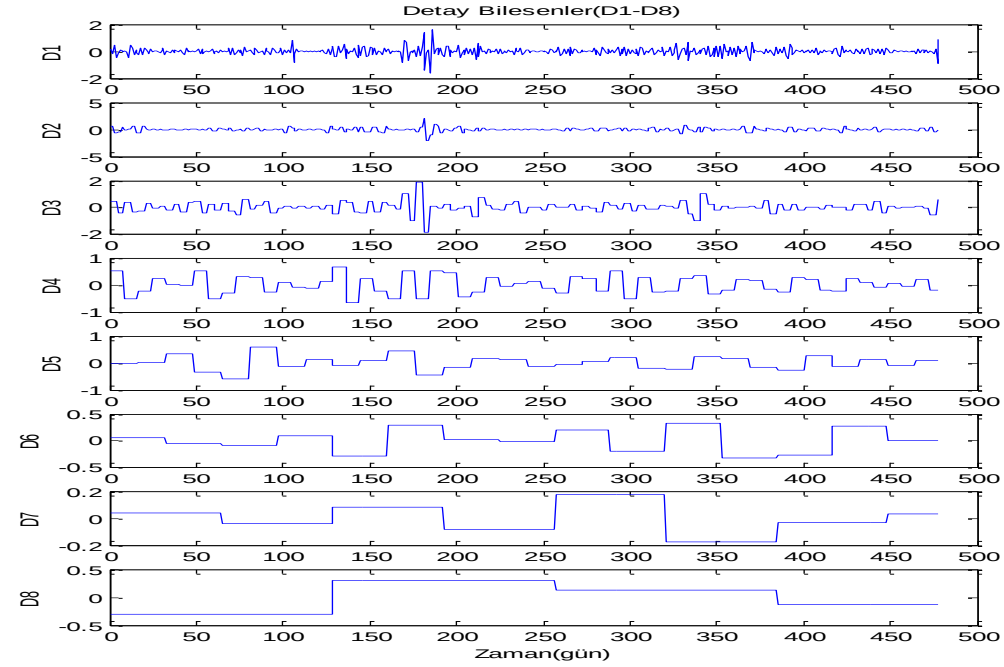
Şekil D.41: KNYA1 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



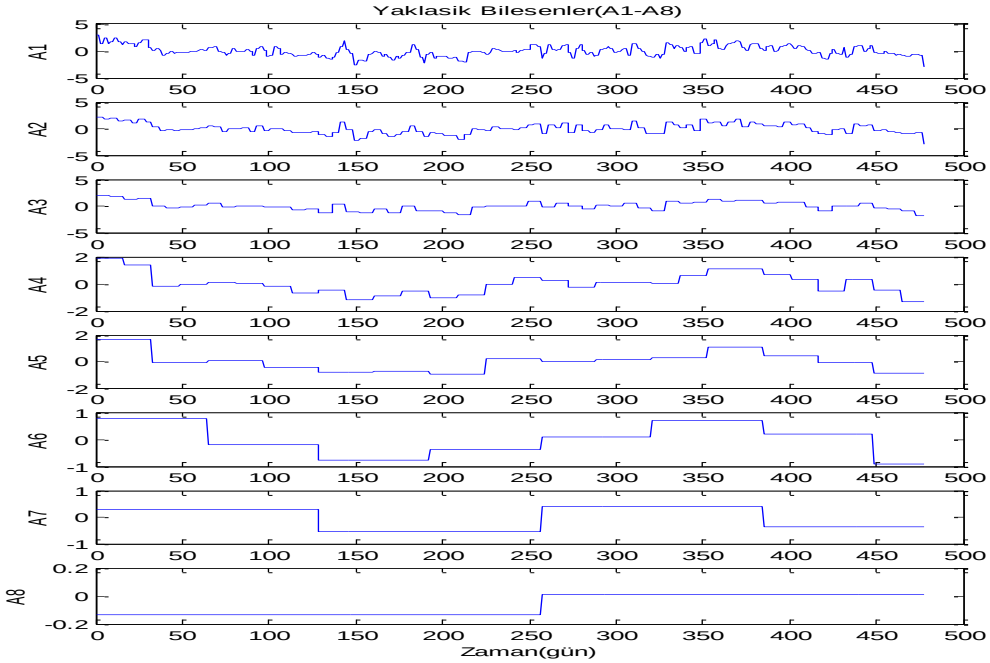
Şekil D.42: KNYA1 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.



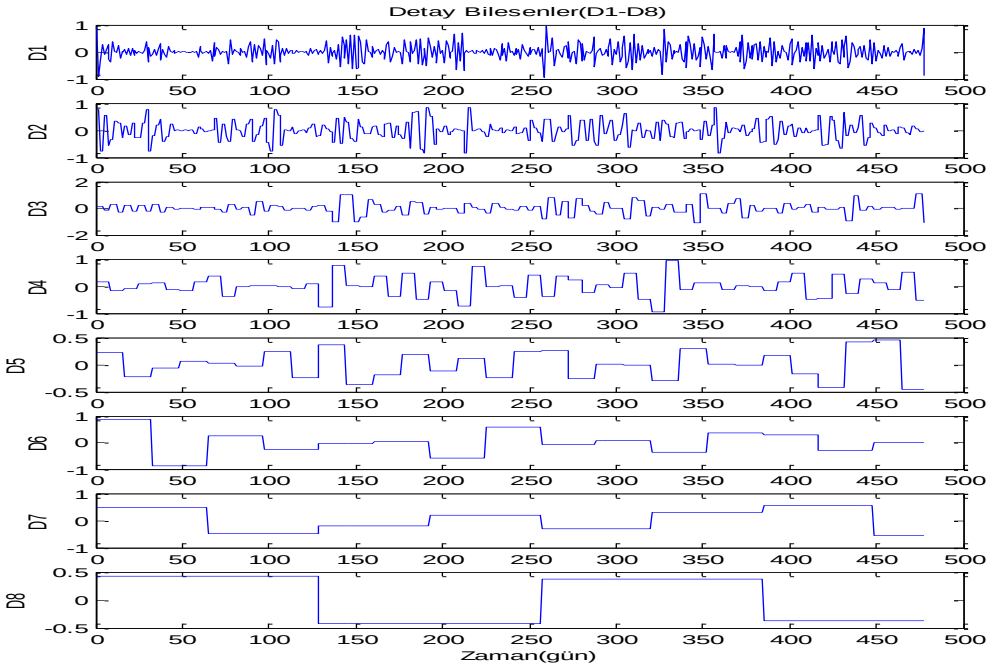
Şekil D.43: KNYA2 kuzey yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



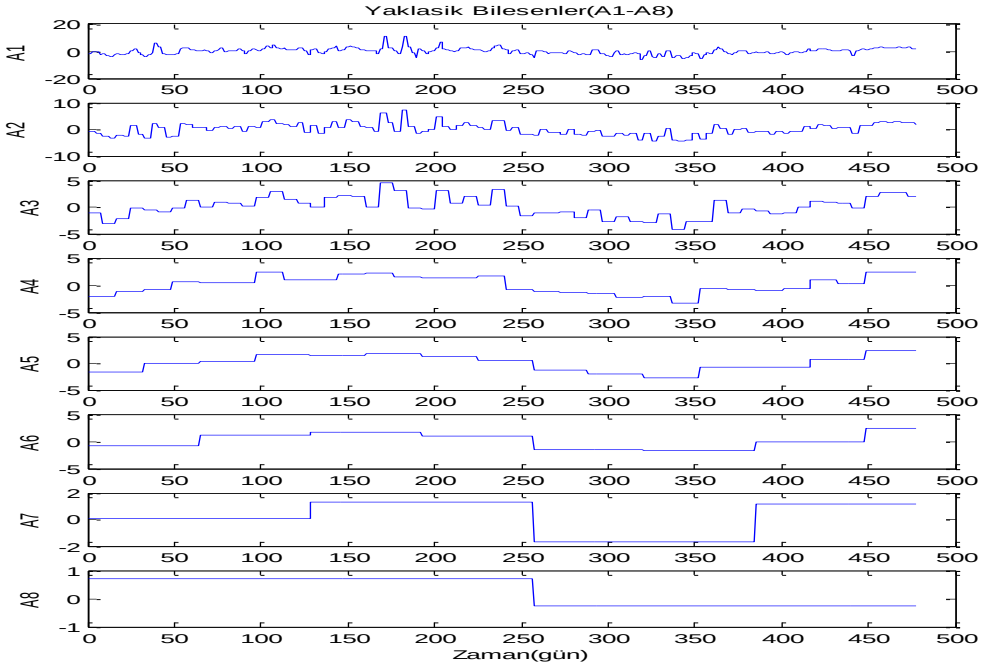
Şekil D.44: KNYA2 kuzey detay bileşenleri zaman serileri.



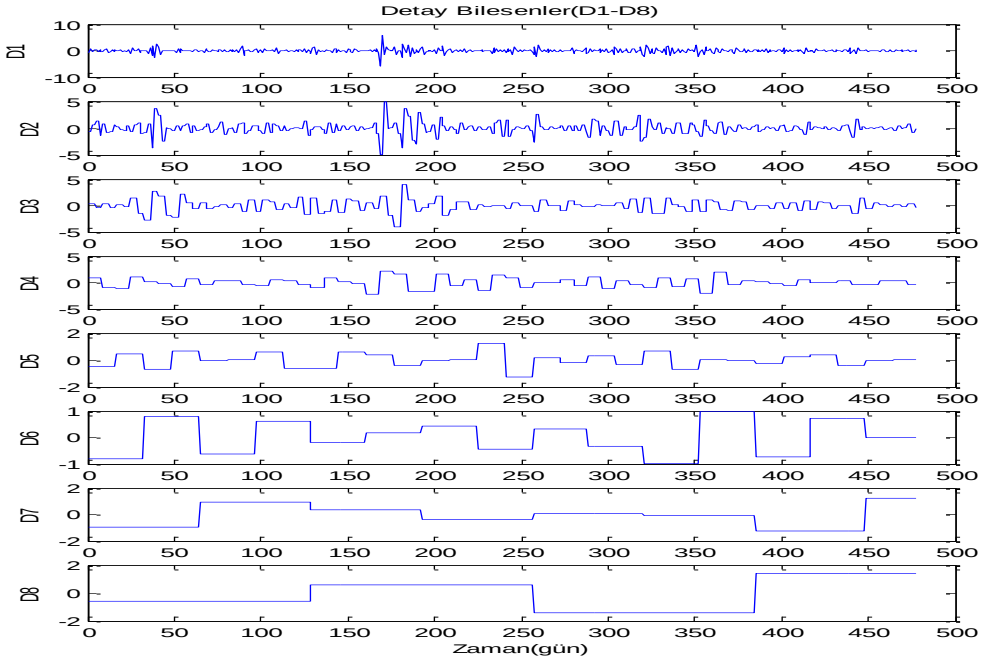
Şekil D.45: KNYA2 doğu yaklaşım bileşenleri zaman serileri.



Şekil D.46: KNYA2 doğu detay bileşenleri zaman serileri.

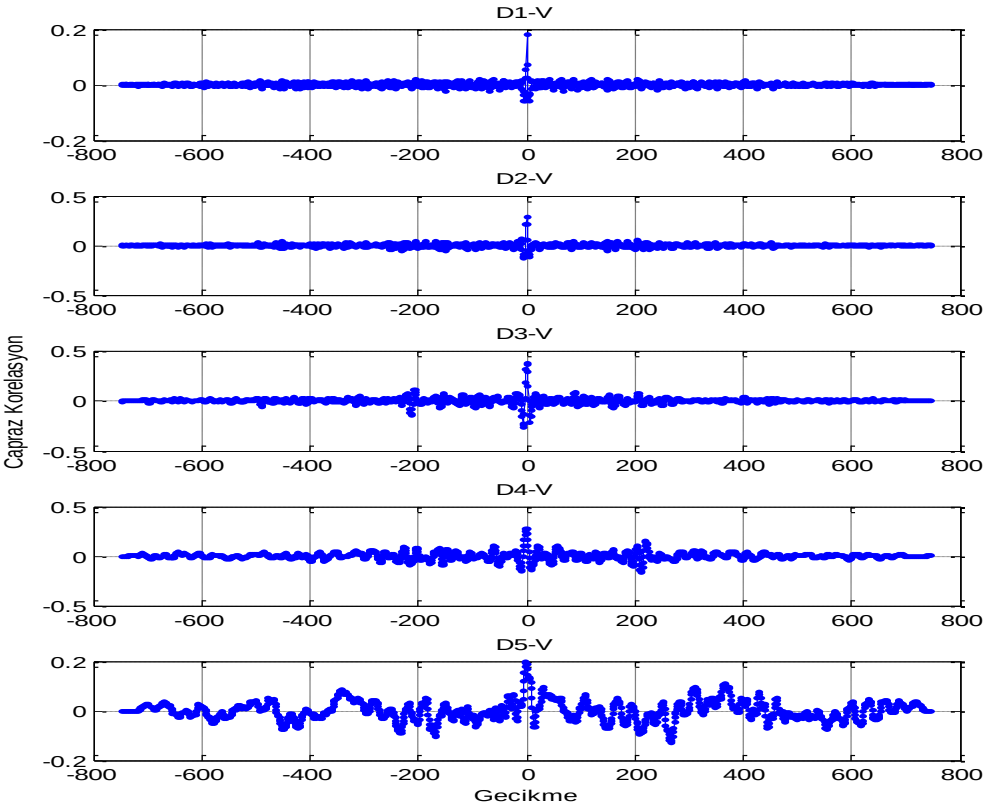


Şekil D.47: KNYA2 yükseklik yaklaşım bileşenleri zaman serileri.

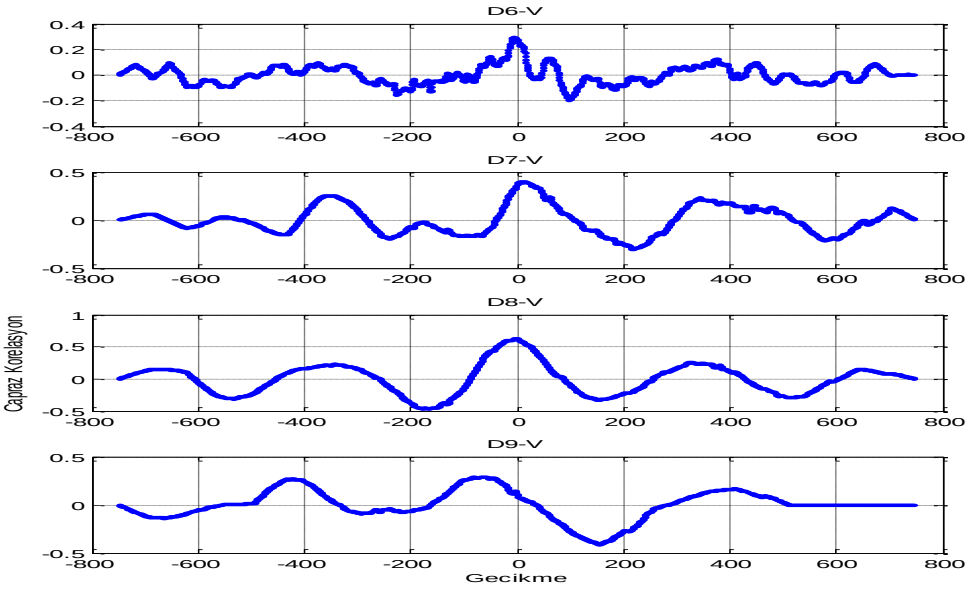


Şekil D.48: KNYA2 yükseklik detay bileşenleri zaman serileri.

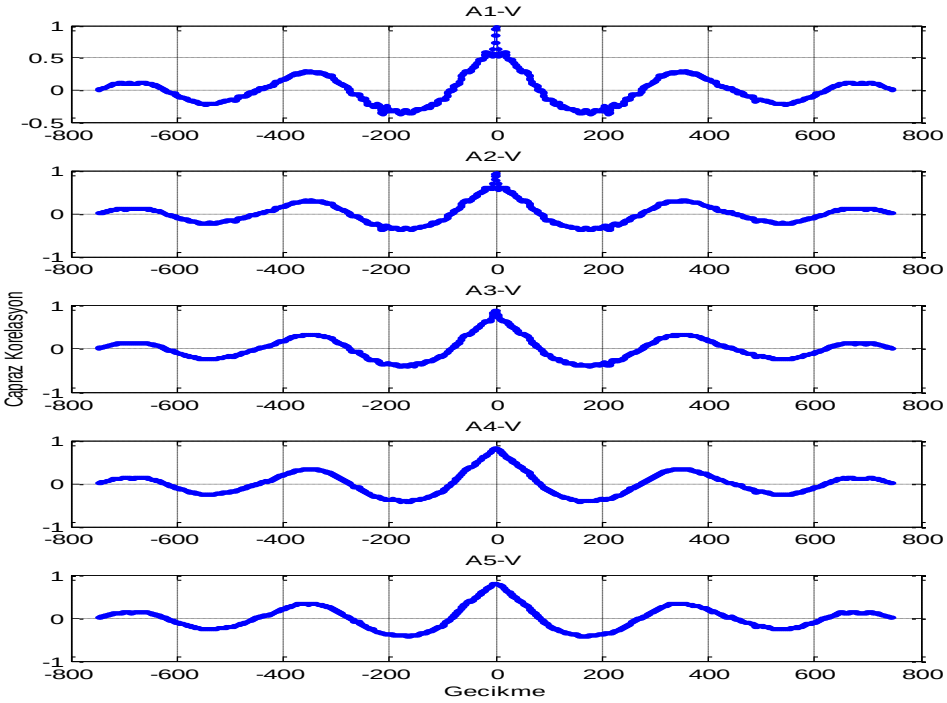
Ek.E Çapraz korelasyonlar



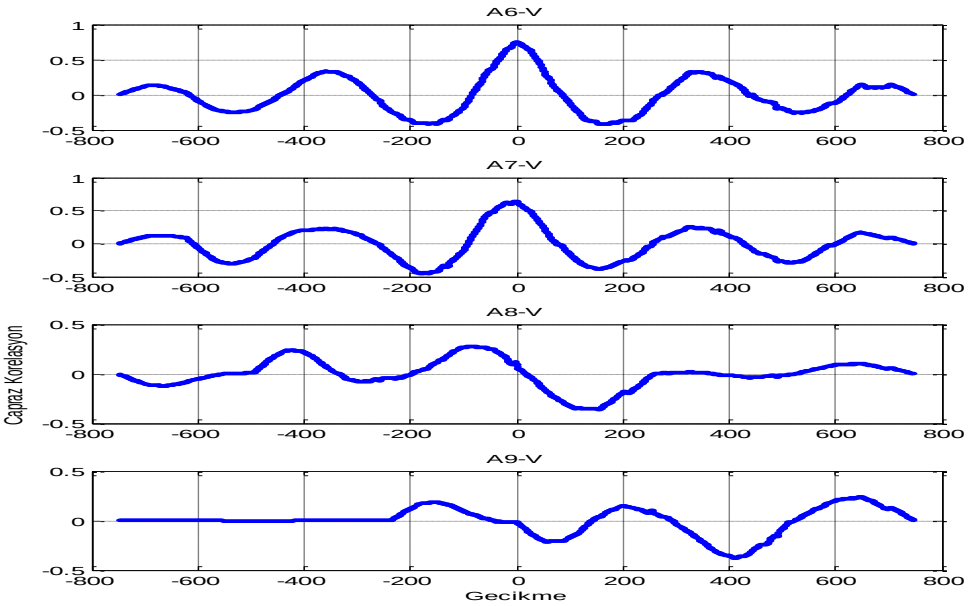
Şekil E.1: BEYS kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



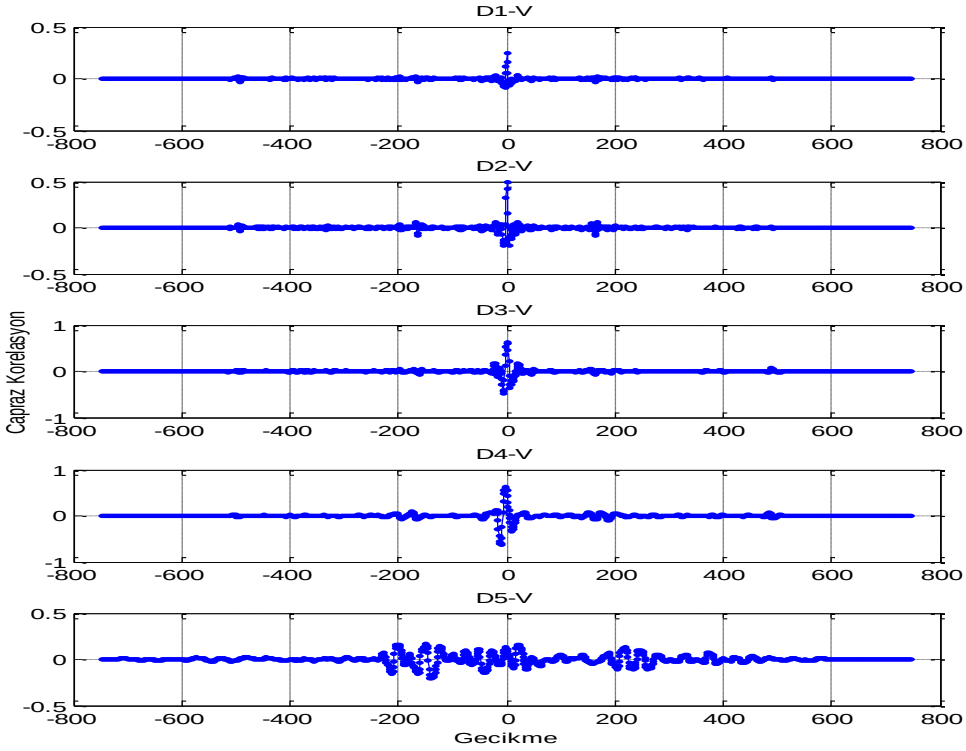
Şekil E.2: BEYS kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



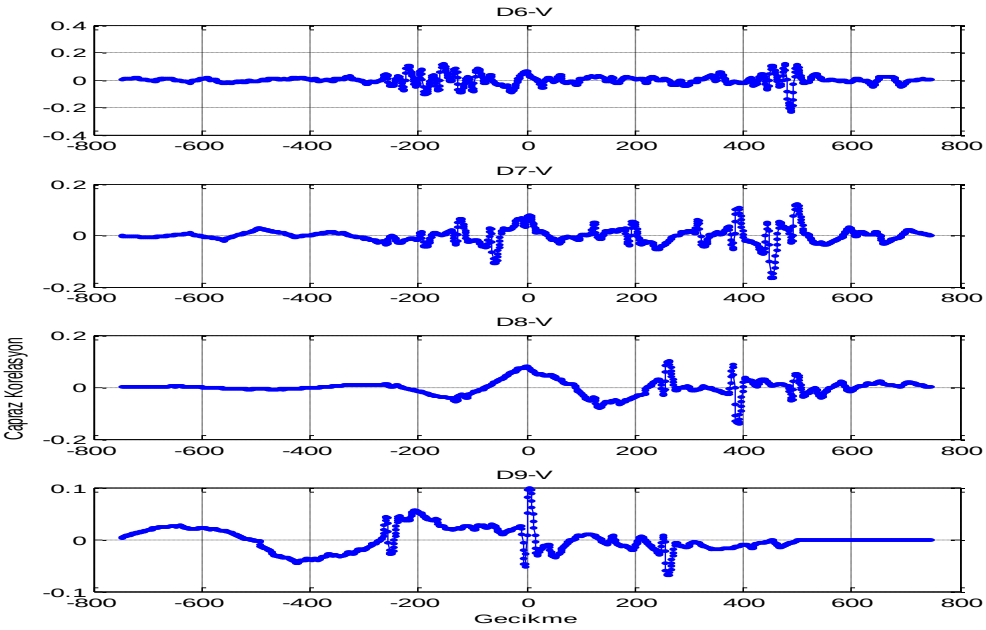
Şekil E.3: BEYS kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



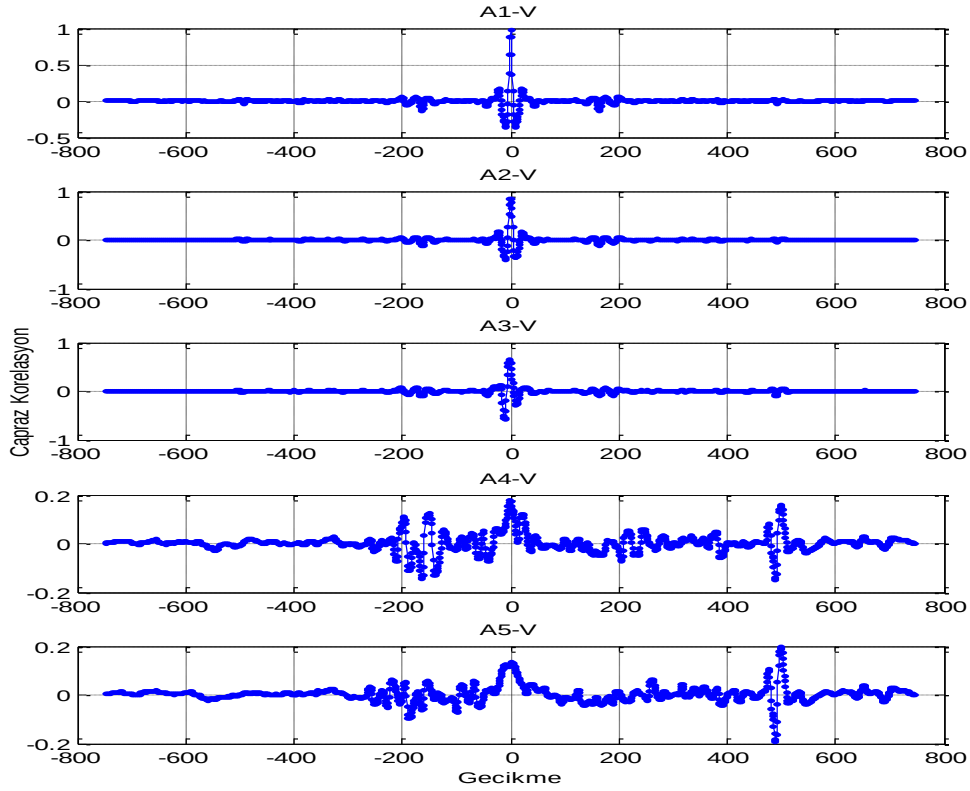
Şekil E.4: BEYS kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



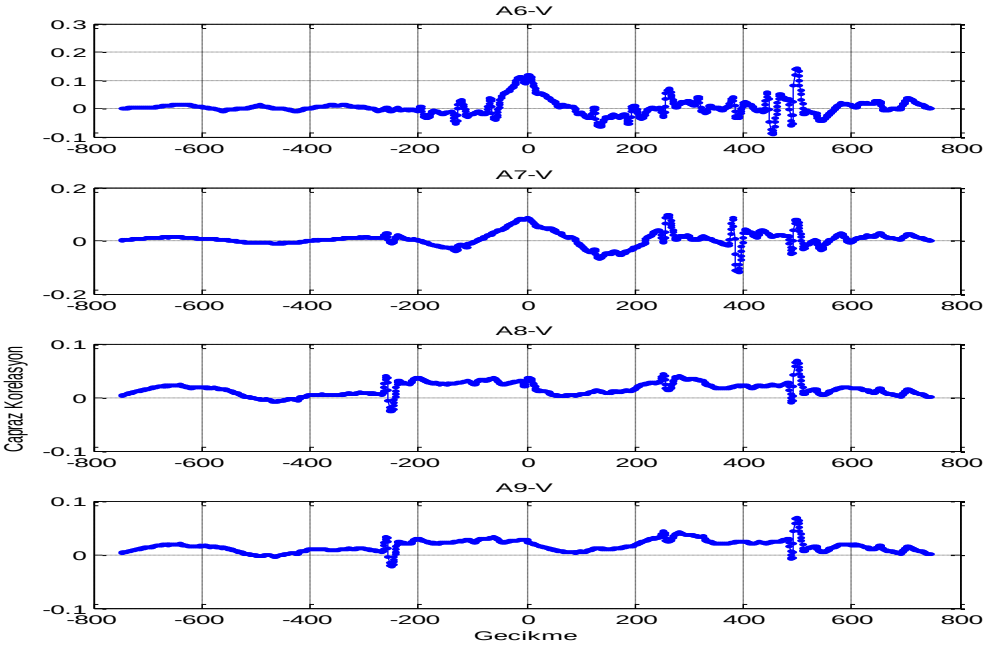
Şekil E.5: BEYS doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



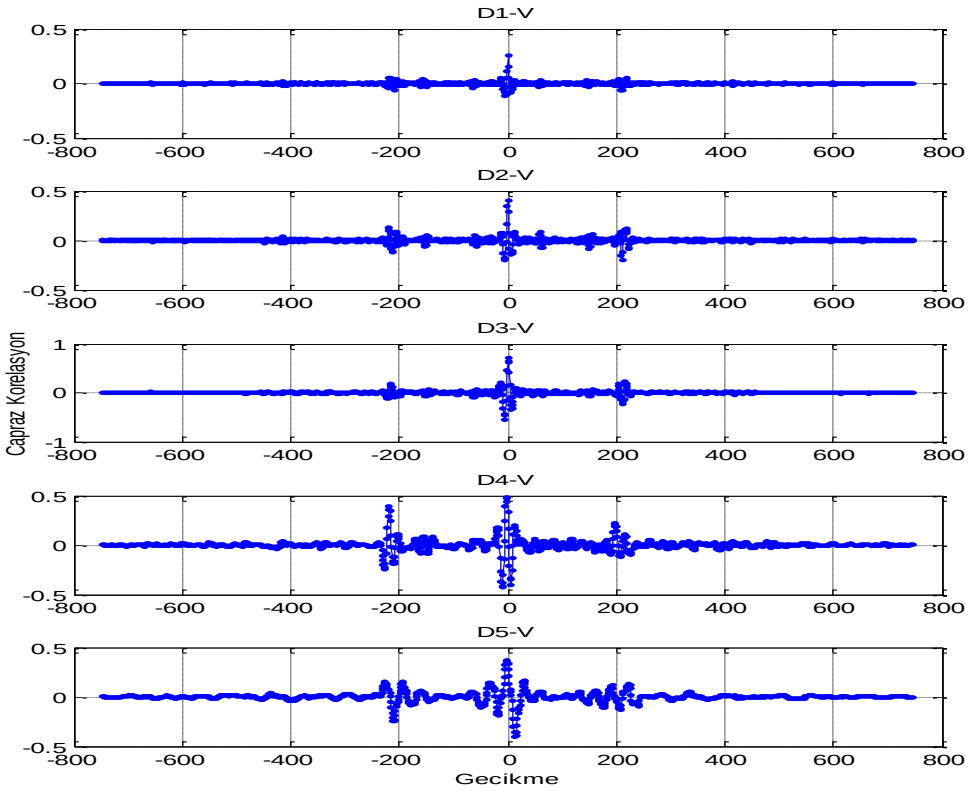
Şekil E.6: BEYS doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



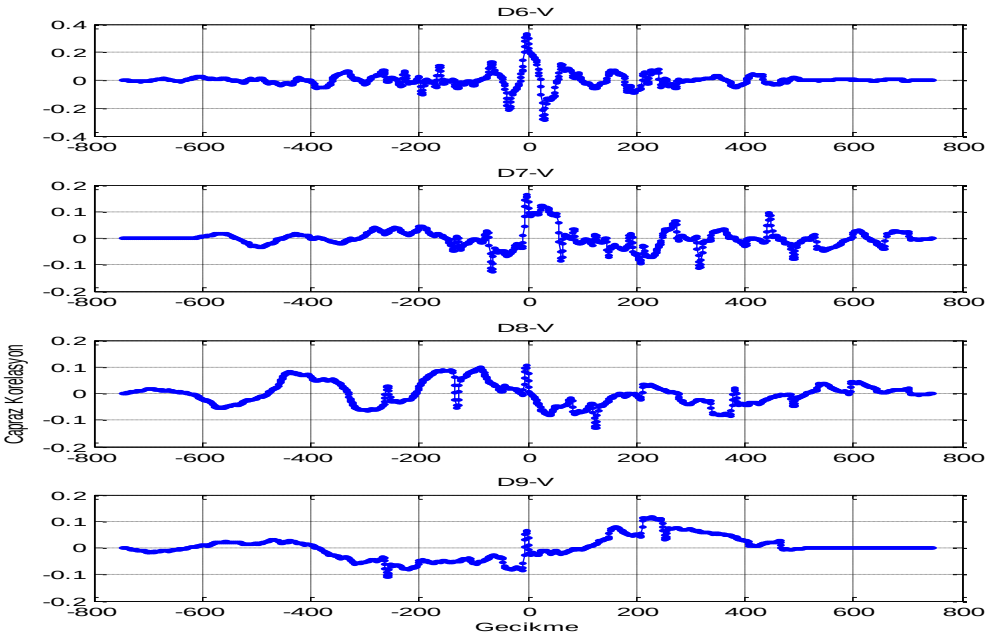
Şekil E.7: BEYS doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



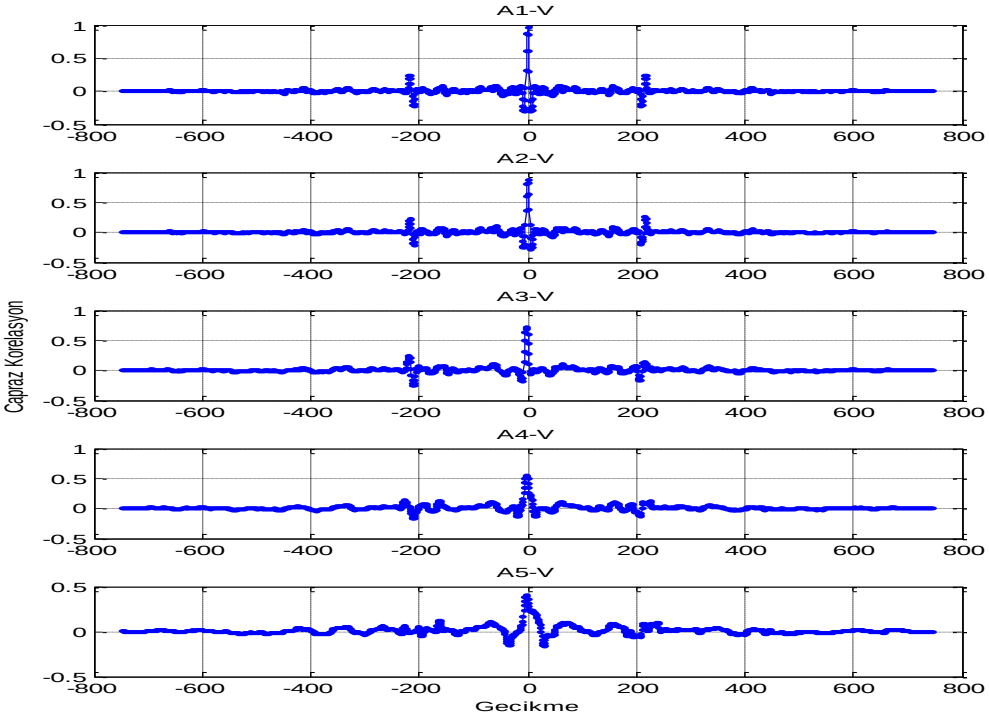
Şekil E.8: BEYS doğu (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



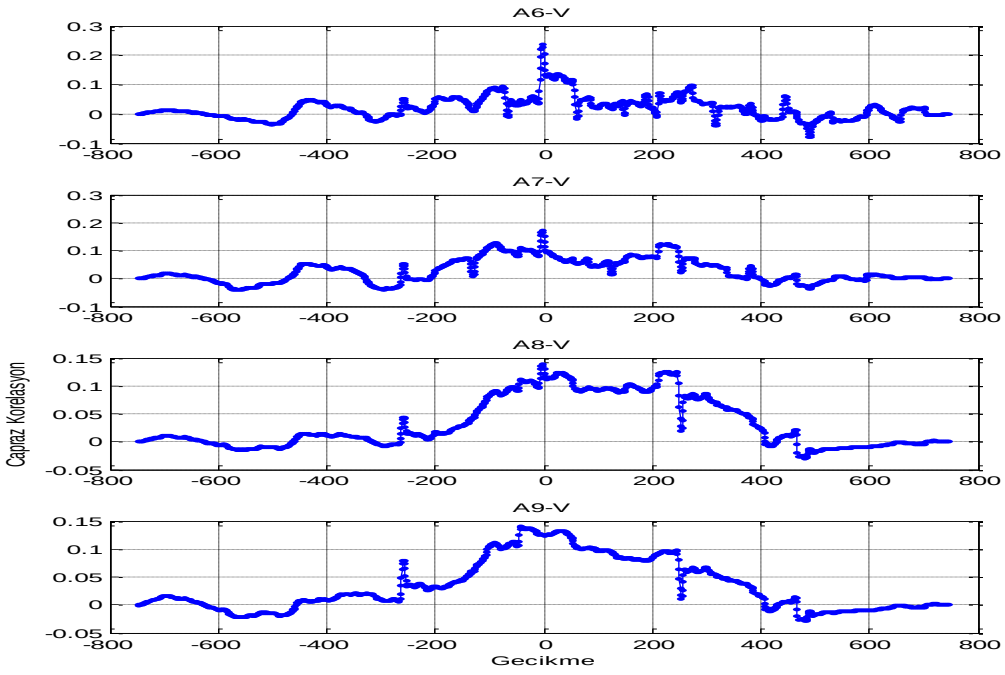
Şekil E.9: BEYS yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



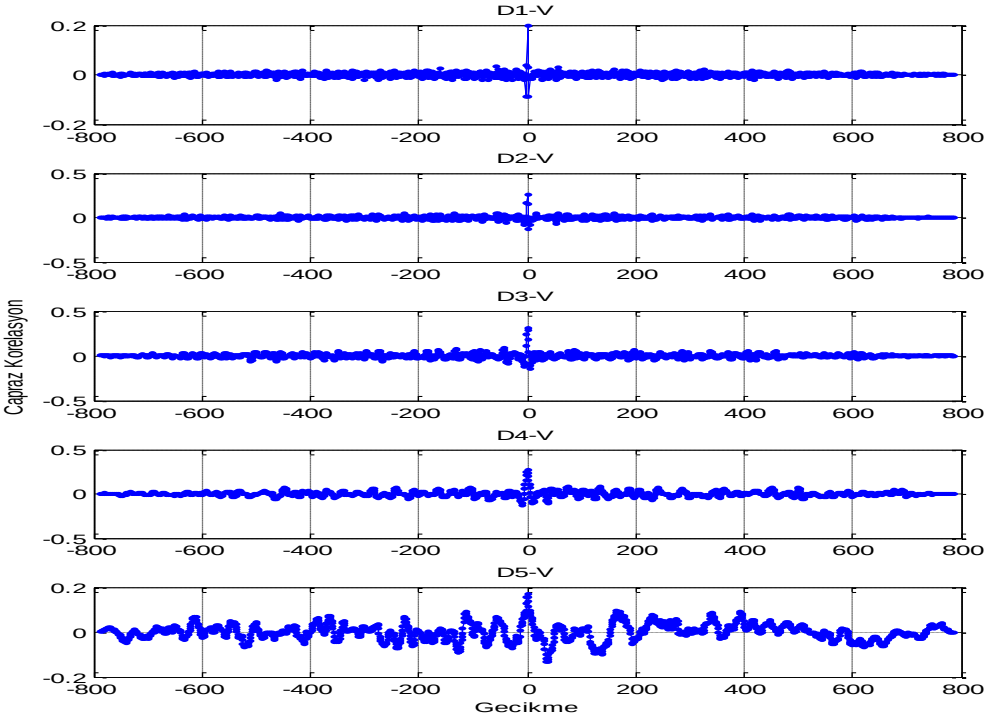
Şekil E.10: BEYS yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



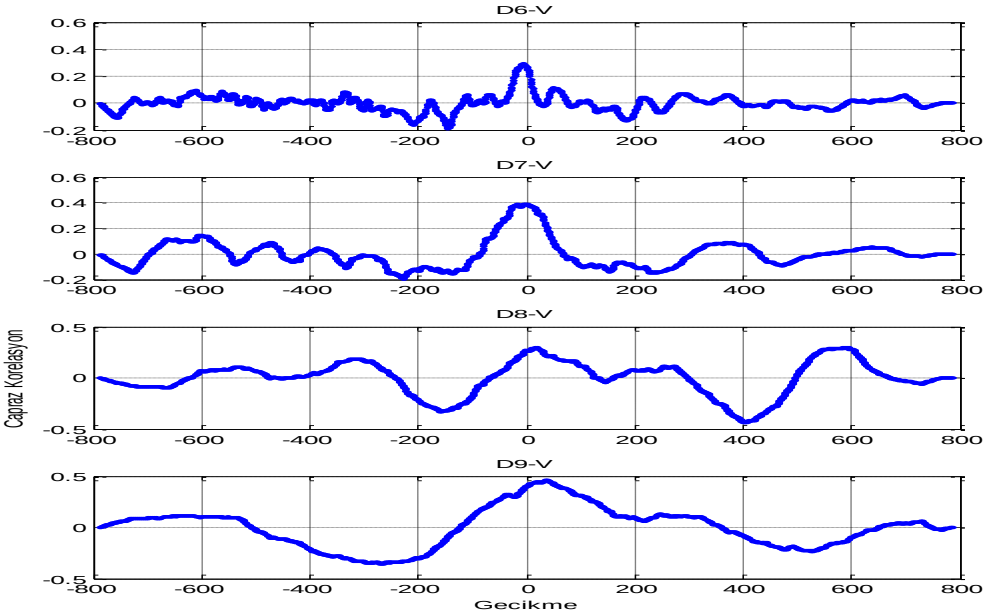
Şekil E.11: BEYS yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



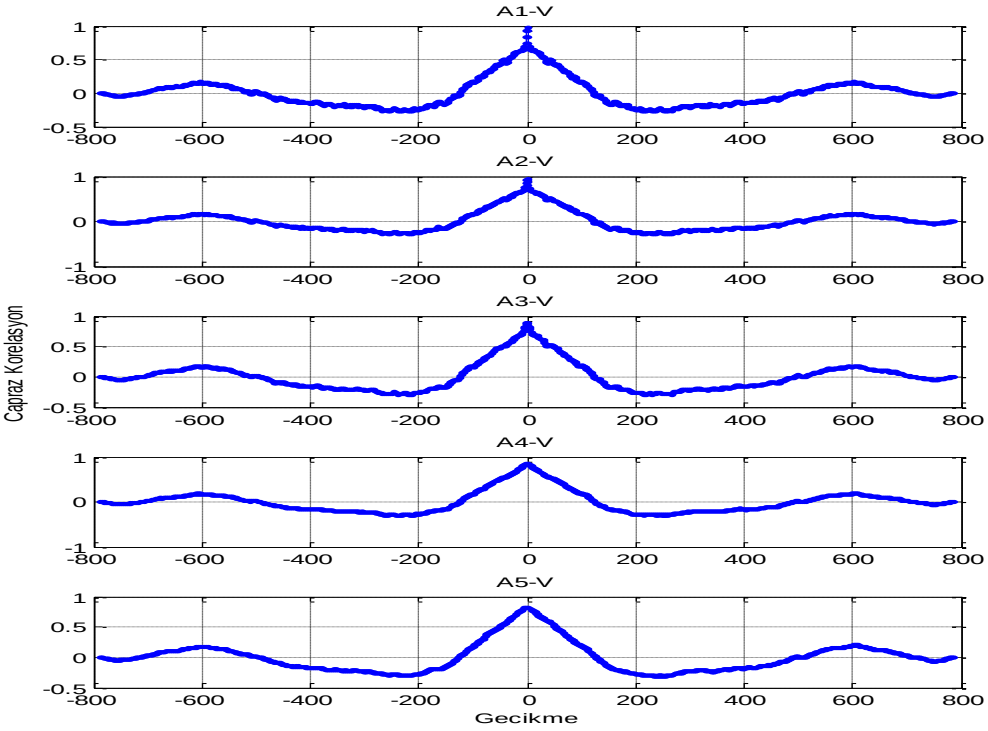
Şekil E.12: BEYS yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



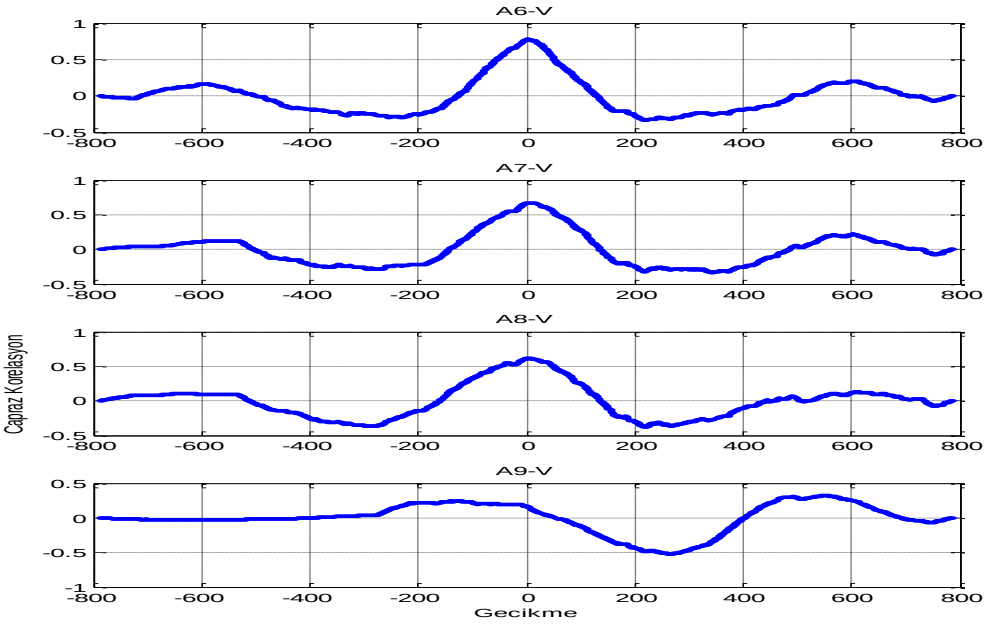
Şekil E.13: CIHA kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



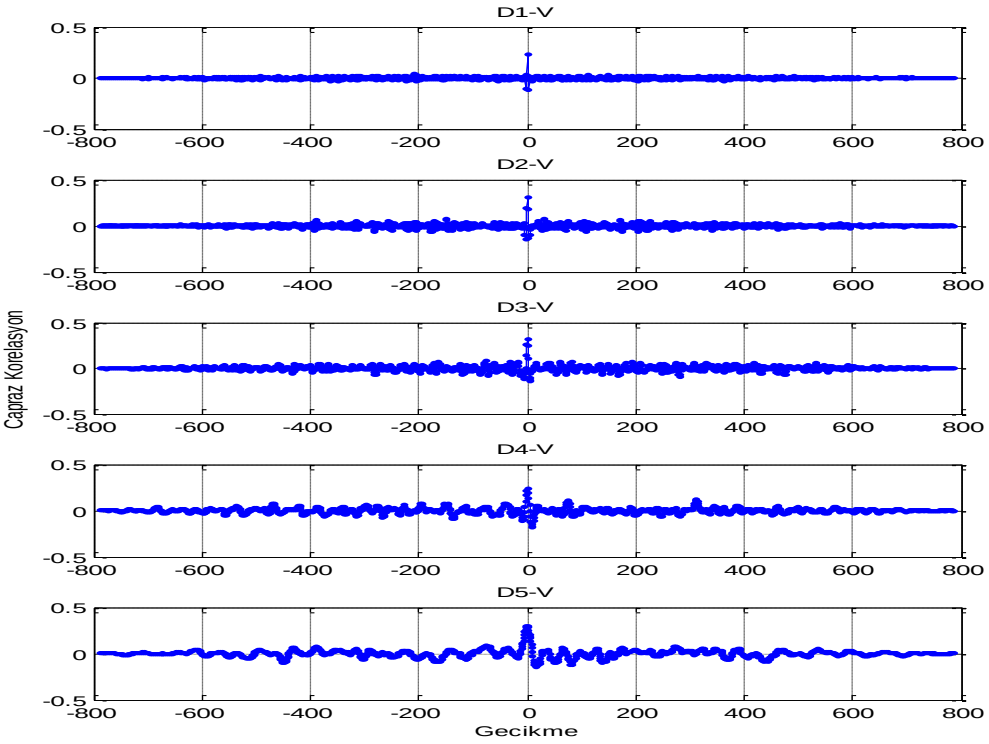
Şekil E.14: CIHA kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



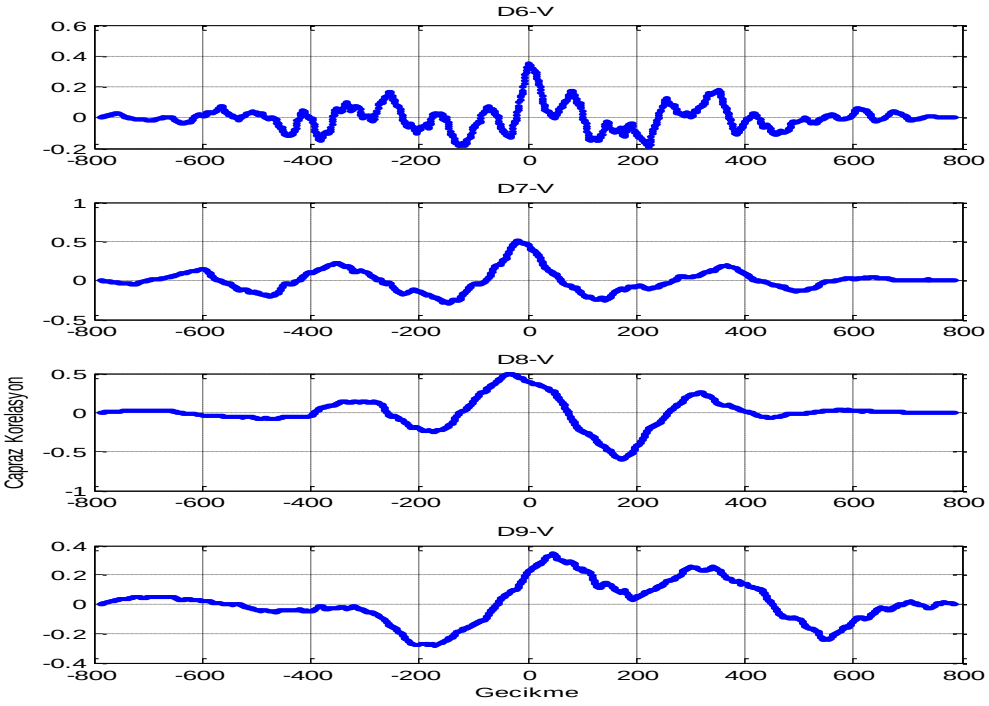
Şekil E.15: CIHA kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



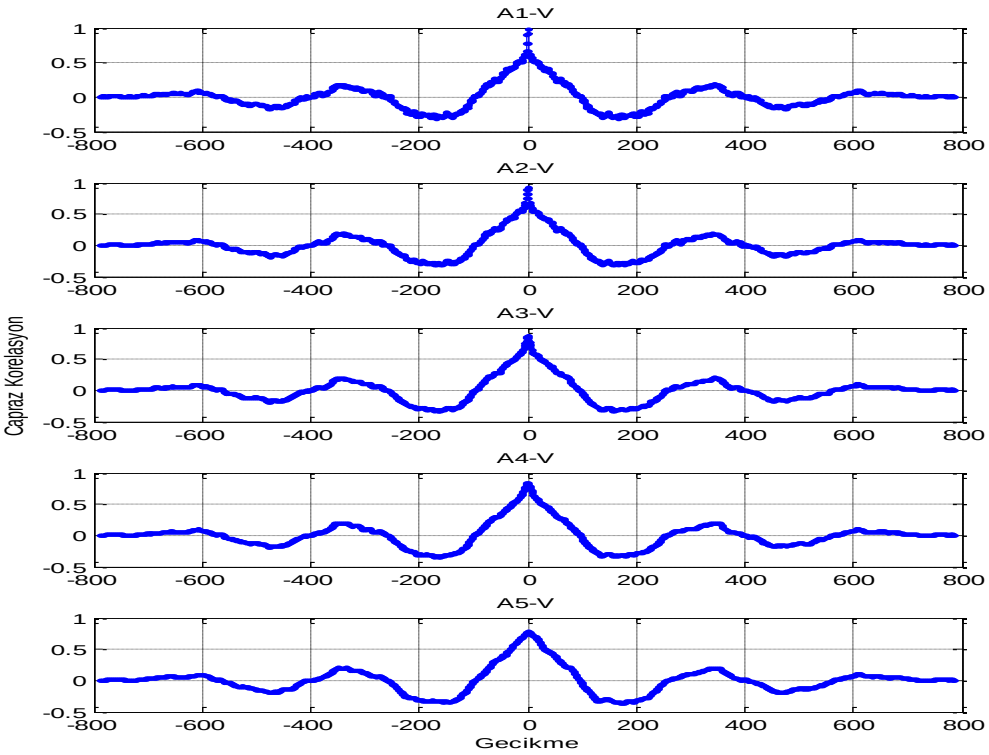
Şekil E.16: CIHA kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



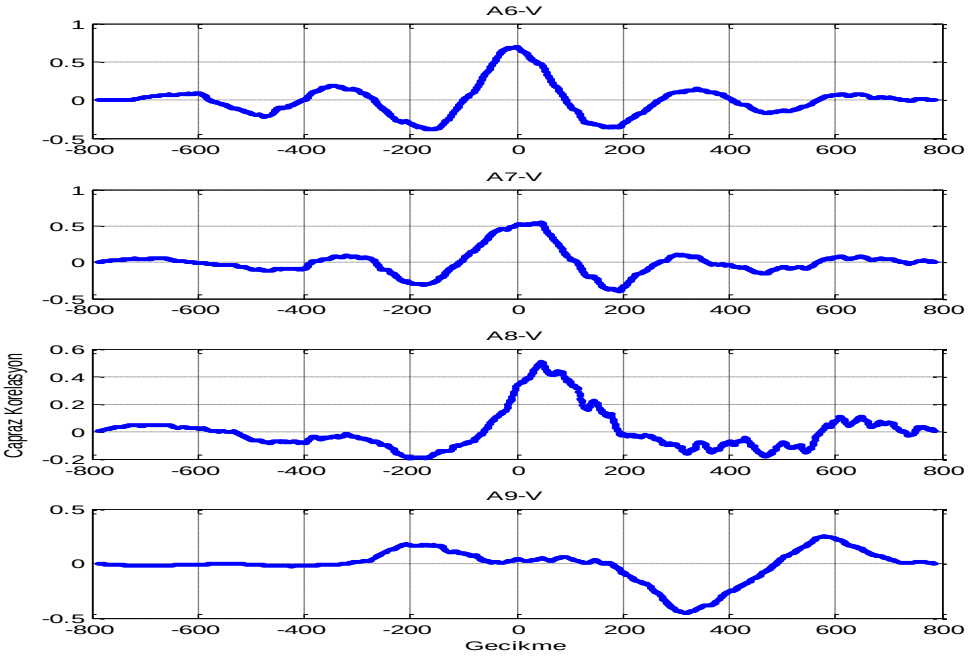
Şekil E.17: CIHA doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



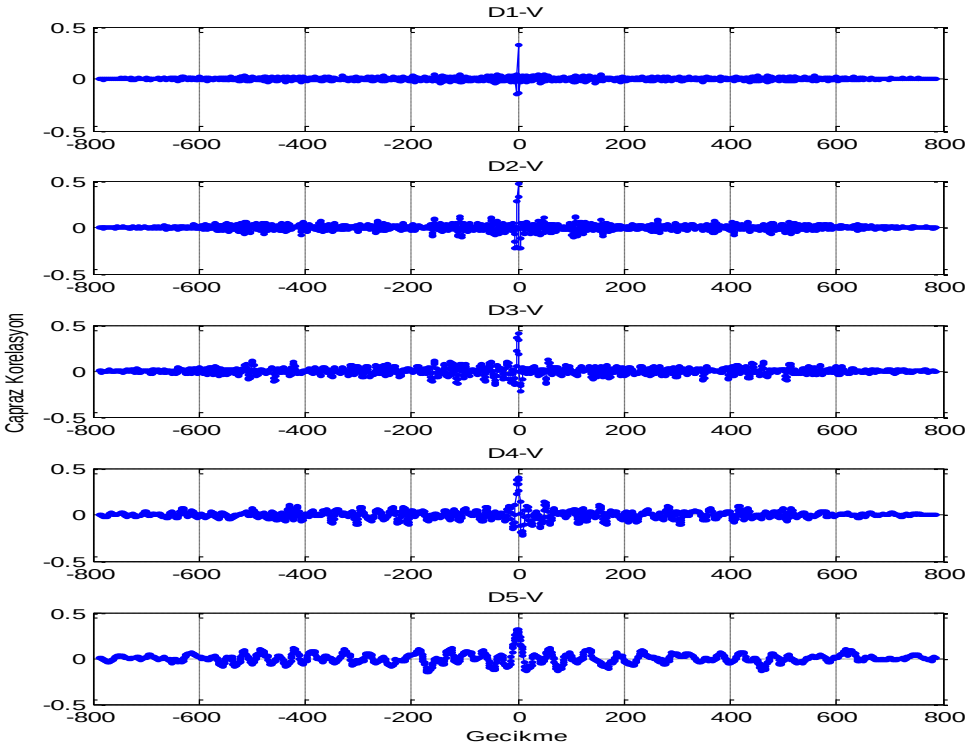
Şekil E.18: CIHA doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



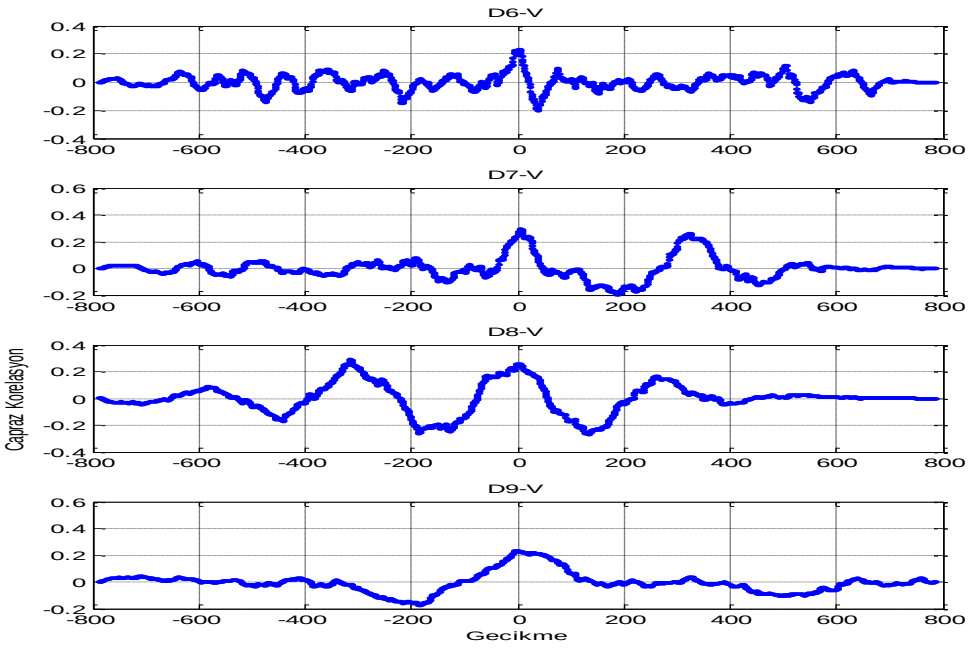
Şekil E.19: CIHA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



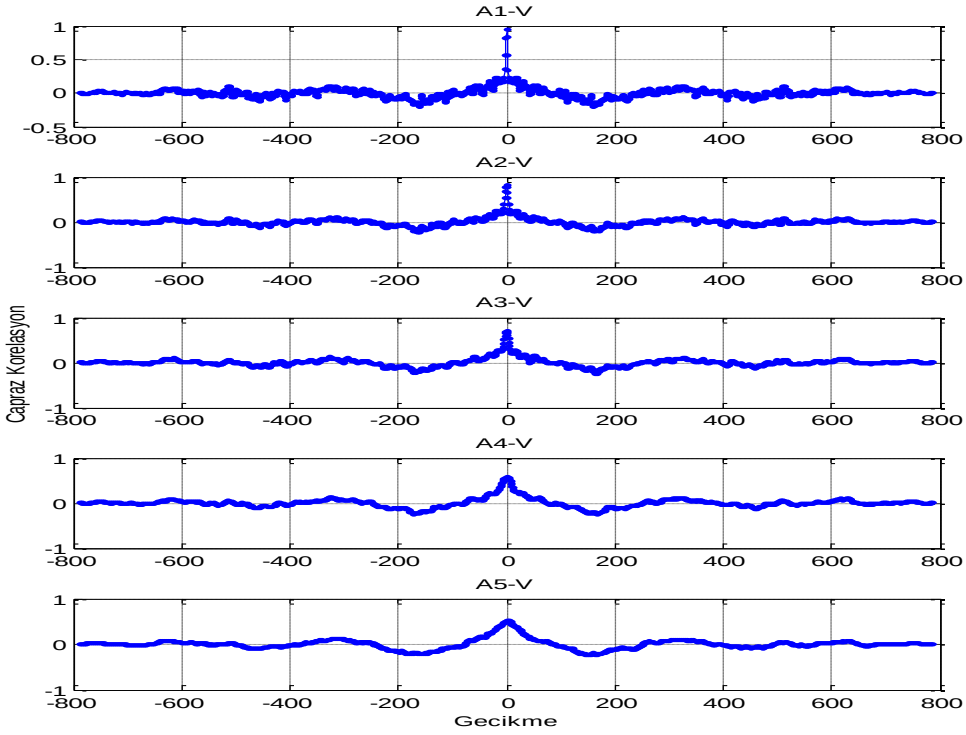
Şekil E.20: CIHA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



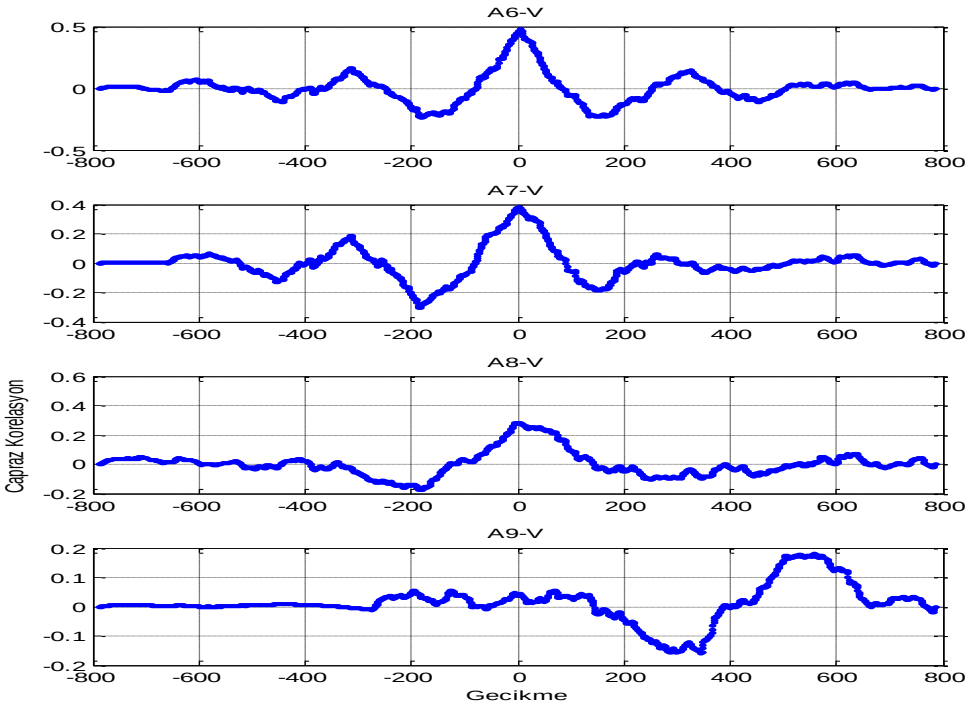
Şekil E.21: CIHA yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



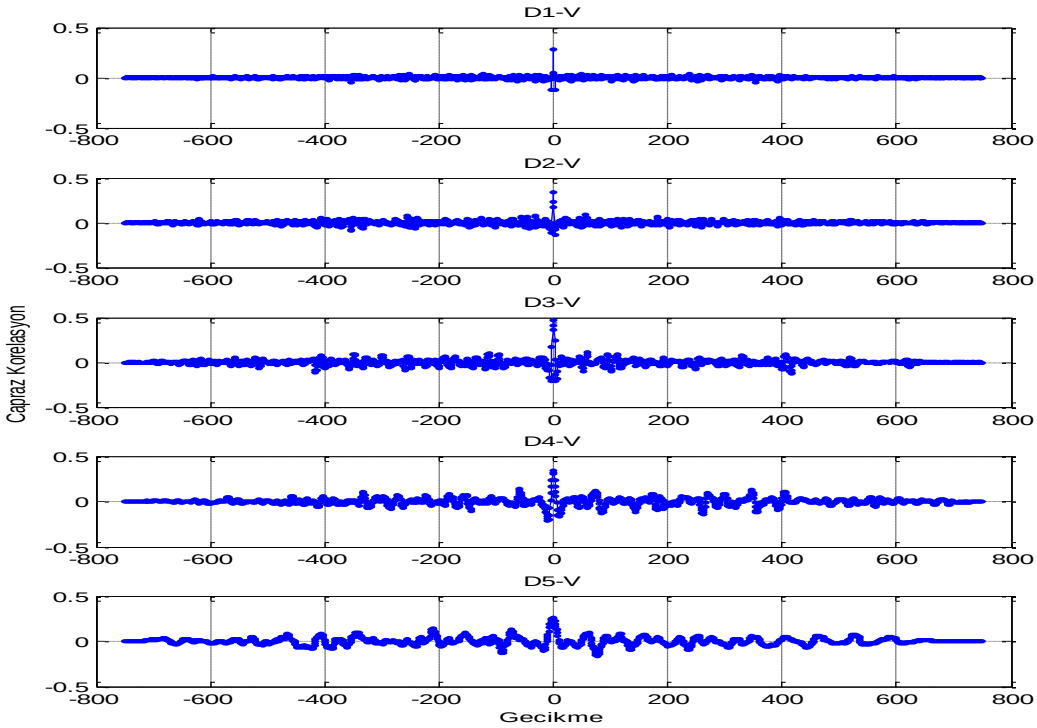
Şekil E.22: CIHA yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



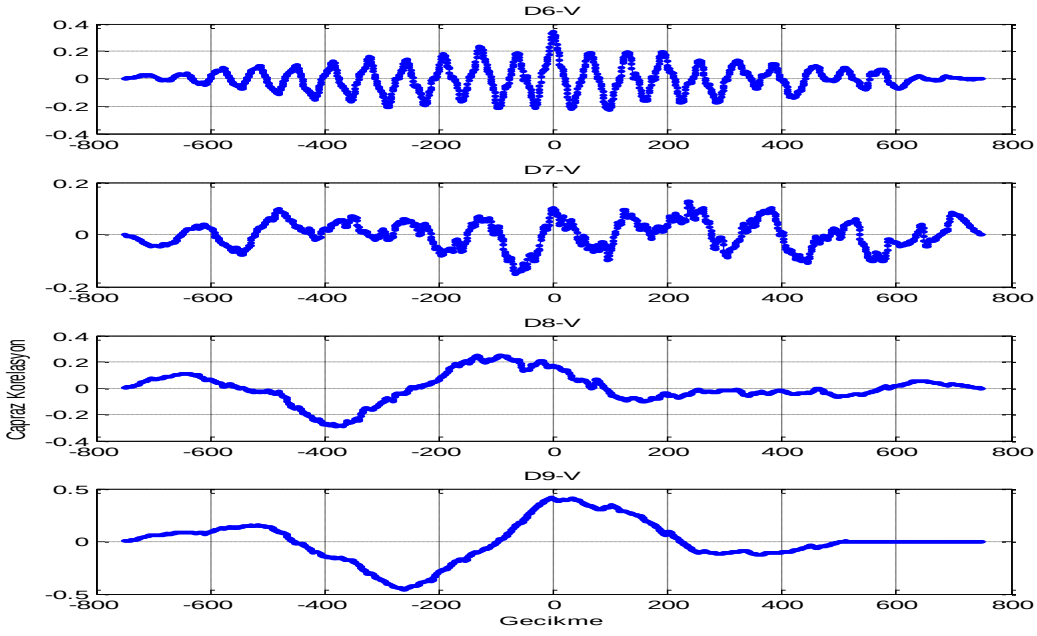
Şekil E.23: CIHA yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



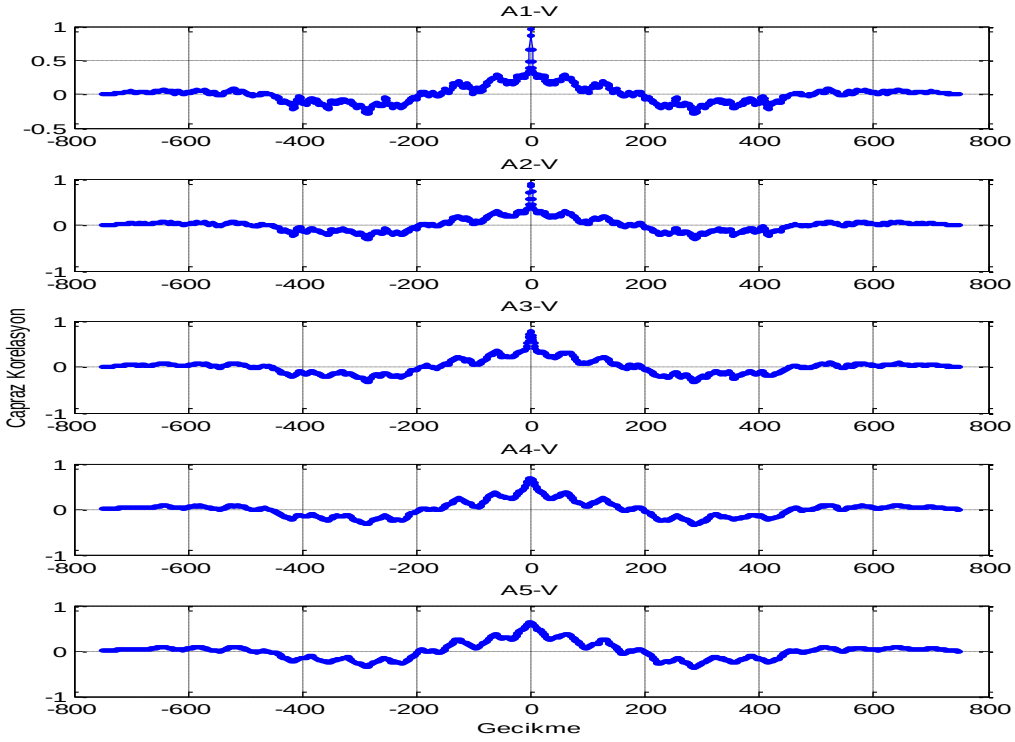
Şekil E.24: CIHA yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



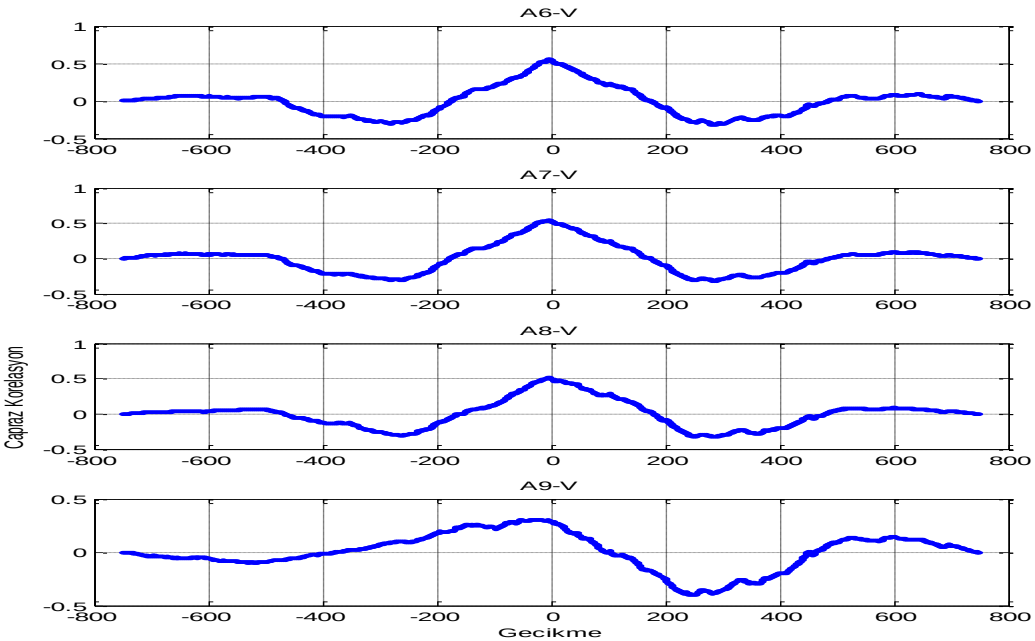
Şekil E.25: KAMN kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



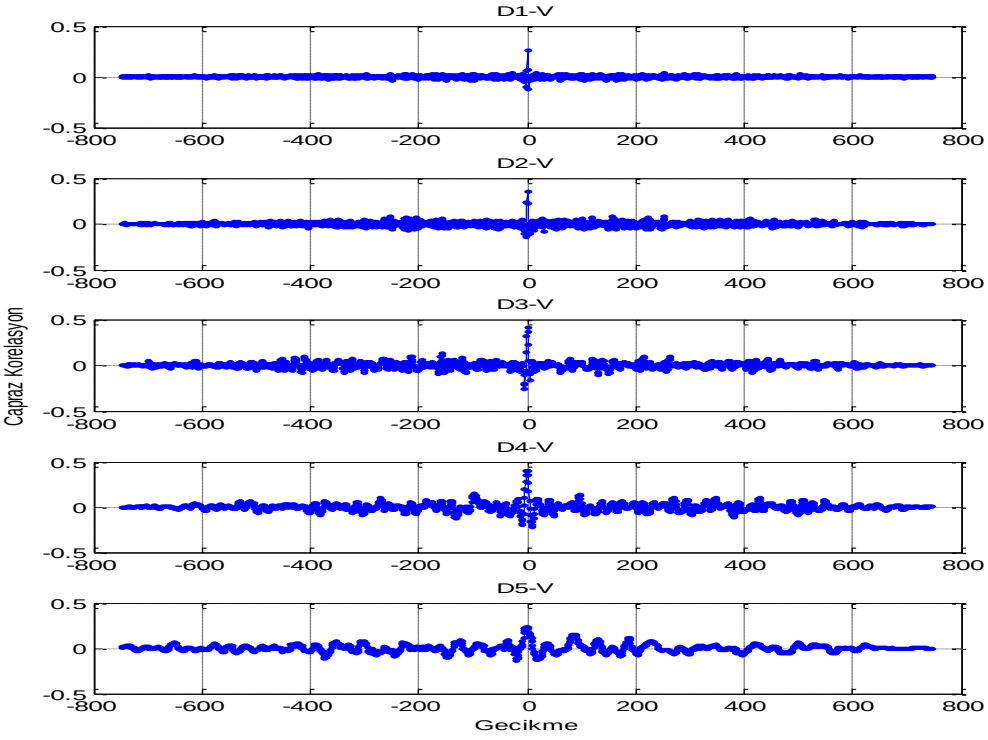
Şekil E.26: KAMN kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



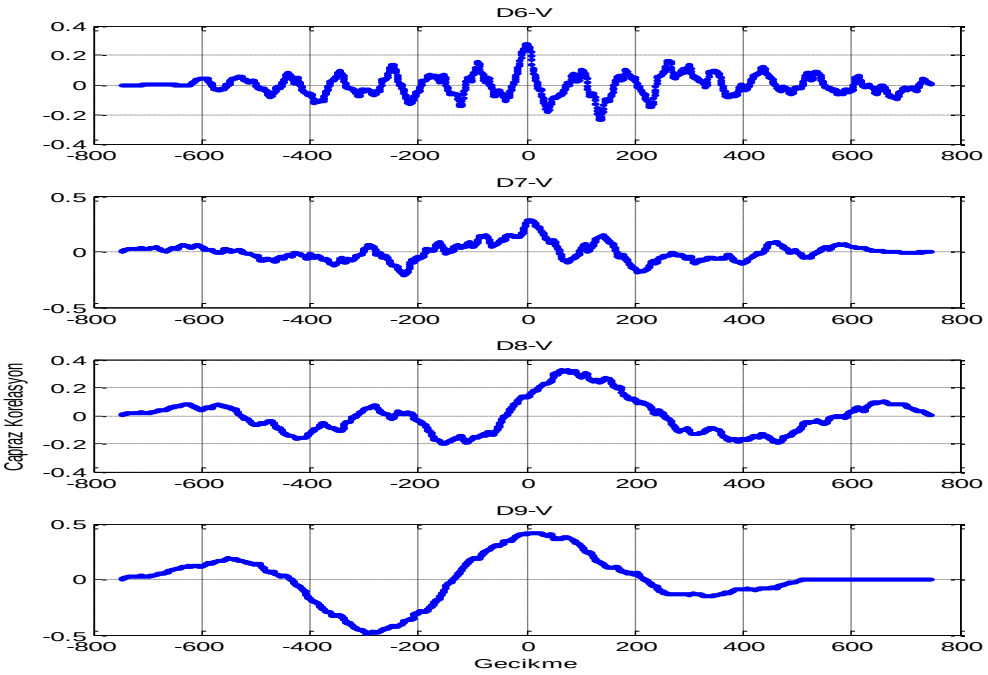
Şekil E.27: KAMN kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



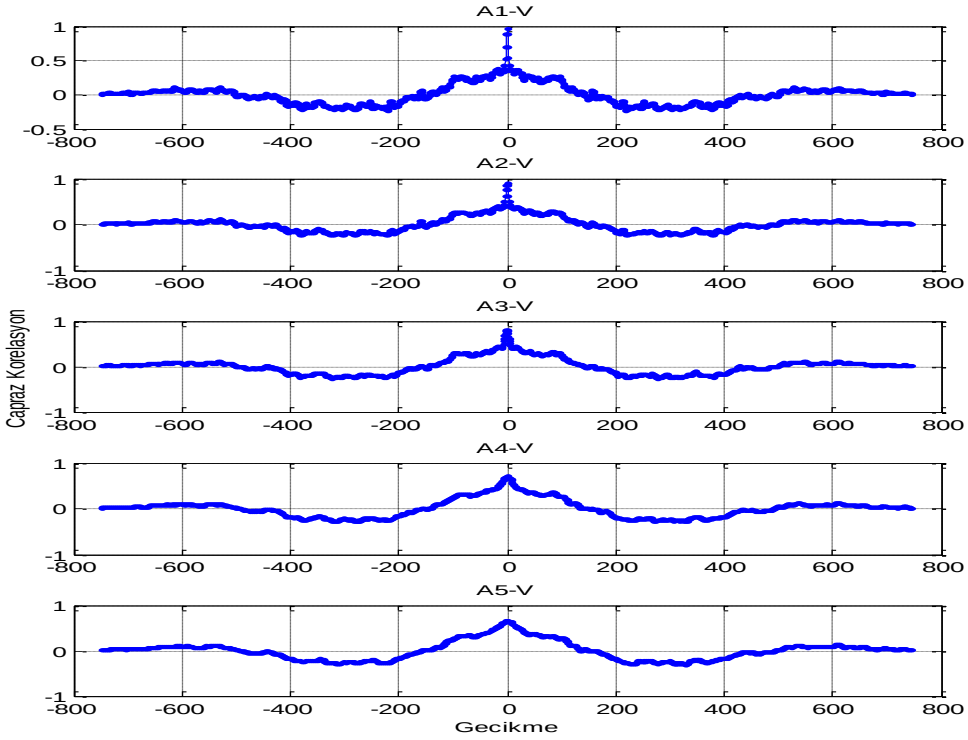
Şekil E.28: KAMN kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



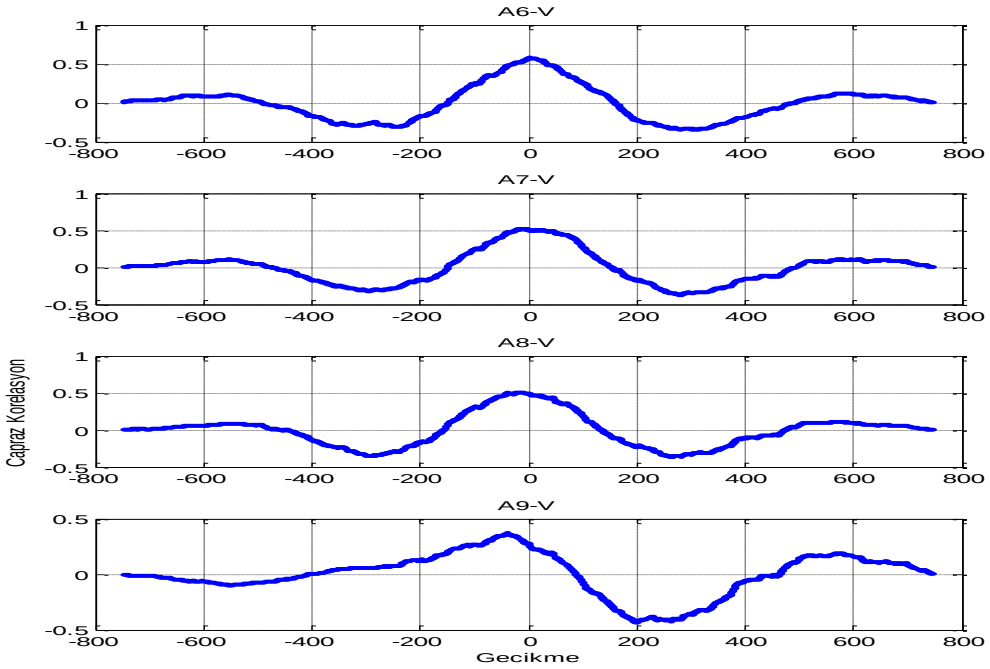
Şekil E.29: KAMN doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



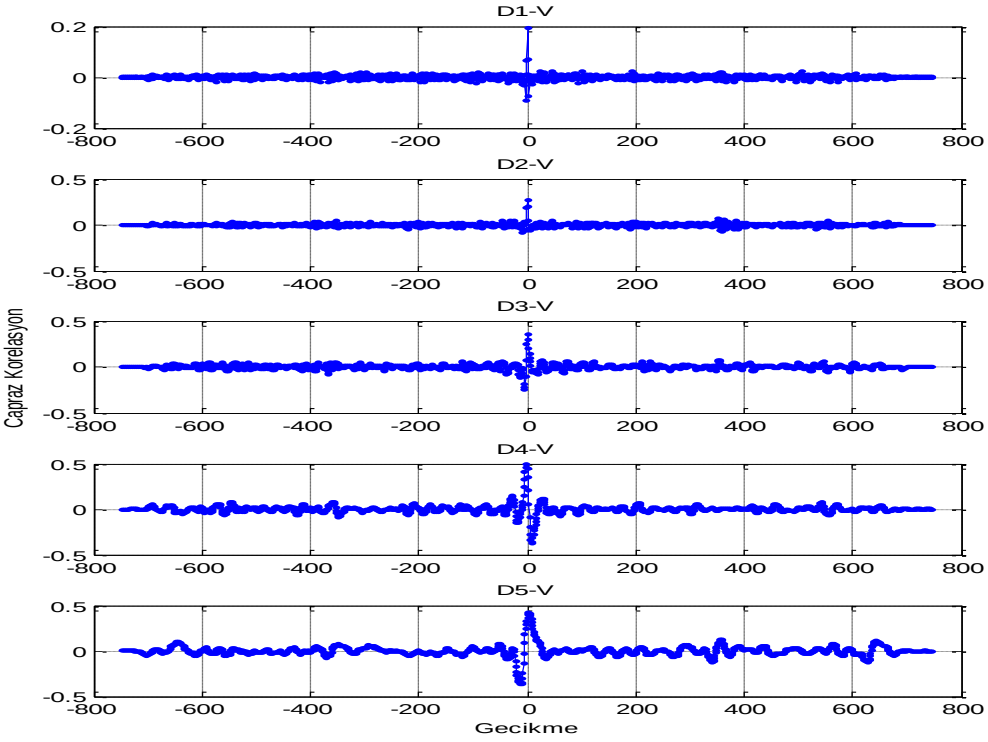
Şekil E.30: KAMN doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



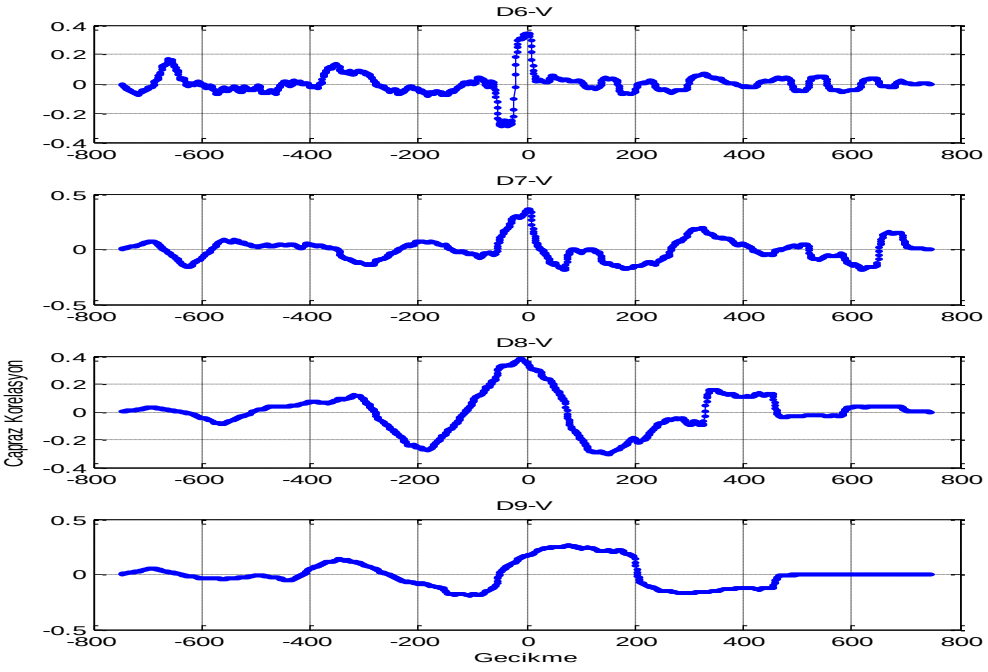
Şekil E.31: KAMN doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



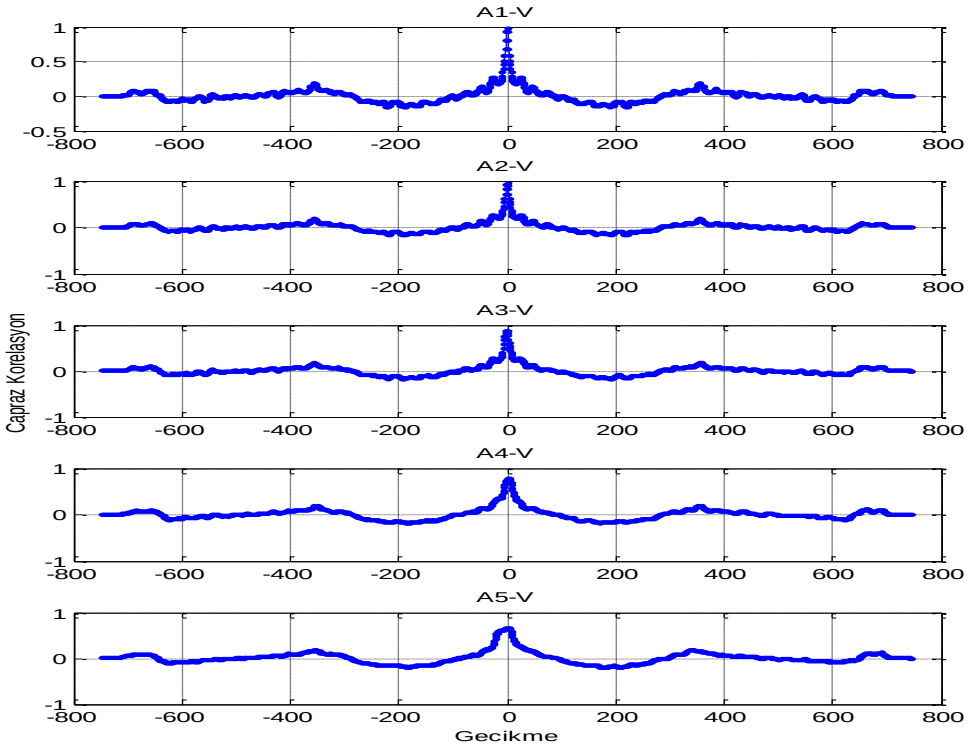
Şekil E.32: KAMN doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



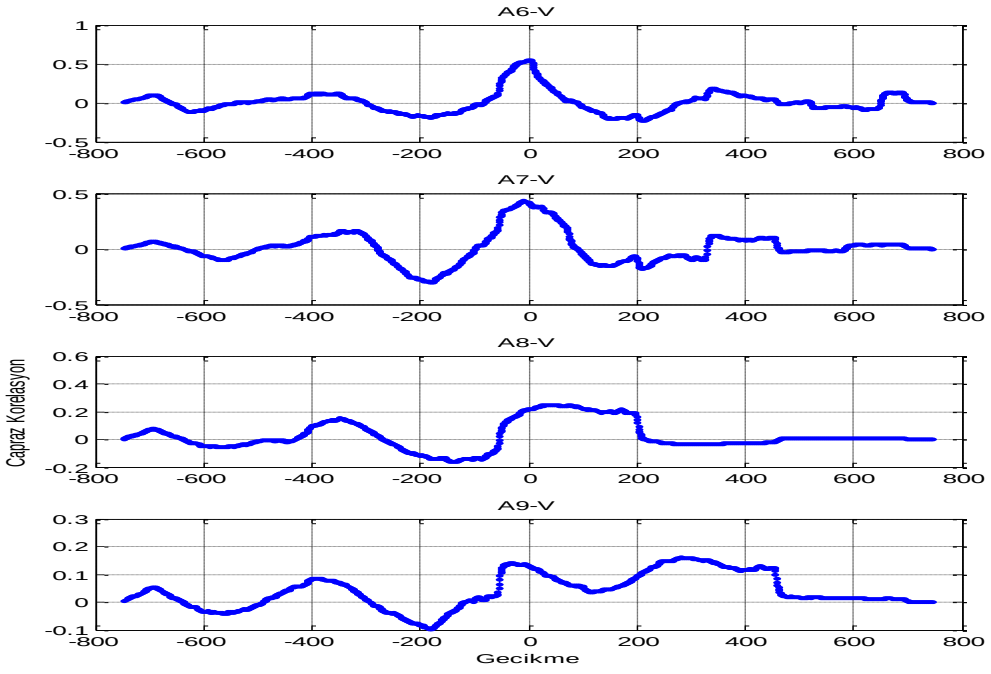
Şekil E.33: KAMN yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



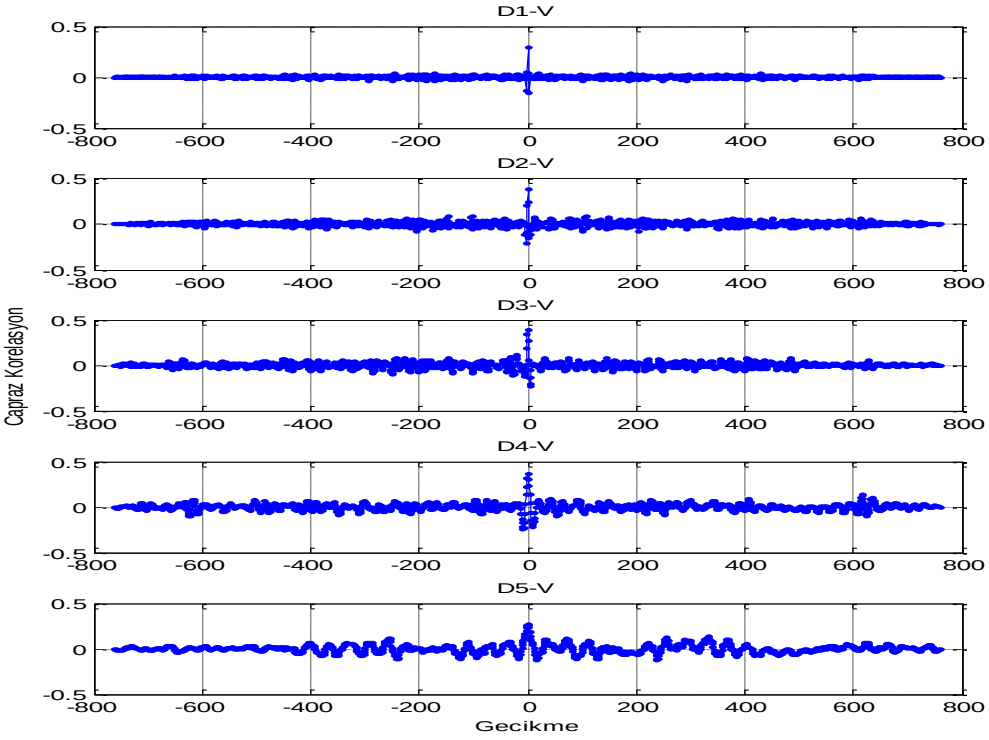
Şekil E.34: KAMN yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



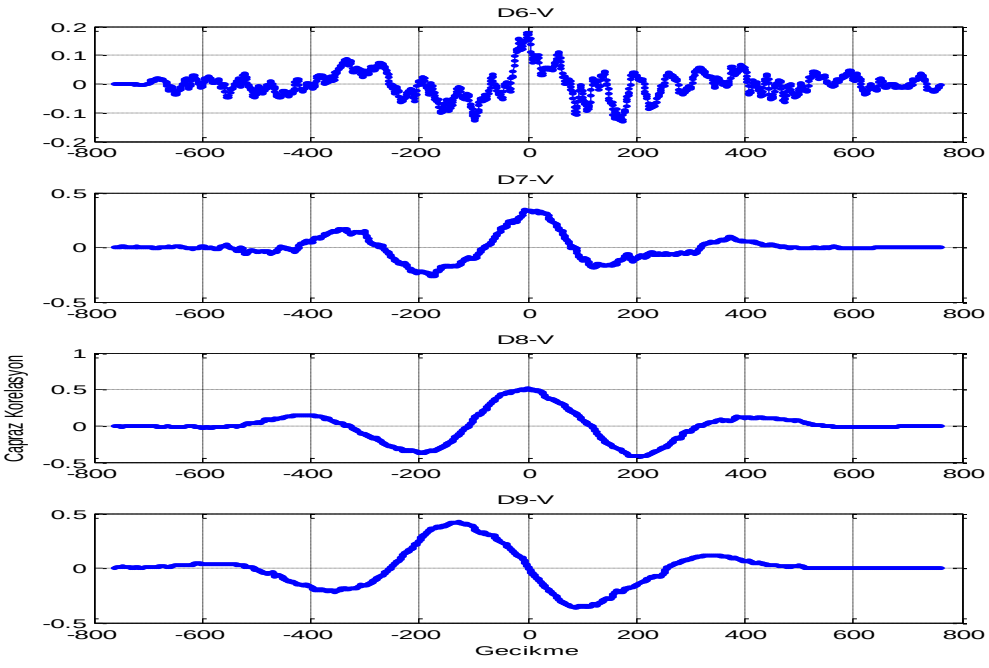
Şekil E.35: KAMN yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



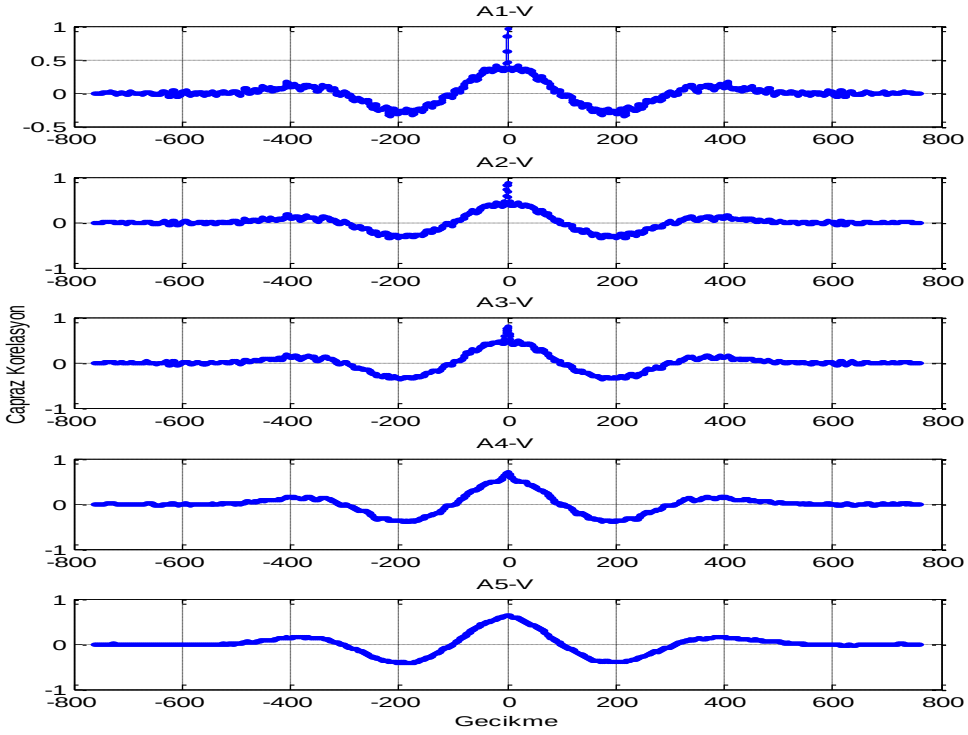
Şekil E.36: KAMN yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



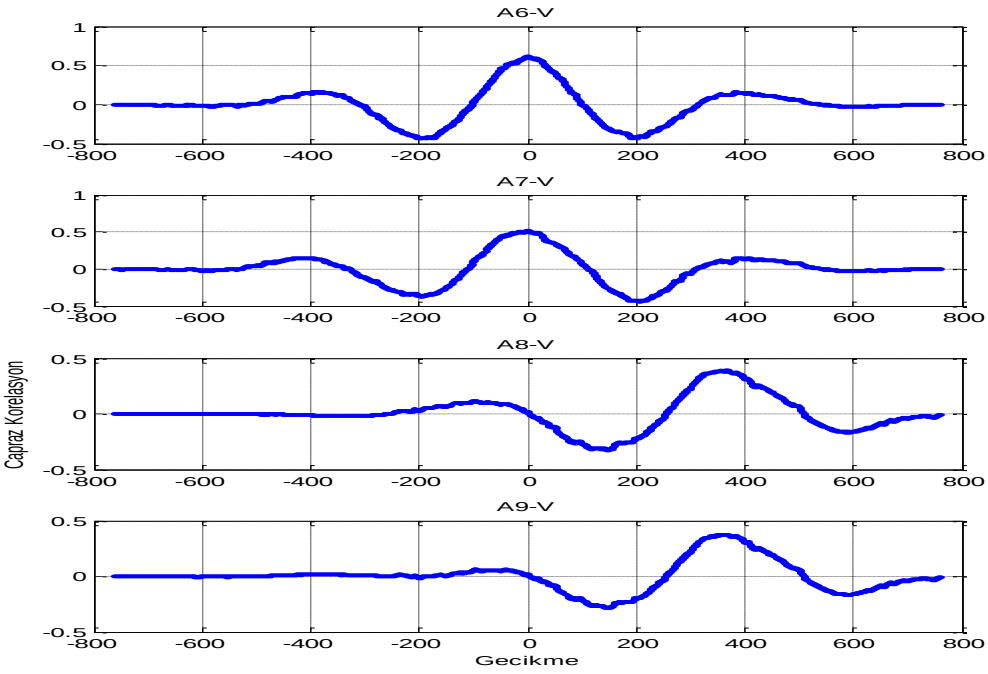
Şekil E.37: YUNA kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



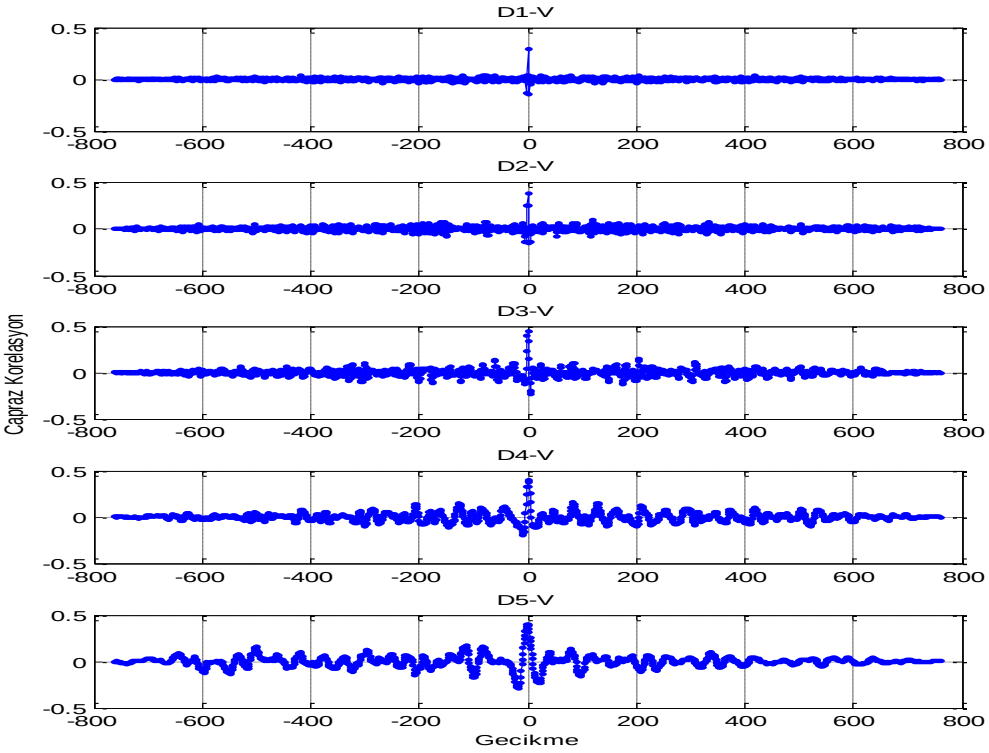
Şekil E.38: YUNA kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



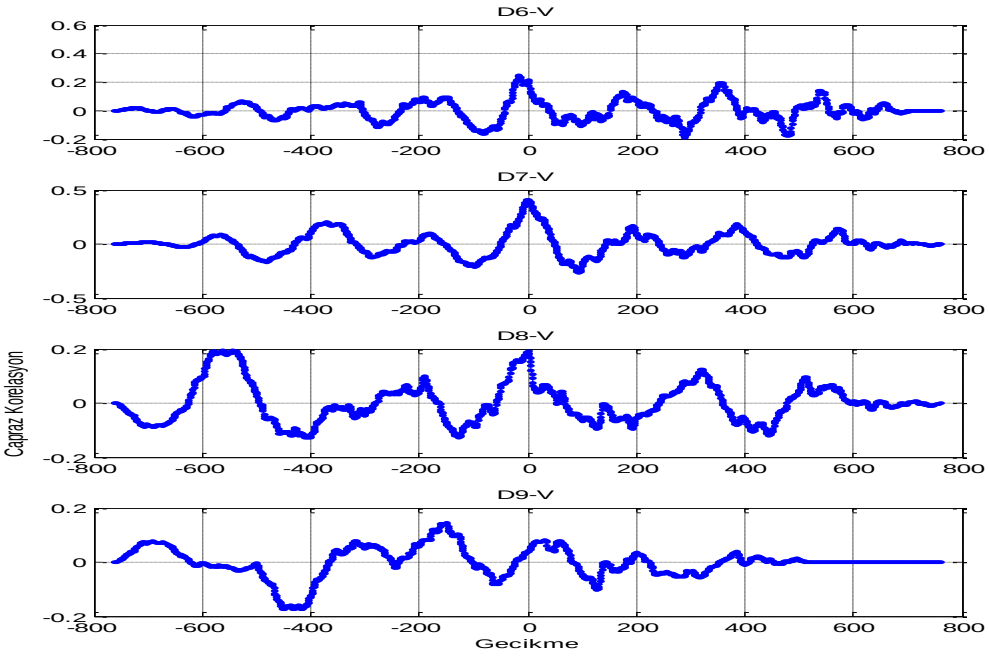
Şekil E.39: YUNA kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



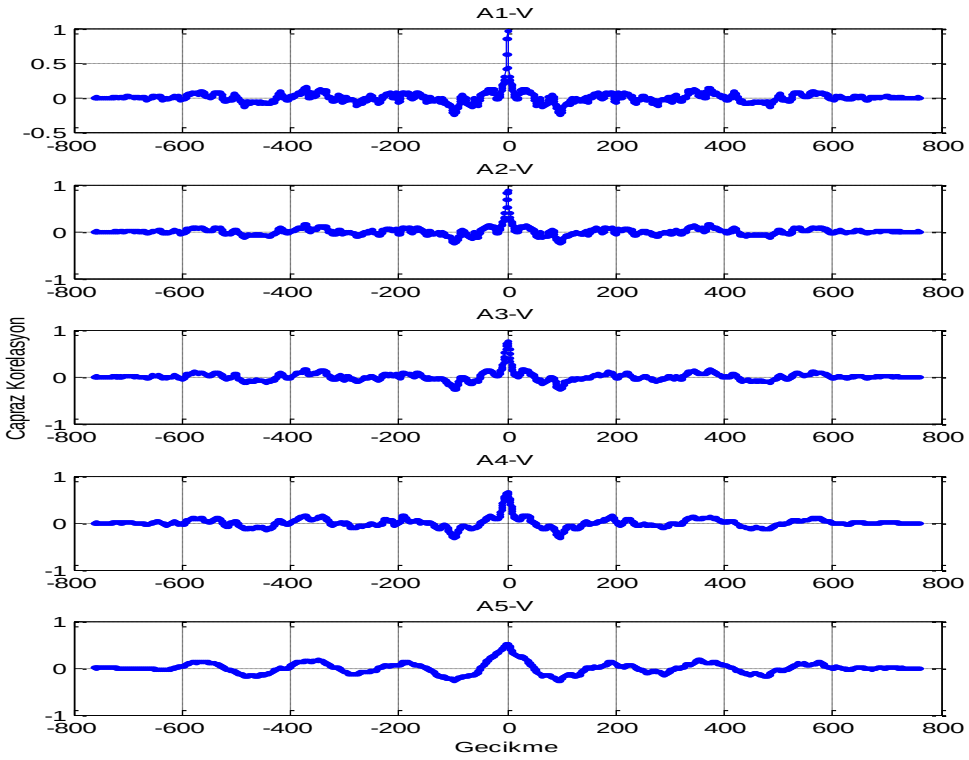
Şekil E.40: YUNA kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



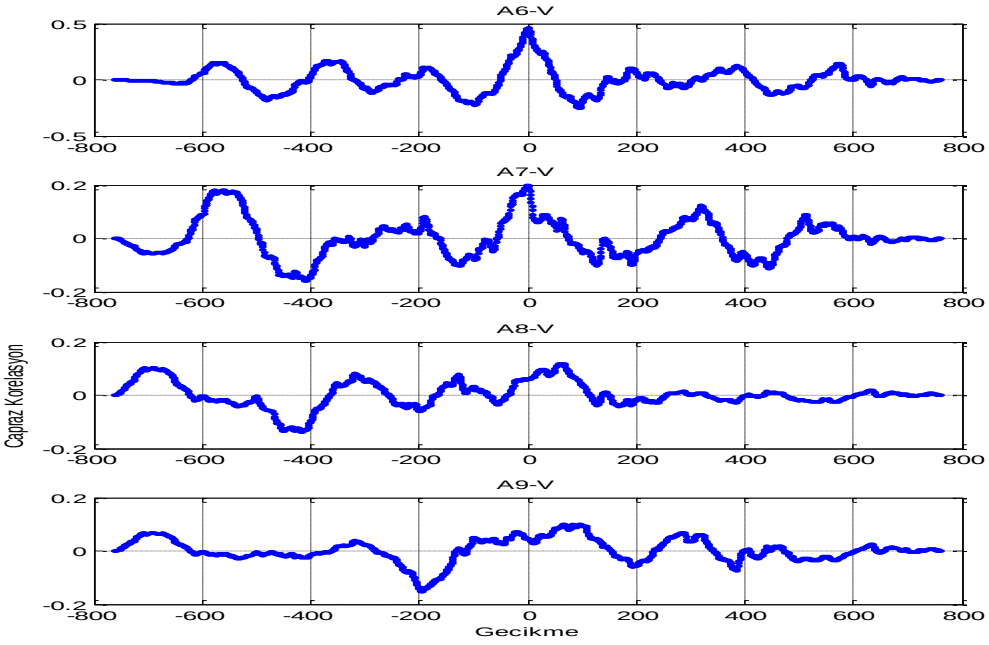
Şekil E.41: YUNA doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



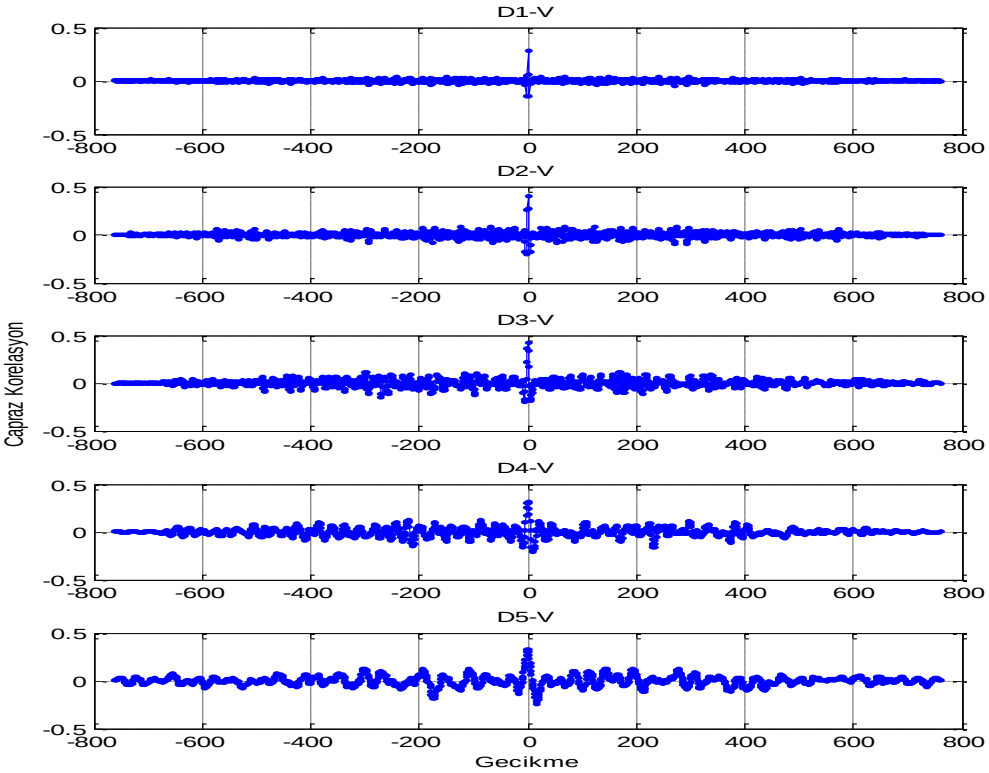
Şekil E.42: YUNA doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



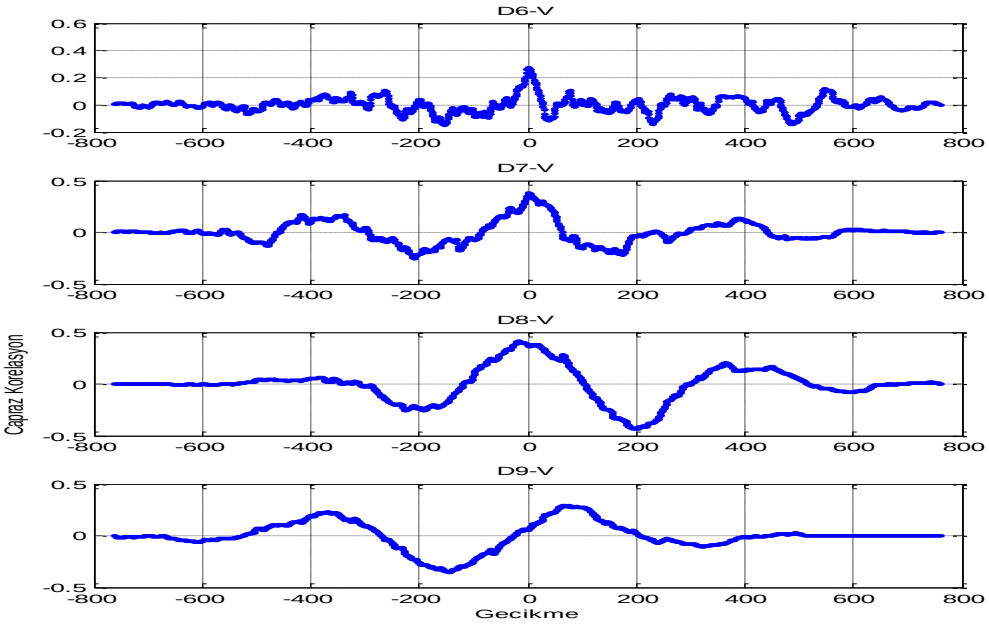
Şekil E.43: YUNA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



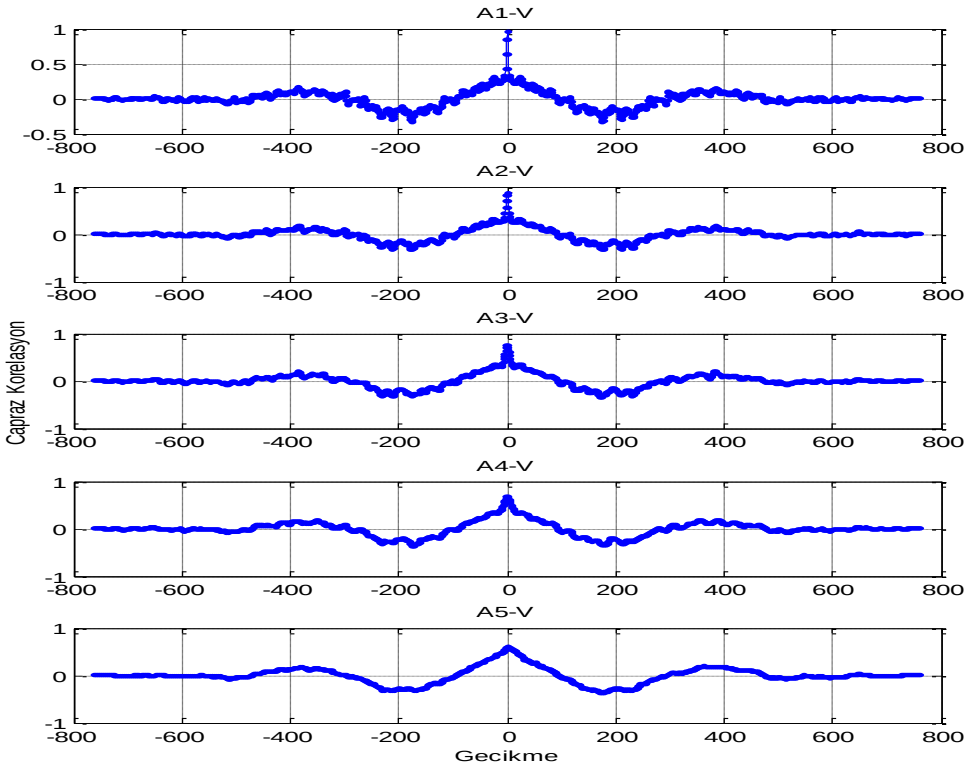
Şekil E.44: YUNA doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



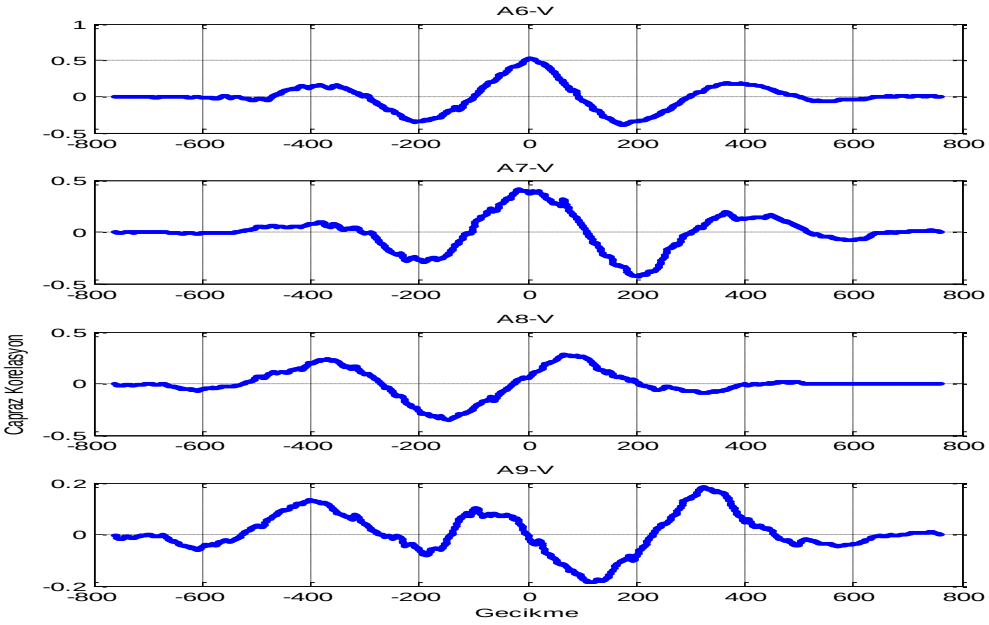
Şekil E.45: YUNA yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



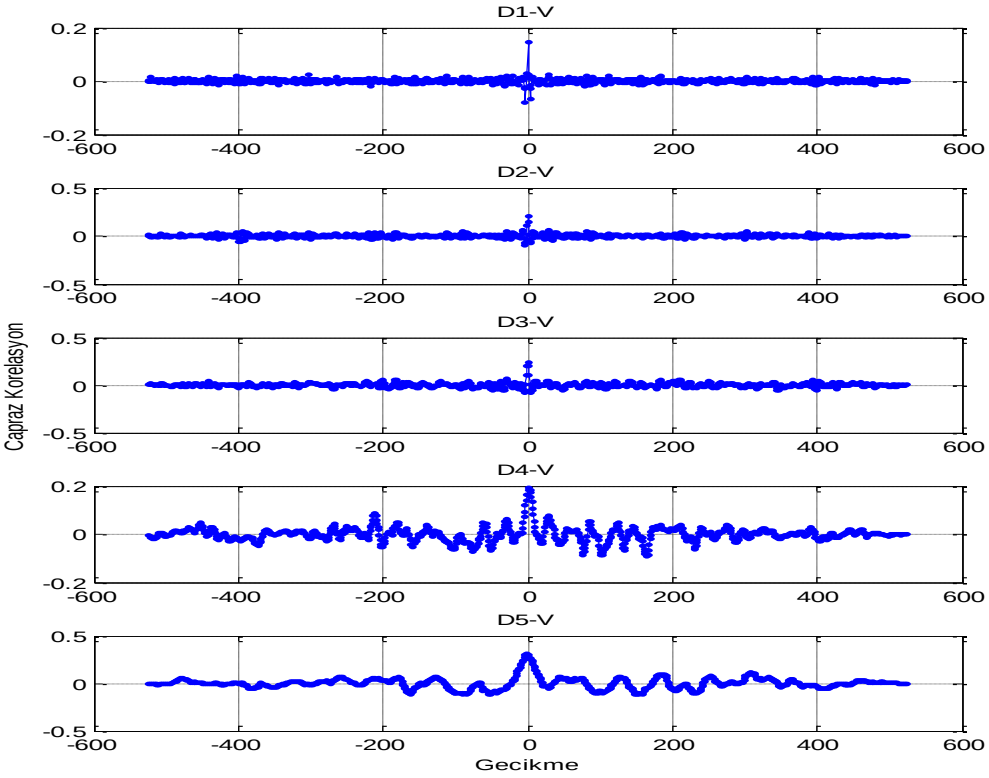
Şekil E.46: YUNA yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



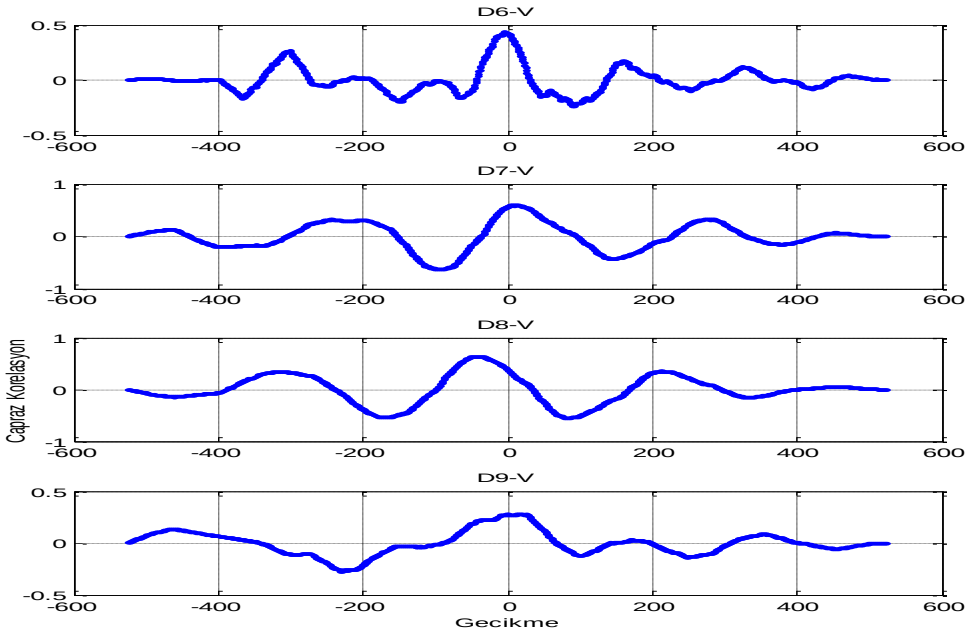
Şekil E.47: YUNA yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



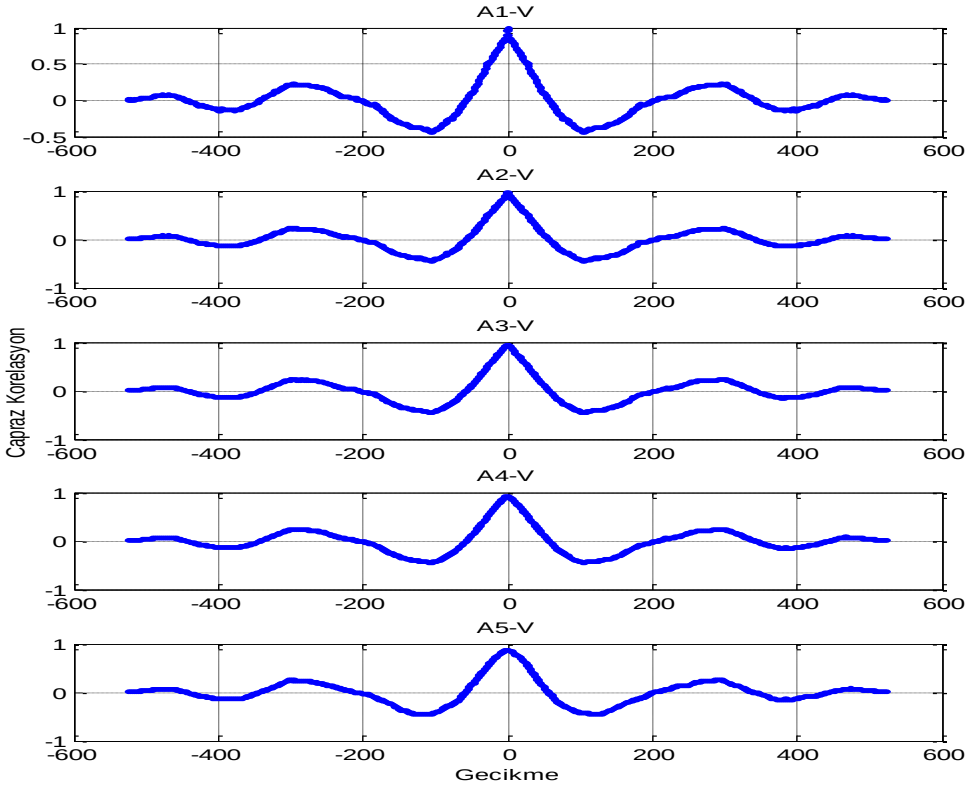
Şekil E.48: YUNA yükseklik (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



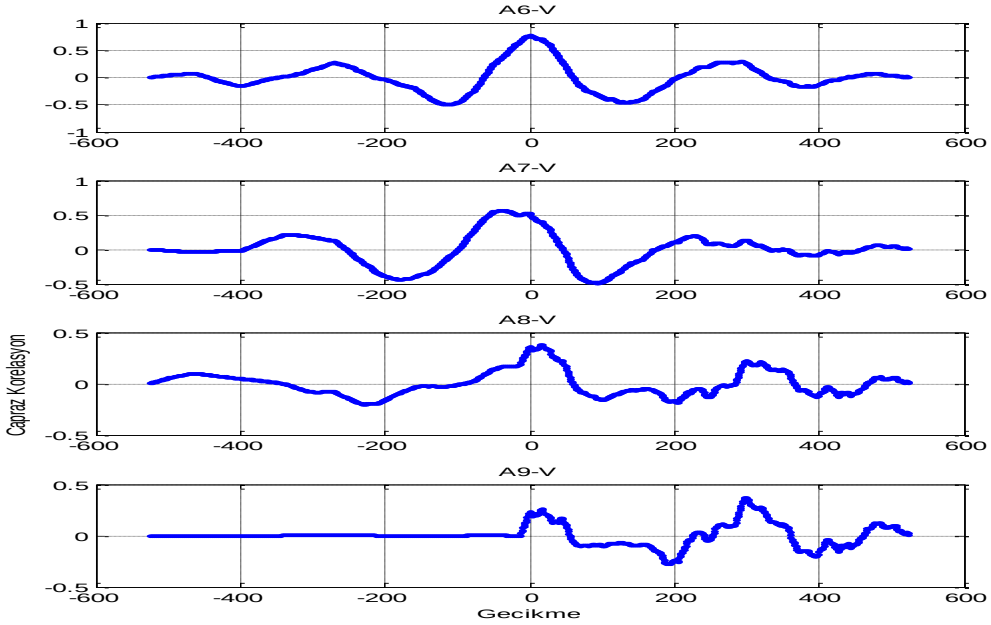
Şekil E.49: AKSI1 kuzey (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



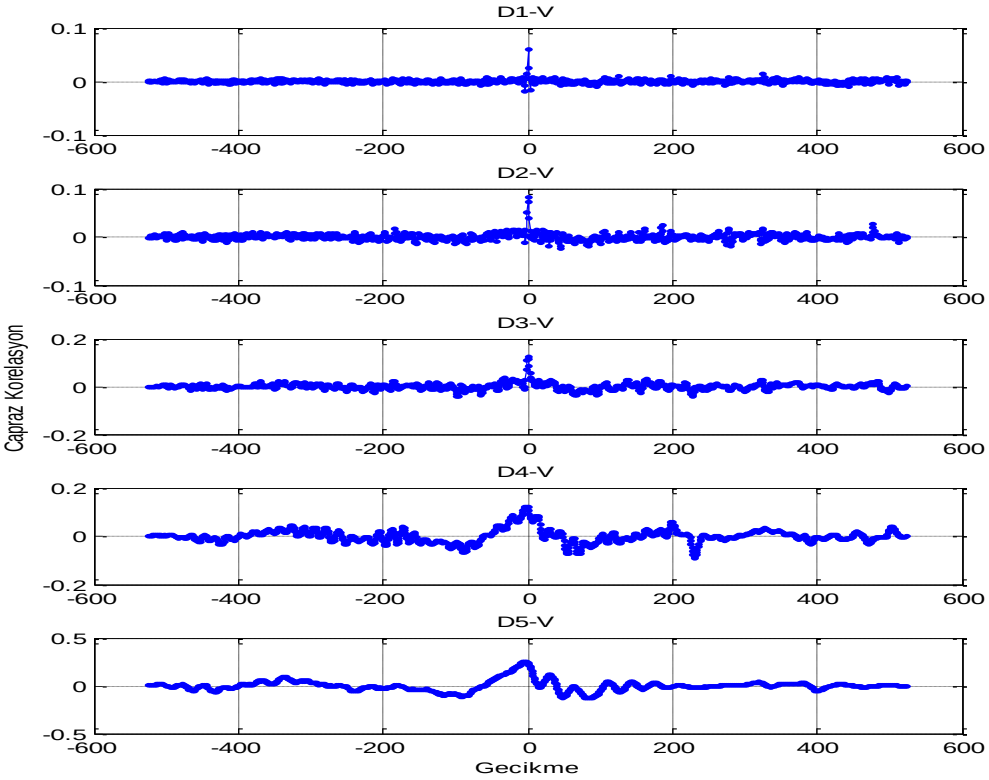
Şekil E.50: AKSI1 kuzey (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



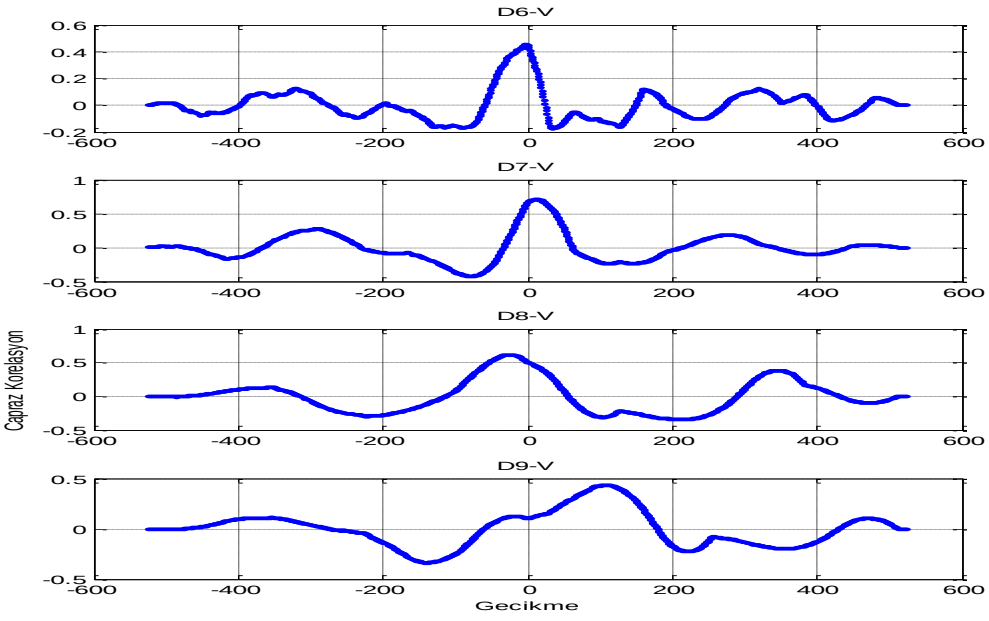
Şekil E.51: AKSI1 kuzey (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



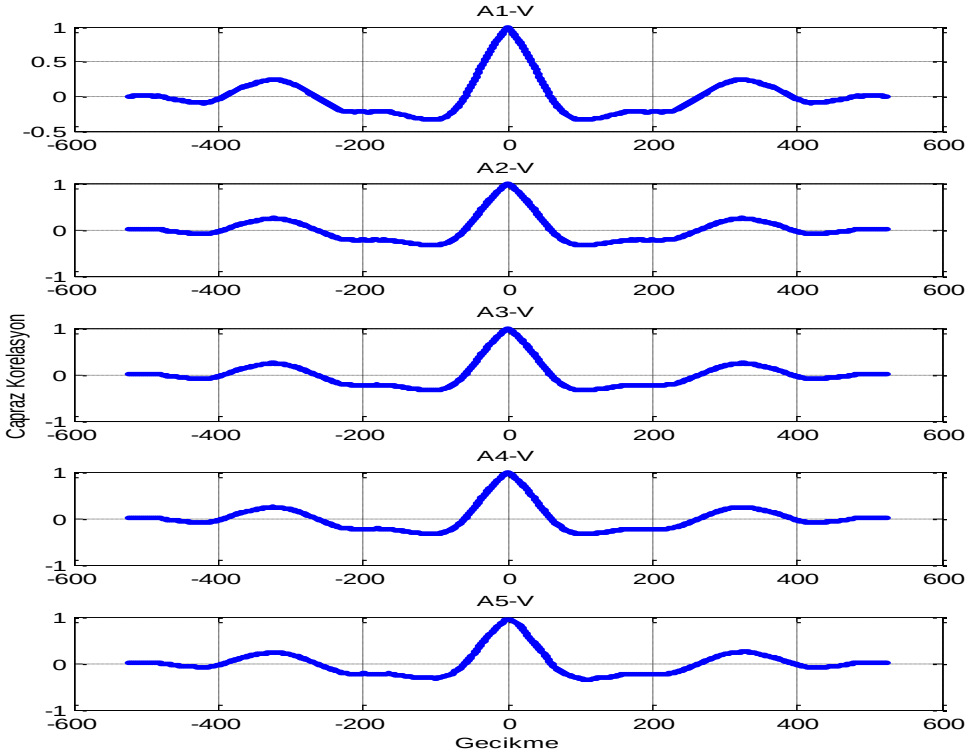
Şekil E.52: AKSI1 kuzey (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



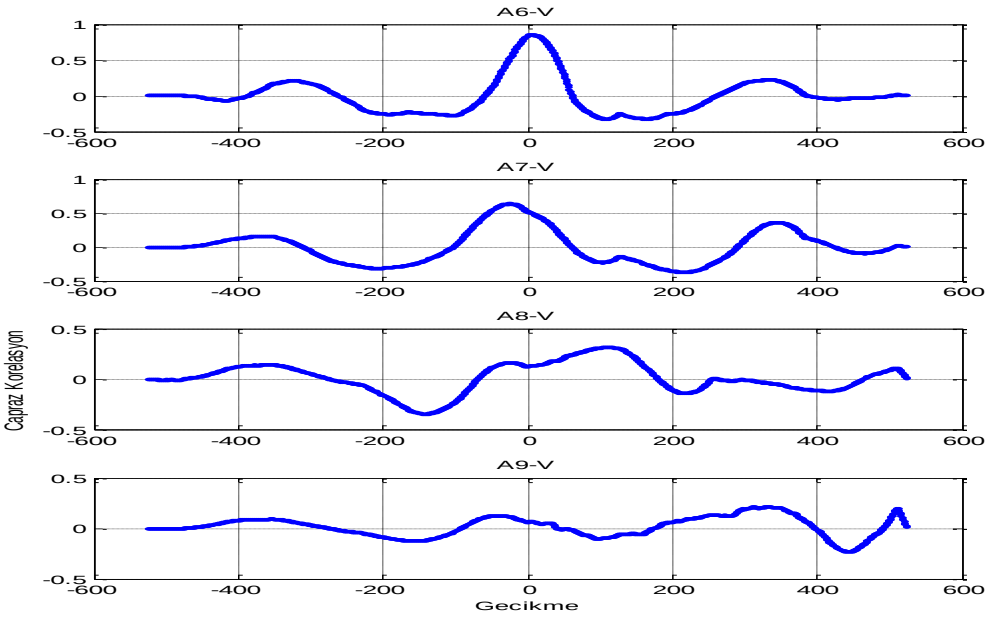
Şekil E.53: AKSI1 doğu (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



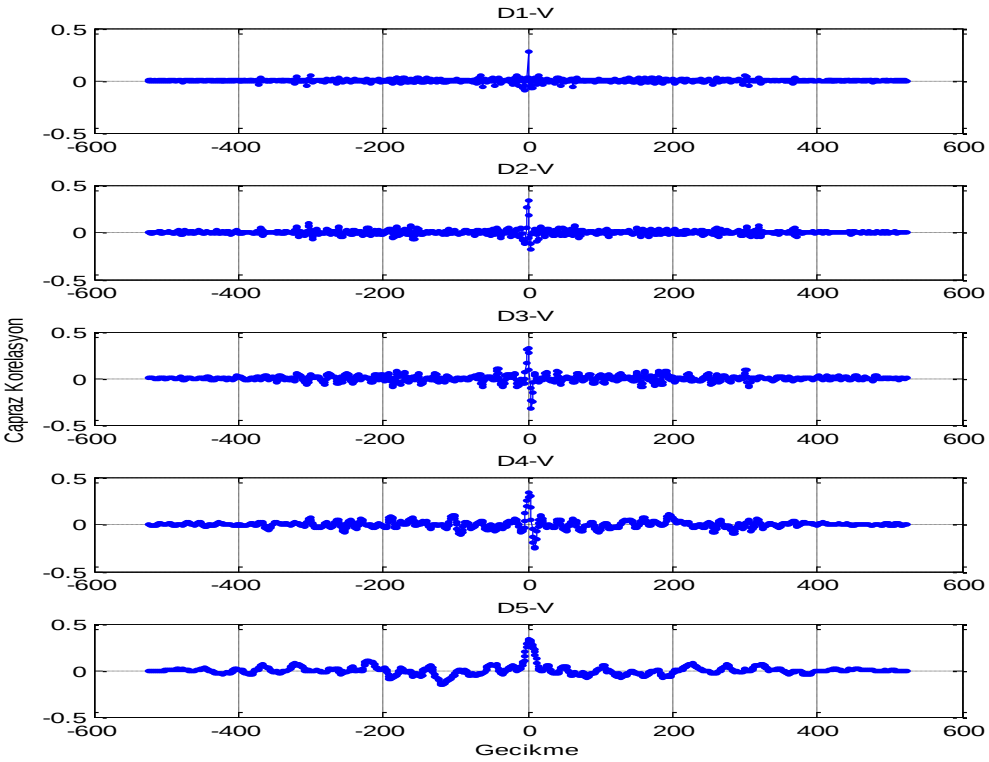
Şekil E.54: AKSI1 doğu (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



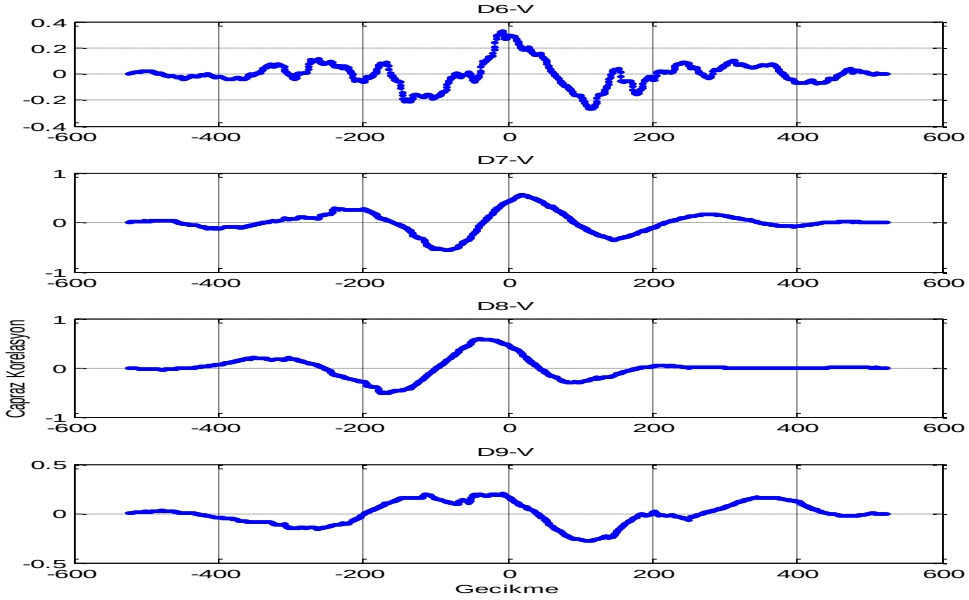
Şekil E.55: AKSI1 doğu (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



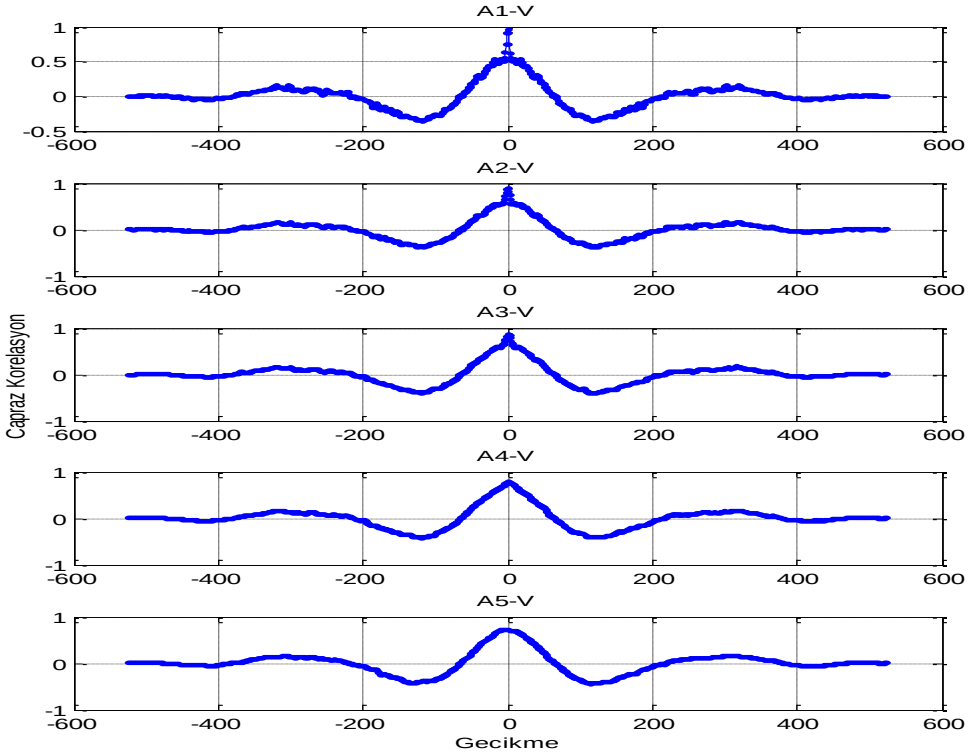
Şekil E.56: AKSI1 doğu (A6-A9)-V çapraz korelasyonlar.



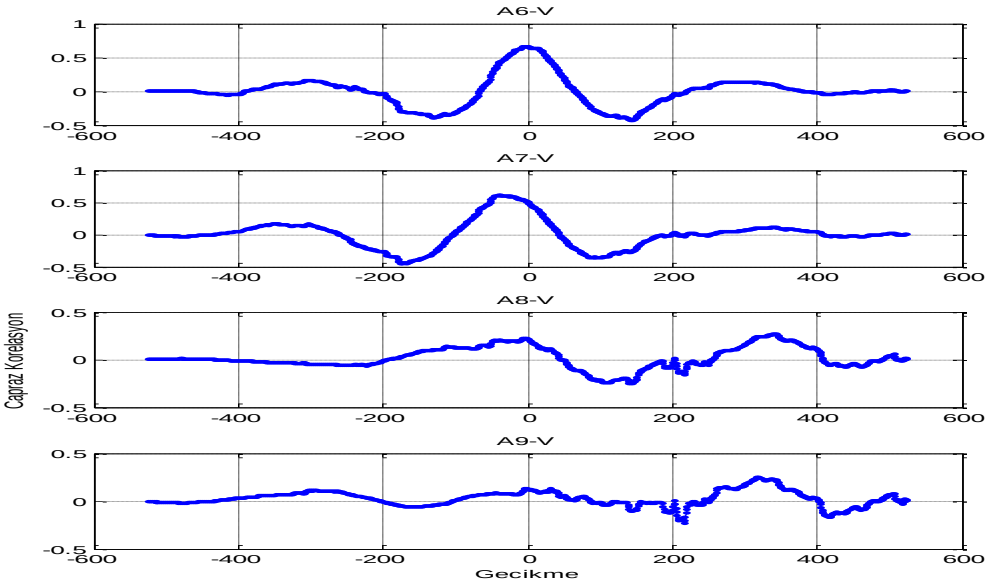
Şekil E.57: AKSI1 yükseklik (D1-D5)-V çapraz korelasyonlar.



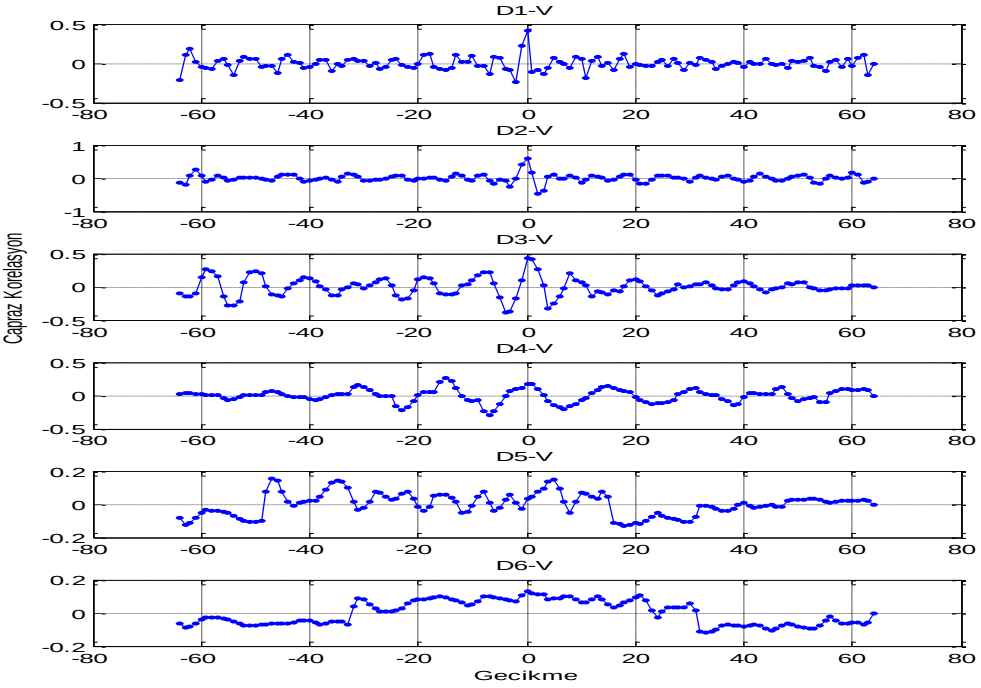
Şekil E.58: AKSI1 yükseklik (D6-D9)-V çapraz korelasyonlar.



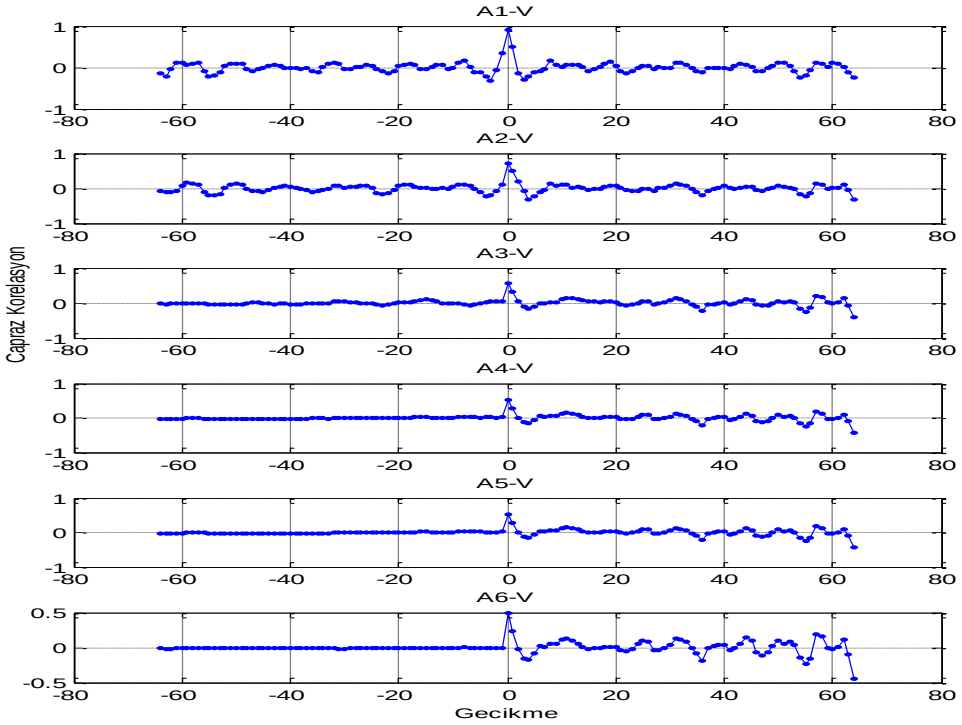
Şekil E.59: AKSI1 yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



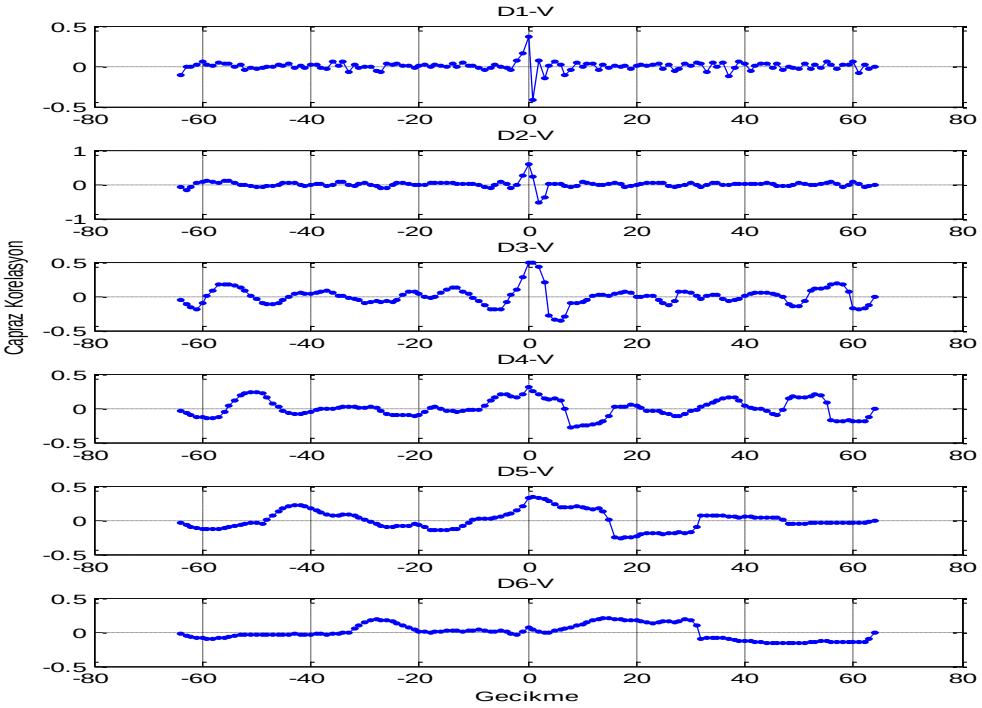
Şekil E.60: AKSI1 yükseklik (A1-A5)-V çapraz korelasyonlar.



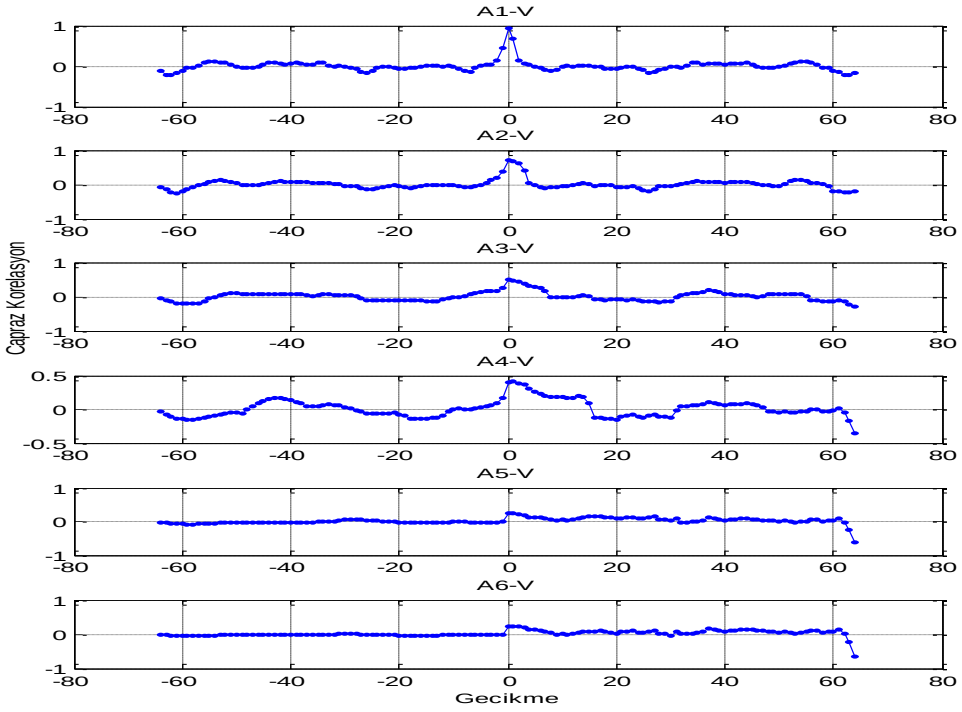
Şekil E.61: AKSI2 kuzey (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar.



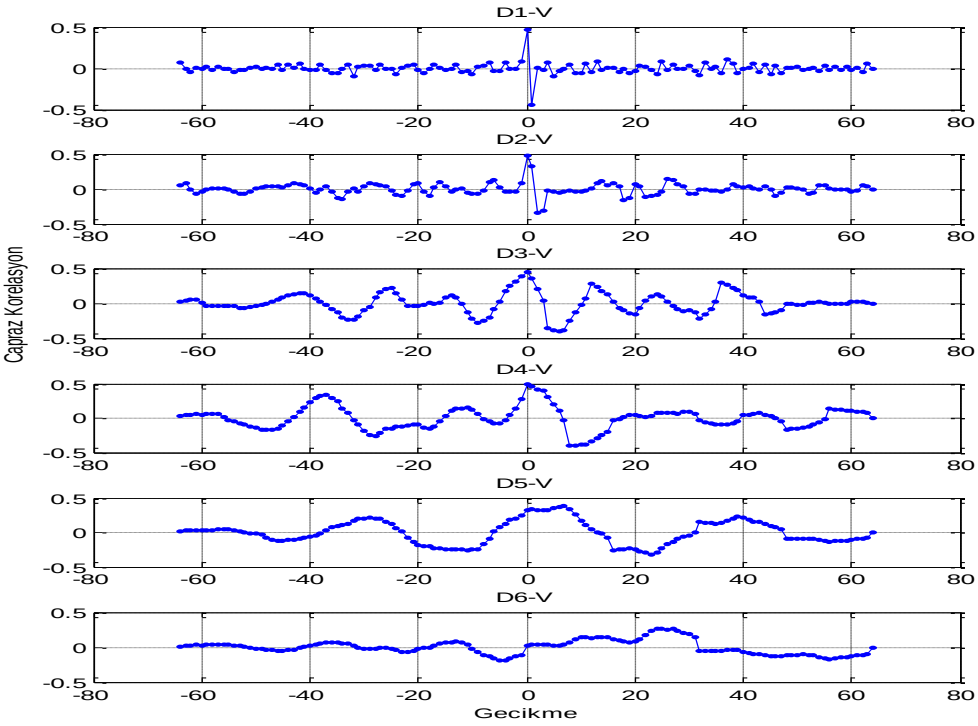
Şekil E.62: AKSI2 kuzey (A1-A6)-V çapraz korelasyonlar.



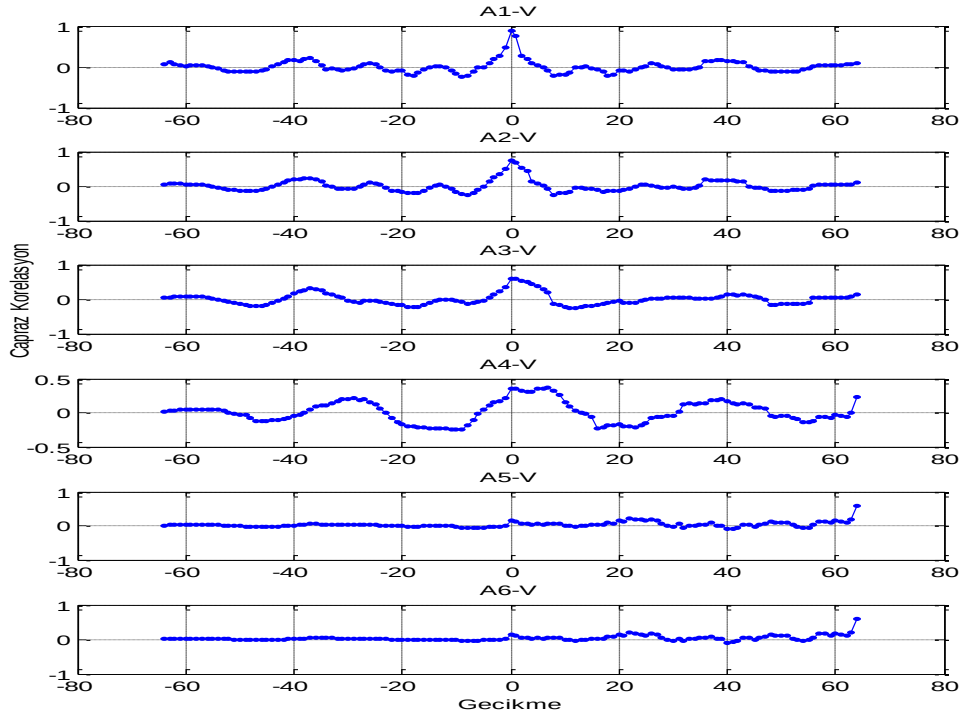
Şekil E.63: AKSI2 doğu (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar.



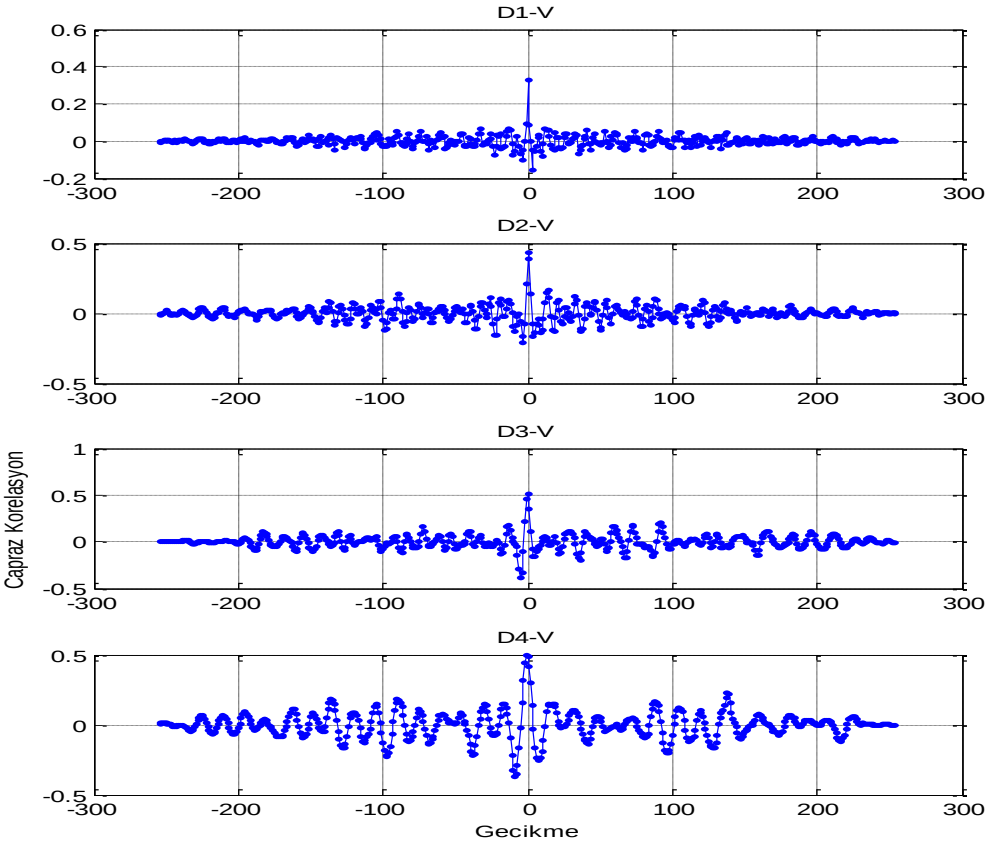
Şekil E.64: AKSI2 doğu (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar.



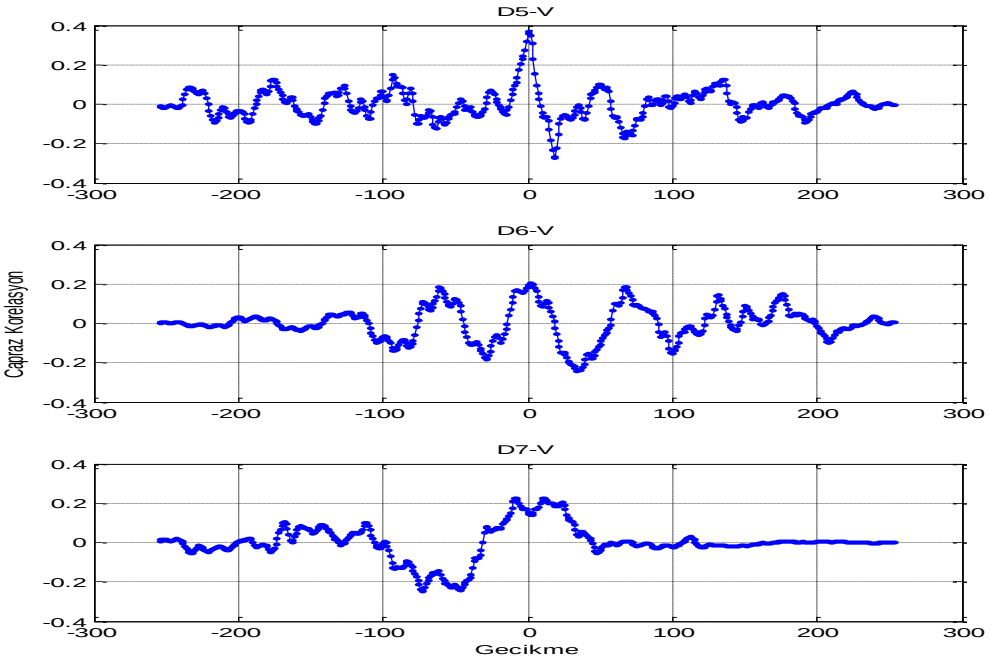
Şekil E.65: AKSI2 yükseklik (D1-D6)-V çapraz korelasyonlar.



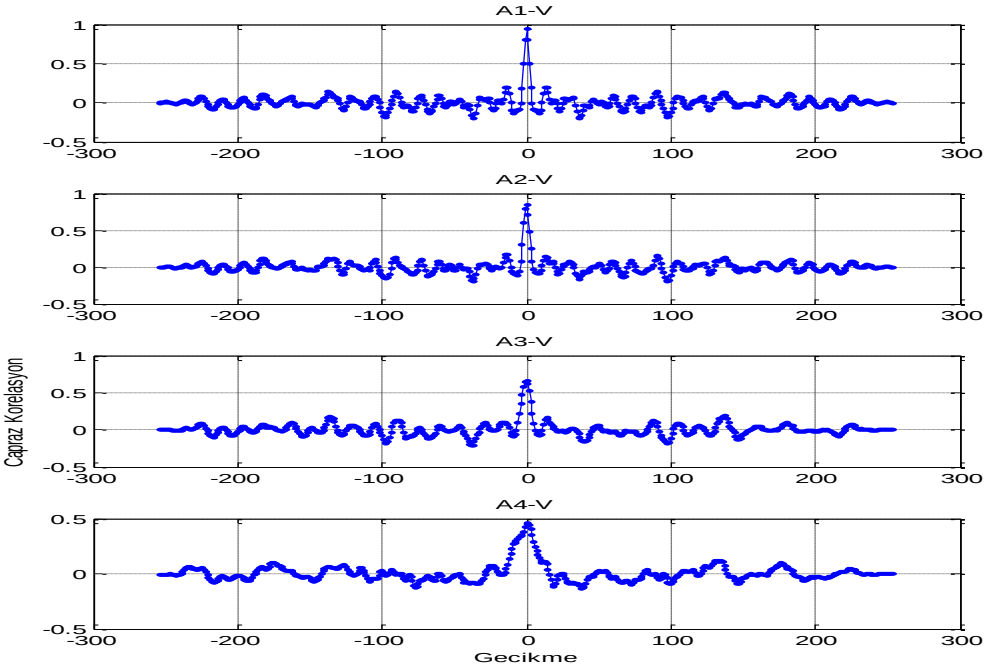
Şekil E.66: AKSI2 yükseklik (A1-A6)-V çapraz korelasyonlar.



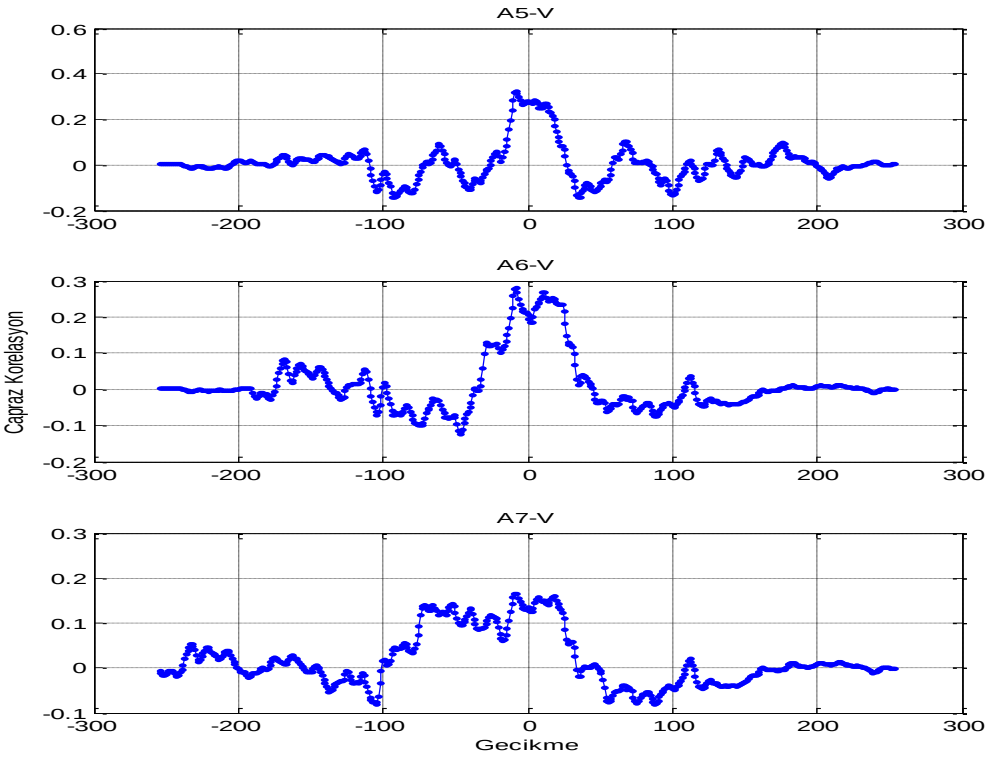
Şekil E.67: KNYA1 kuzey (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar.



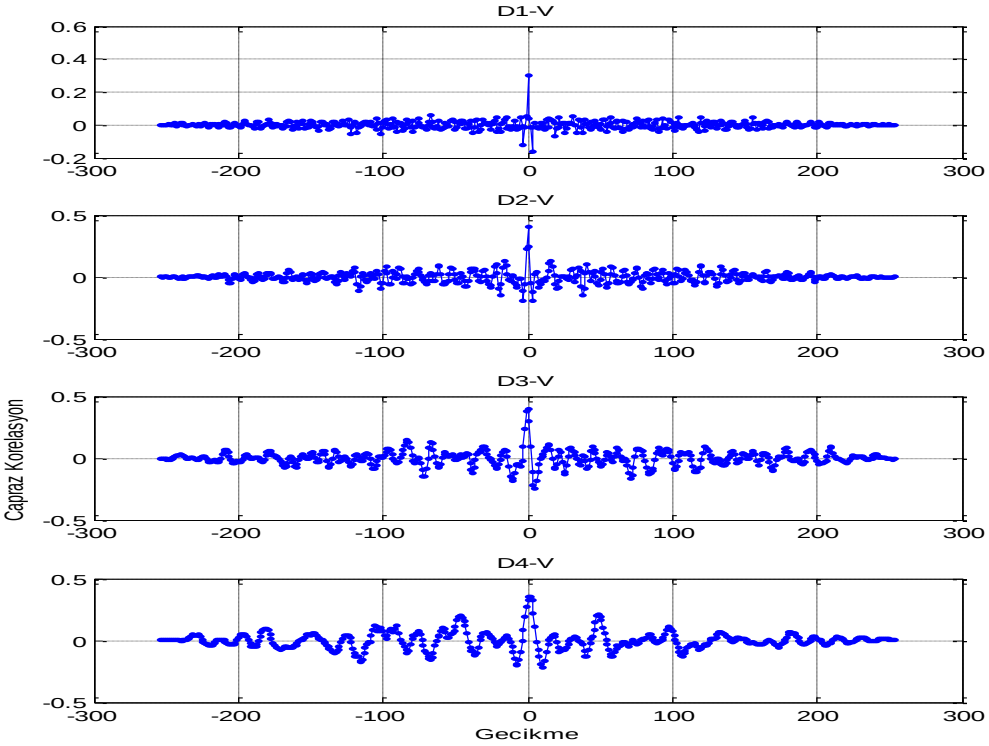
Şekil E.68: KNYA1 kuzey (D5-D7)-V çapraz korelasyonlar.



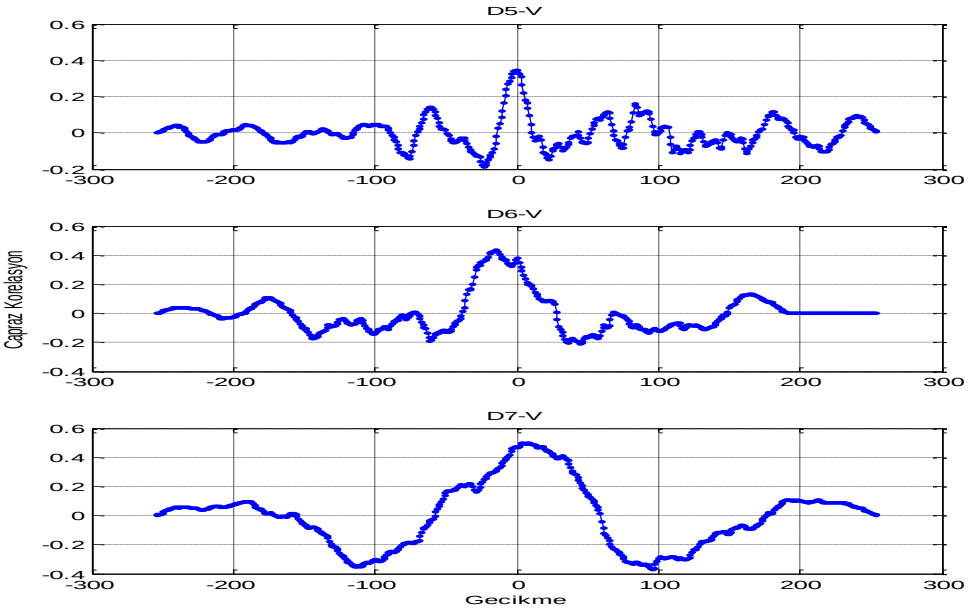
Şekil E.69: KNYA1 kuzey (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar.



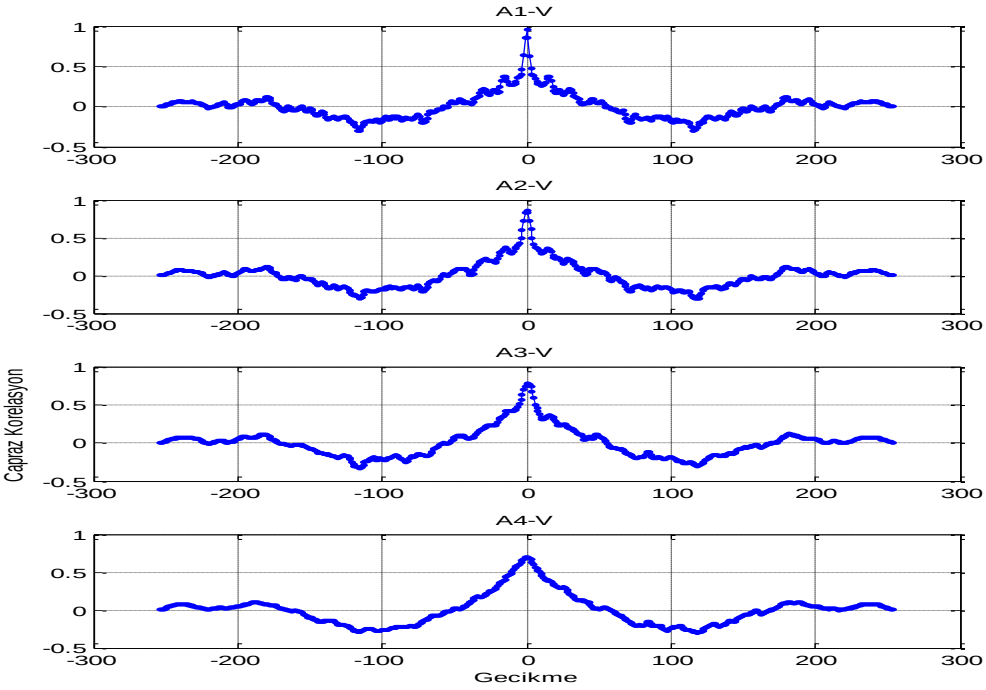
Şekil E.70: KNYA1 kuzey (A5-A7)-V çapraz korelasyonlar.



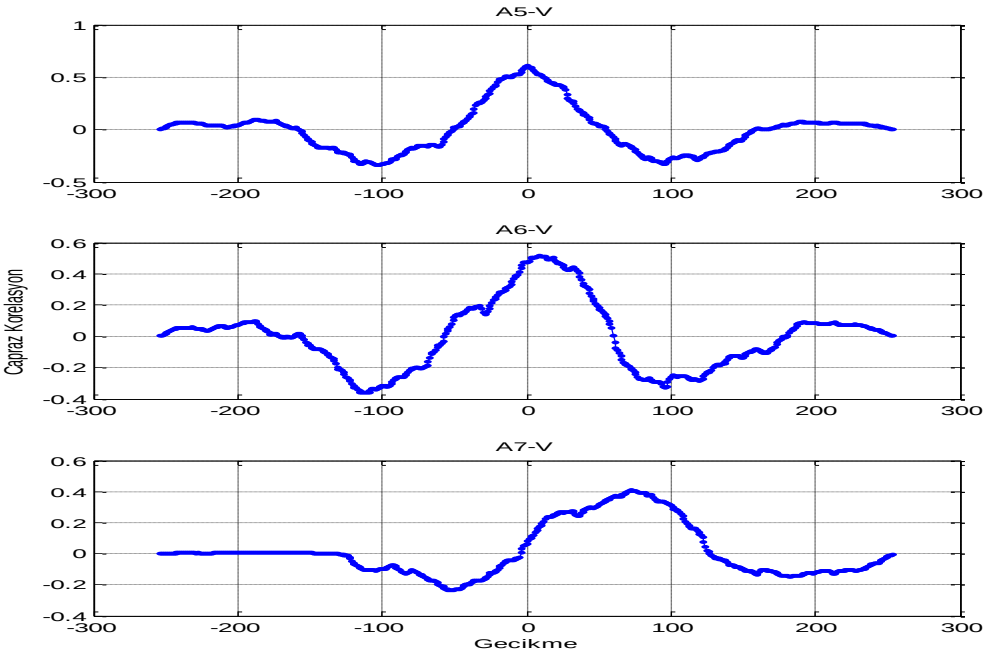
Şekil E.71: KNYA1 doğu (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar.



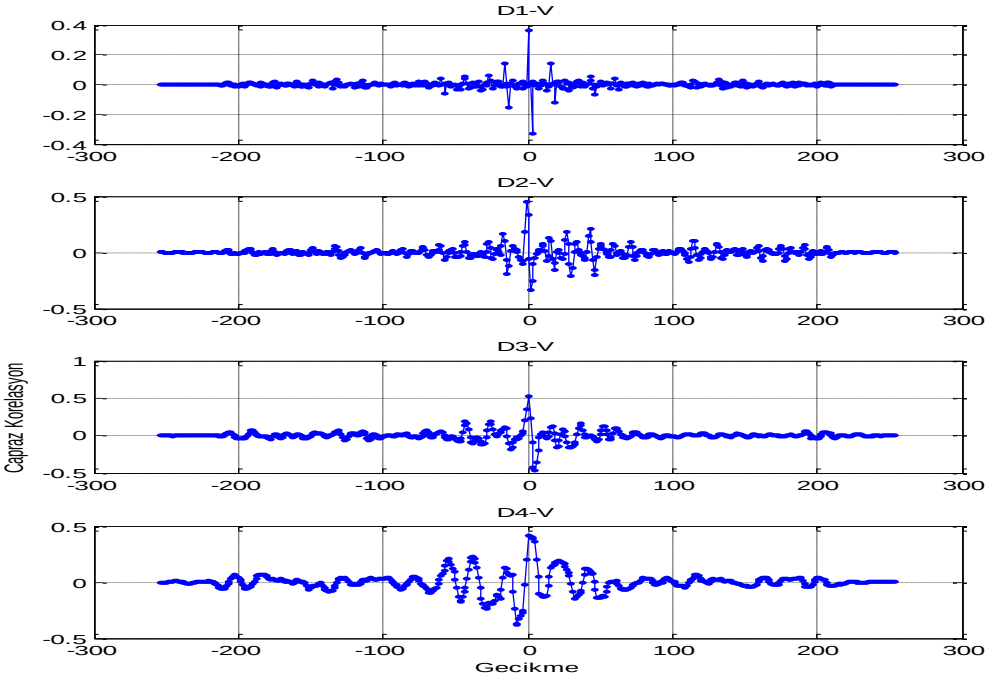
Şekil E.72: KNYA1 doğu (D5-D7)-V çapraz korelasyonlar.



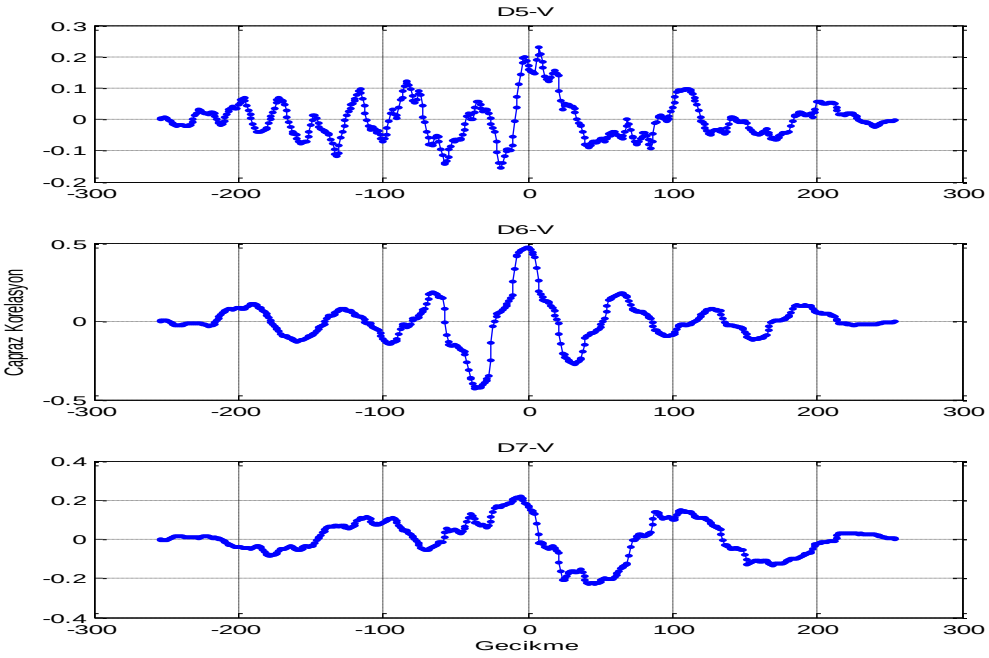
Şekil E.73: KNYA1 doğu (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar.



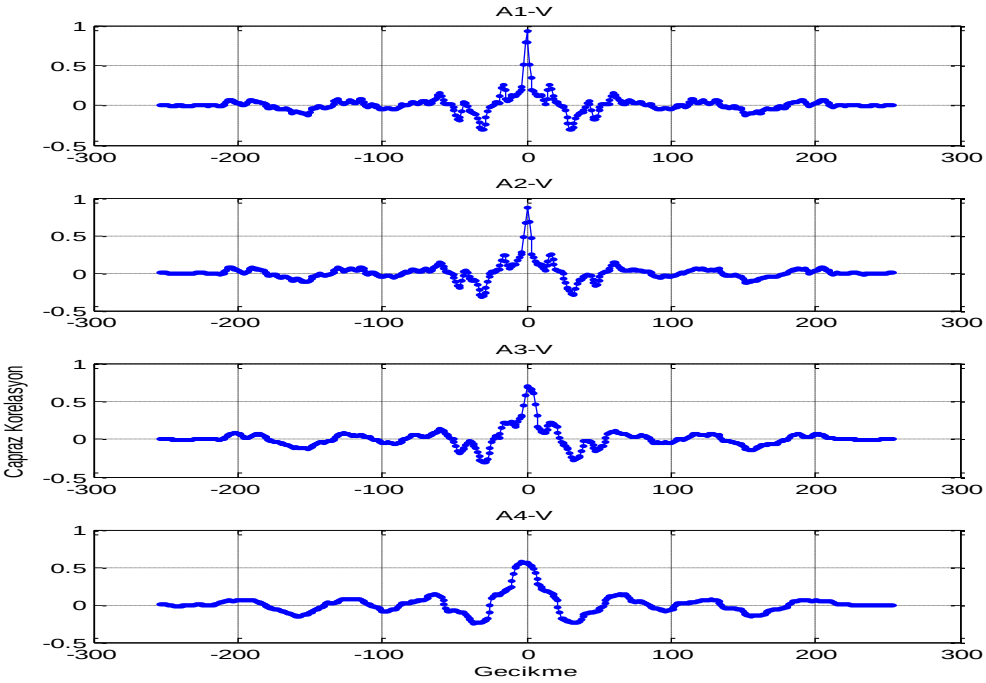
Şekil E.74: KNYA1 doğu (A5-A7)-V çapraz korelasyonlar.



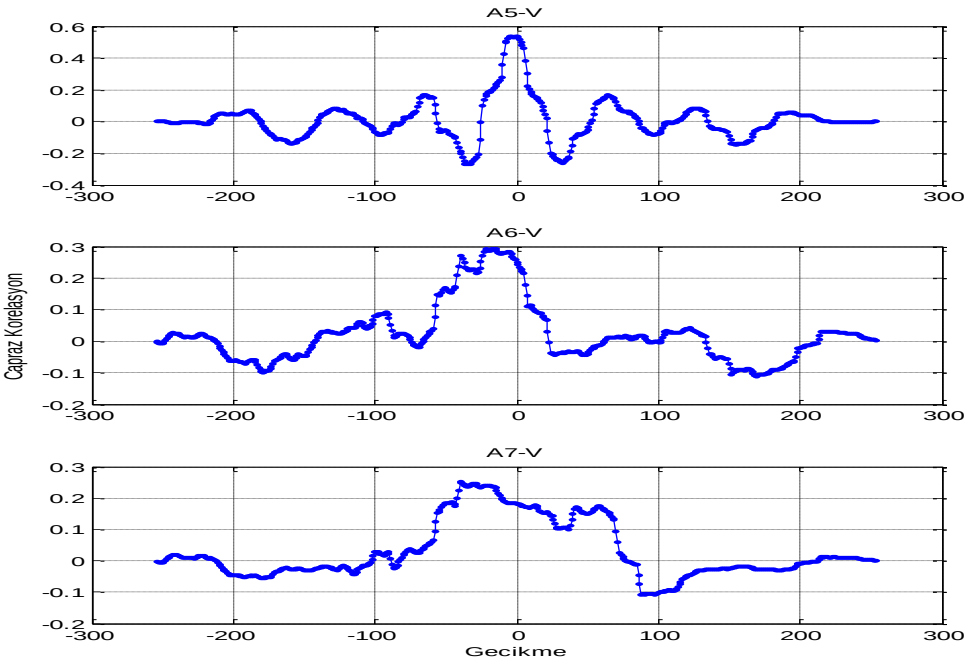
Şekil E.75: KNYA1 yükseklik (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar.



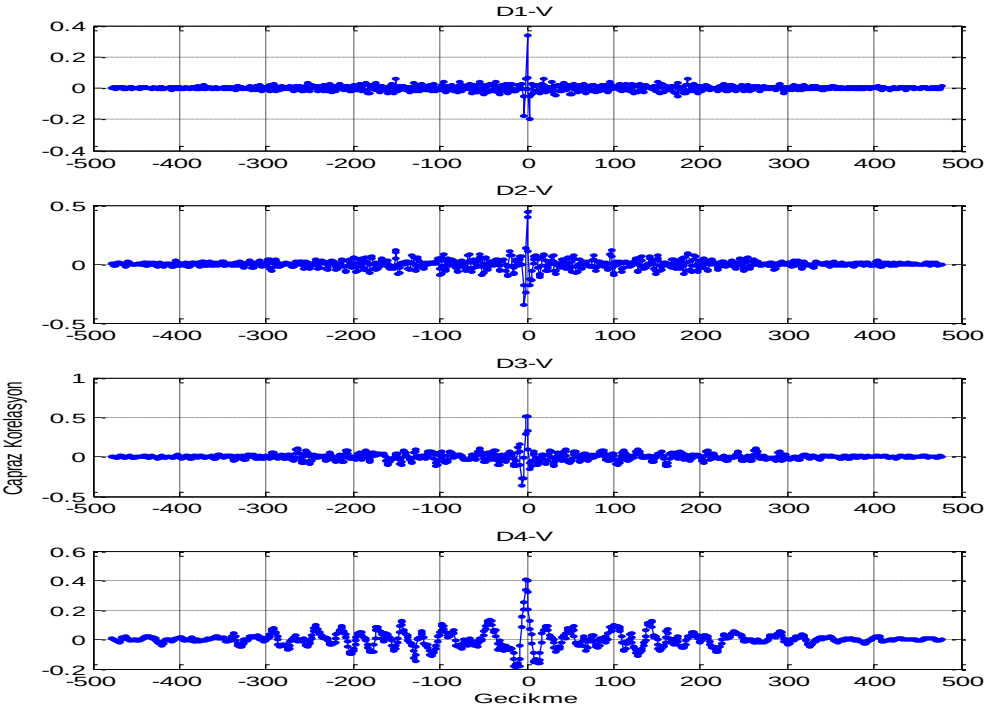
Şekil E.76: KNYA1 yükseklik (D5-D7)-V çapraz korelasyonlar.



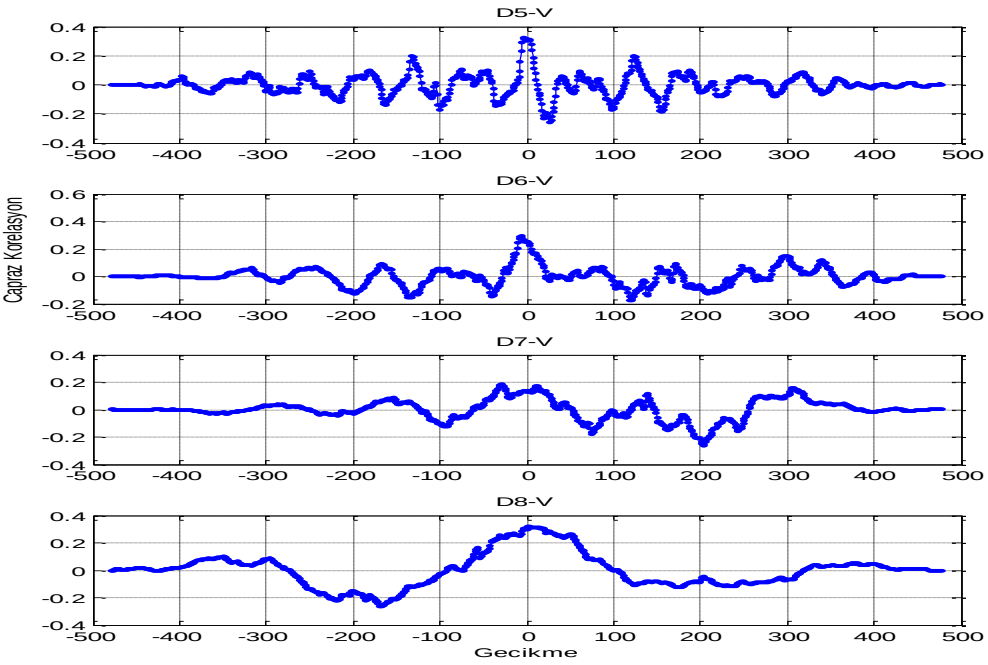
Şekil E.77: KNYA1 yükseklik (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar.



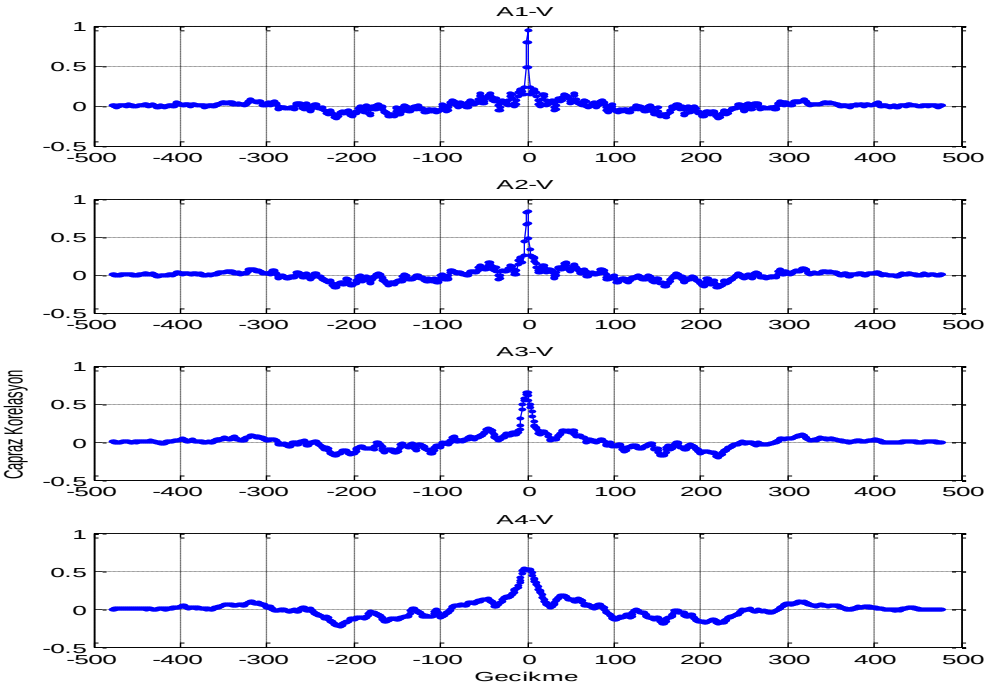
Şekil E.78: KNYA1 yükseklik (A5-A7)-V çapraz korelasyonlar.



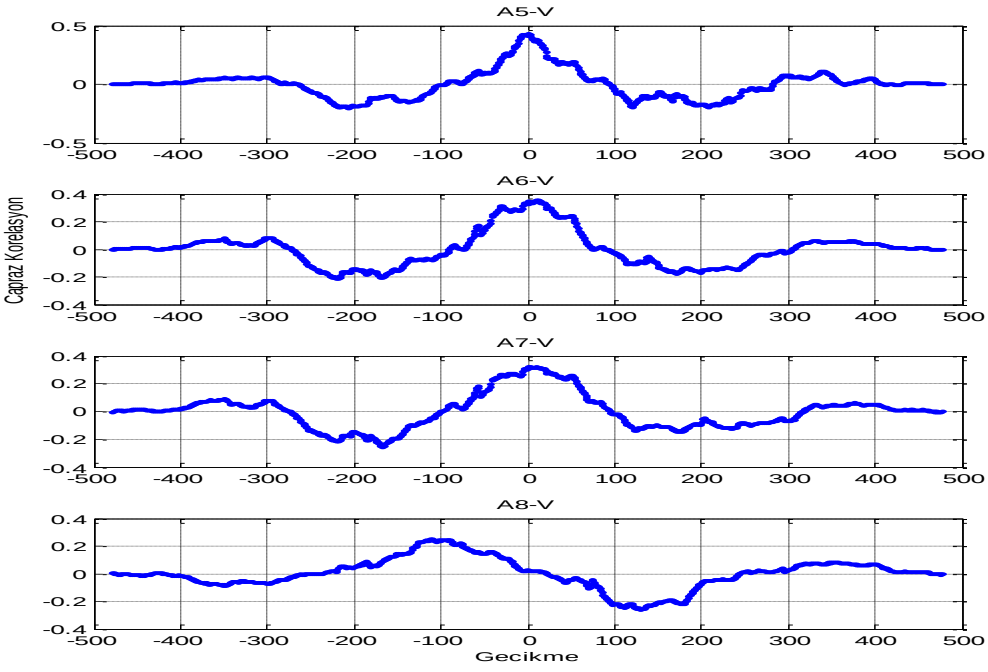
Şekil E.79: KNYA2 kuzey (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar.



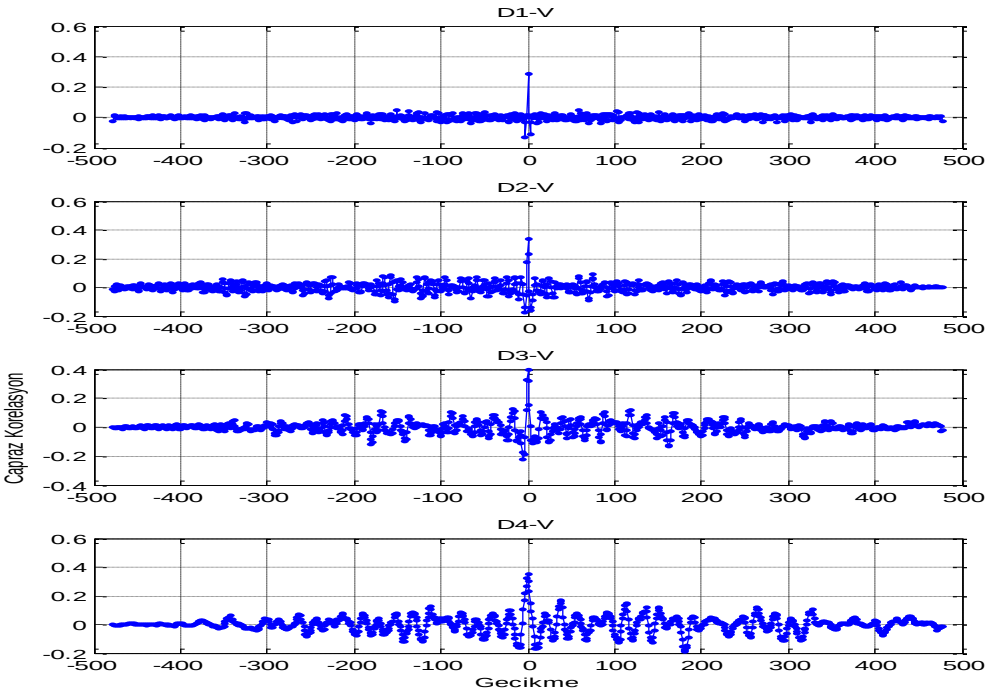
Şekil E.80: KNYA2 kuzey (D5-D8)-V çapraz korelasyonlar.



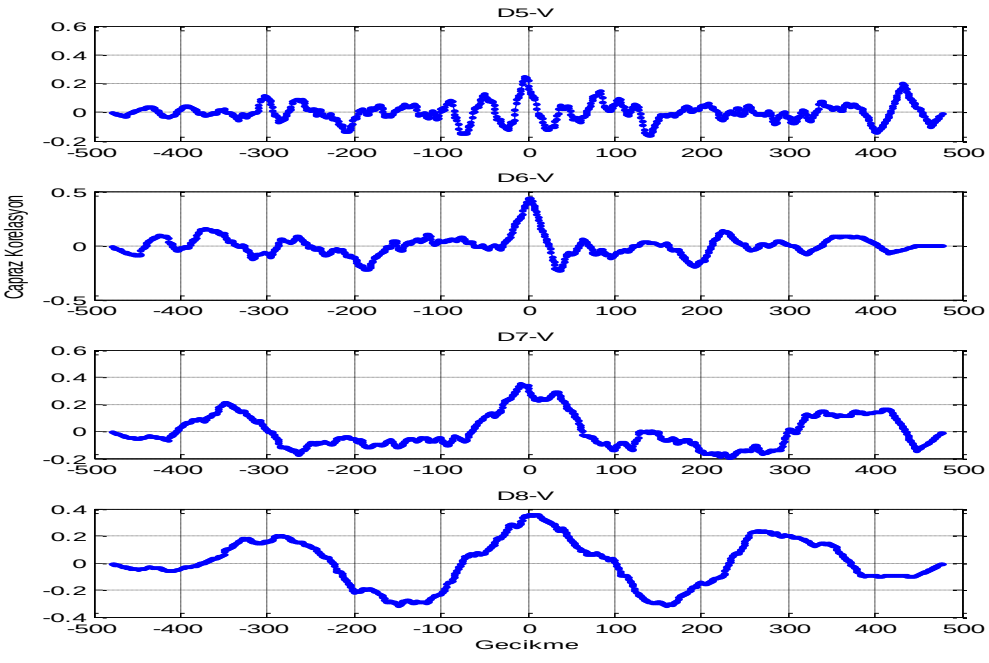
Şekil E.81: KNYA2 kuzey (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar.



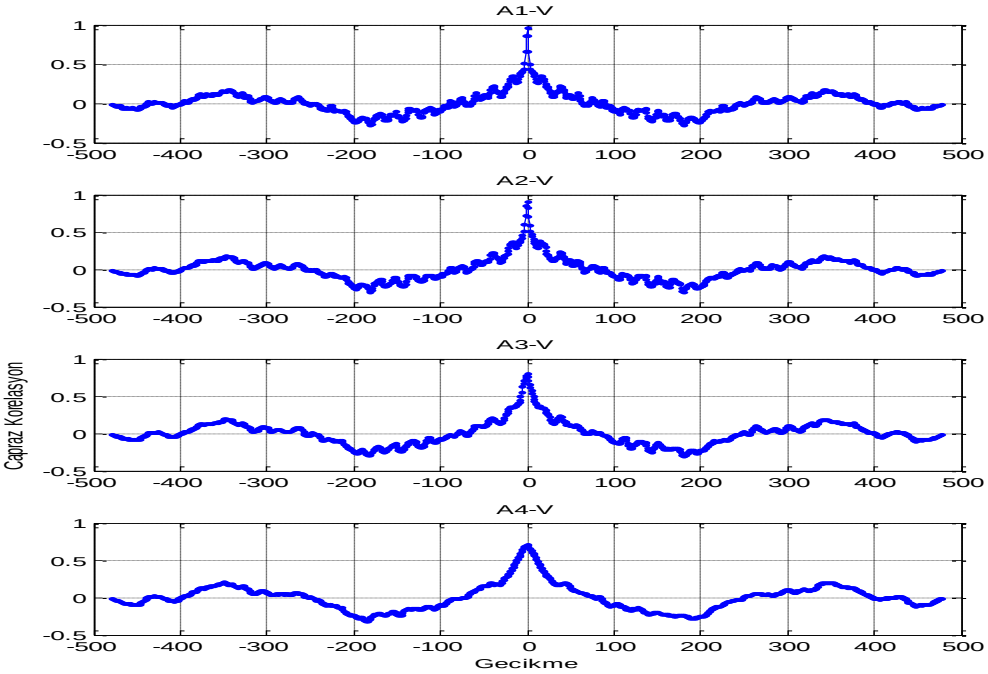
Şekil E.82: KNYA2 kuzey (A5-A8)-V çapraz korelasyonlar.



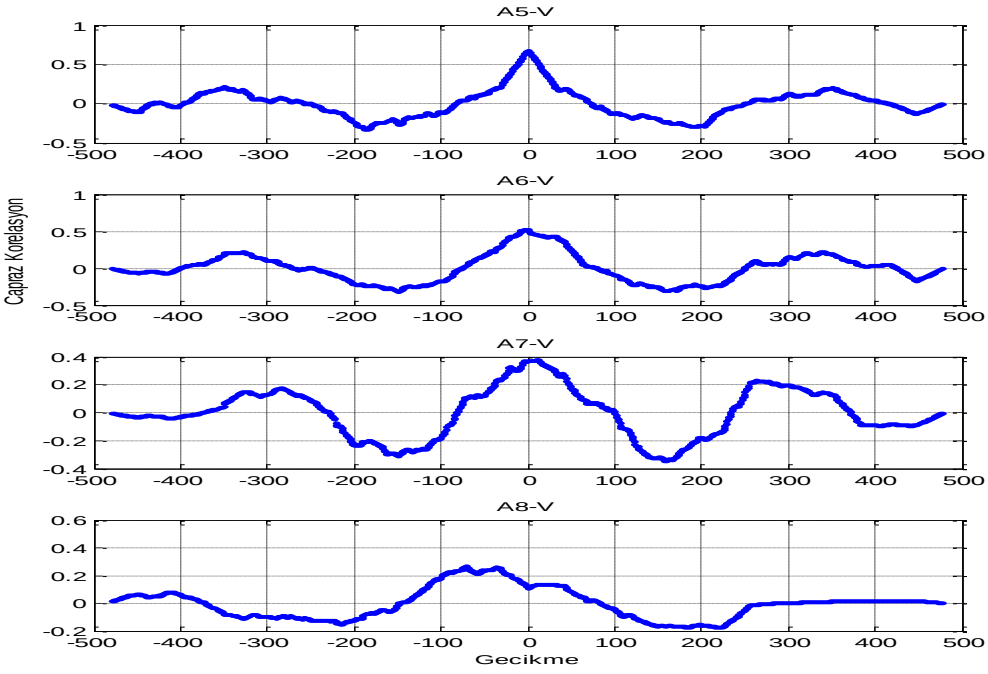
Şekil E.83: KNYA2 doğu (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar.



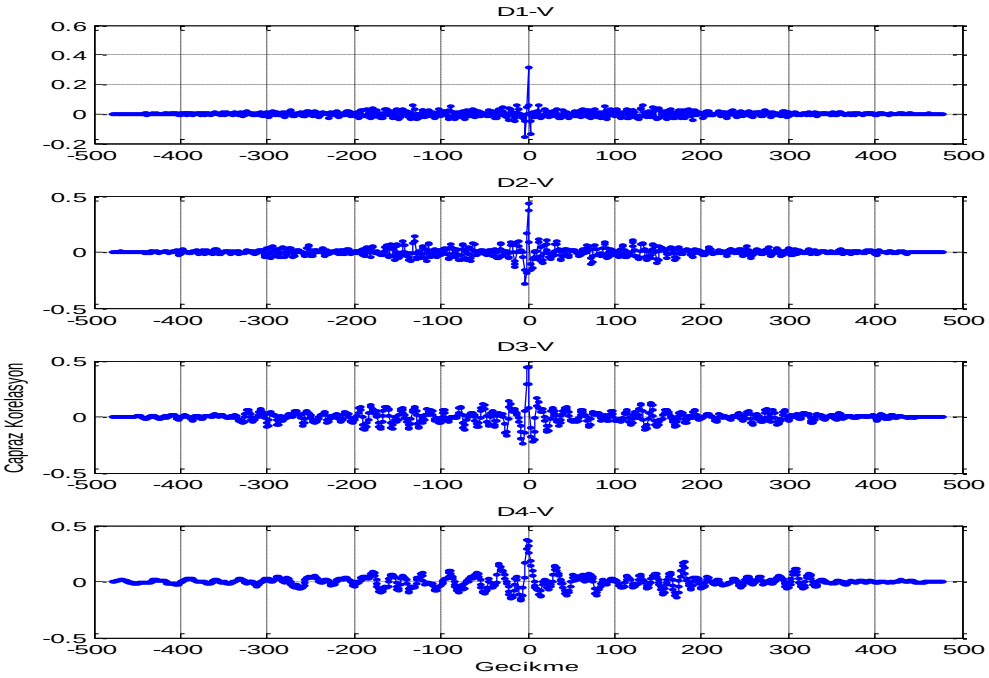
Şekil E.84: KNYA2 doğu (D5-D8)-V çapraz korelasyonlar.



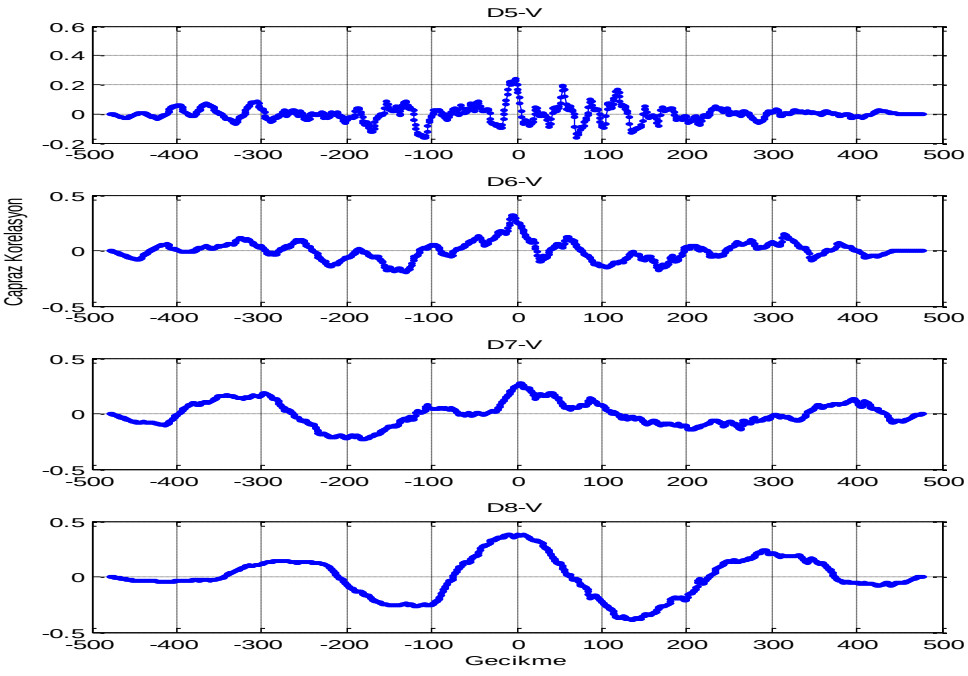
Şekil E.85: KNYA2 doğu (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar.



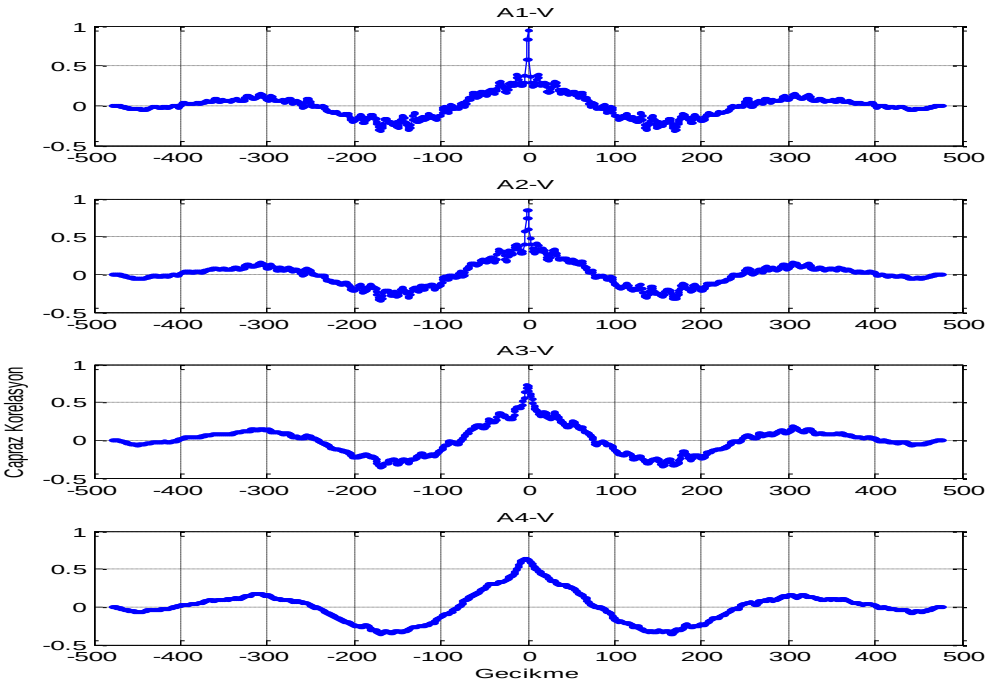
Şekil E.86: KNYA2 doğu (A5-A8)-V çapraz korelasyonlar.



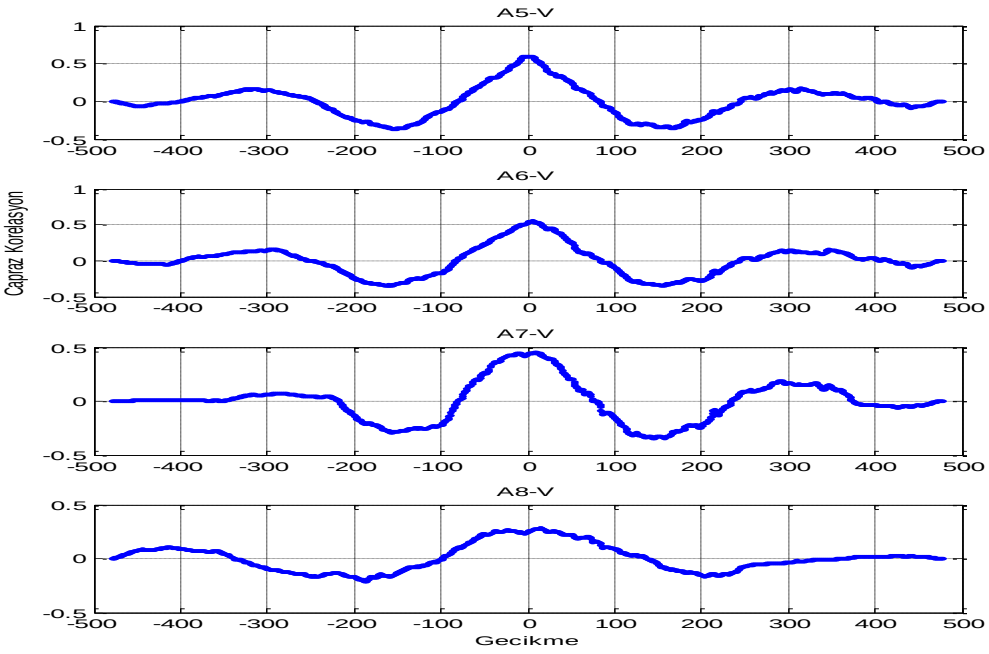
Şekil E.87: KNYA2 yükseklik (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar.



Şekil E.88: KNYA2 yükseklik (D1-D4)-V çapraz korelasyonlar.

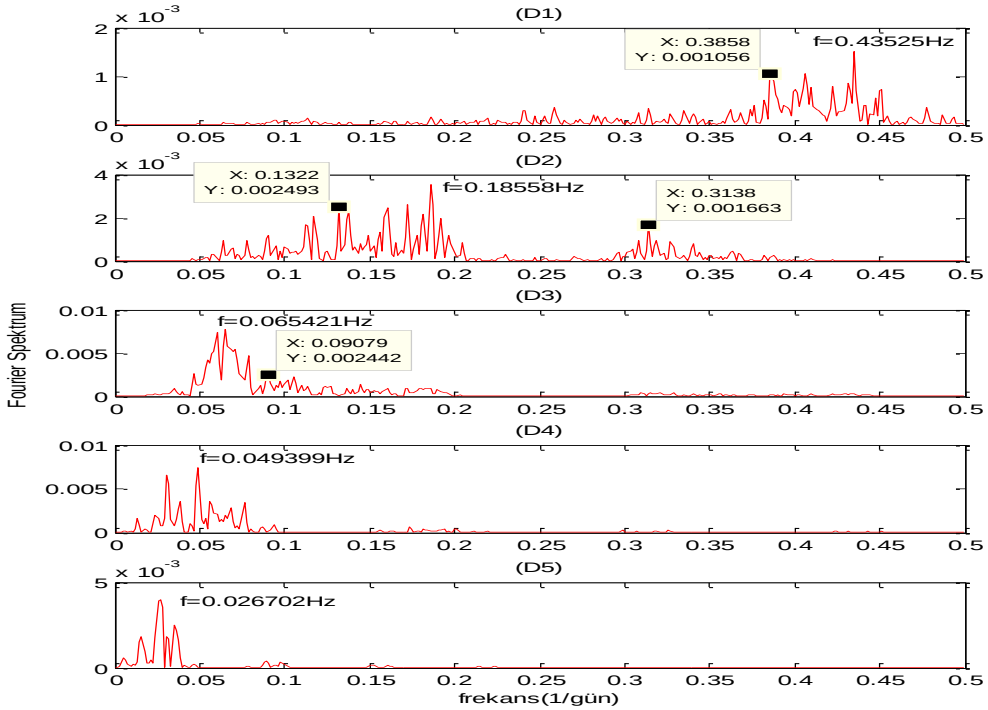


Şekil E.89: KNYA2 yükseklik (A1-A4)-V çapraz korelasyonlar.

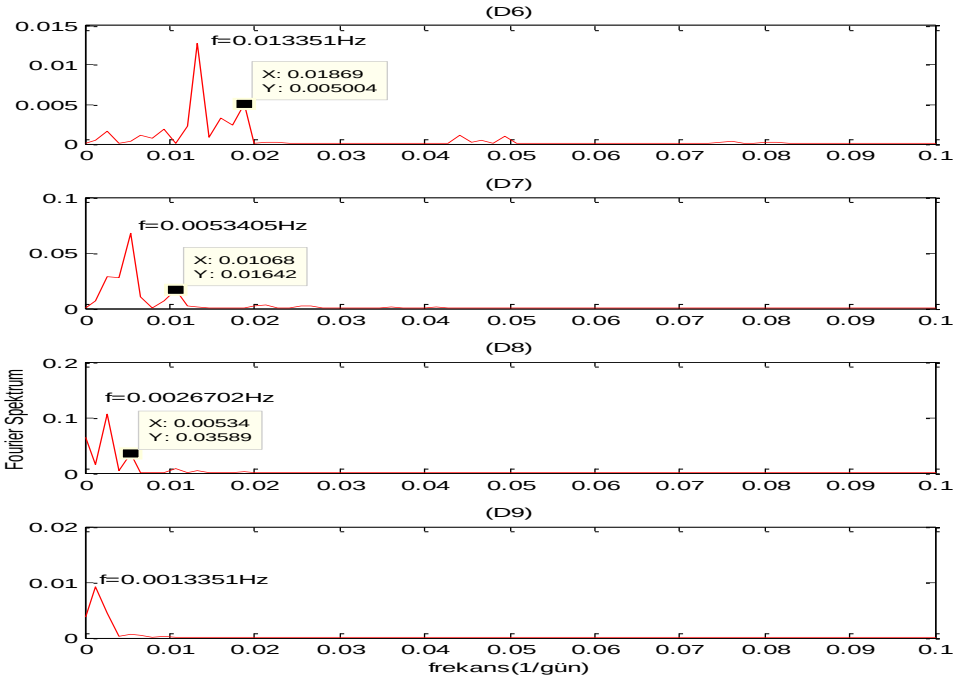


Şekil E.90: KNYA2 yükseklik (A5-A8)-V çapraz korelasyonlar.

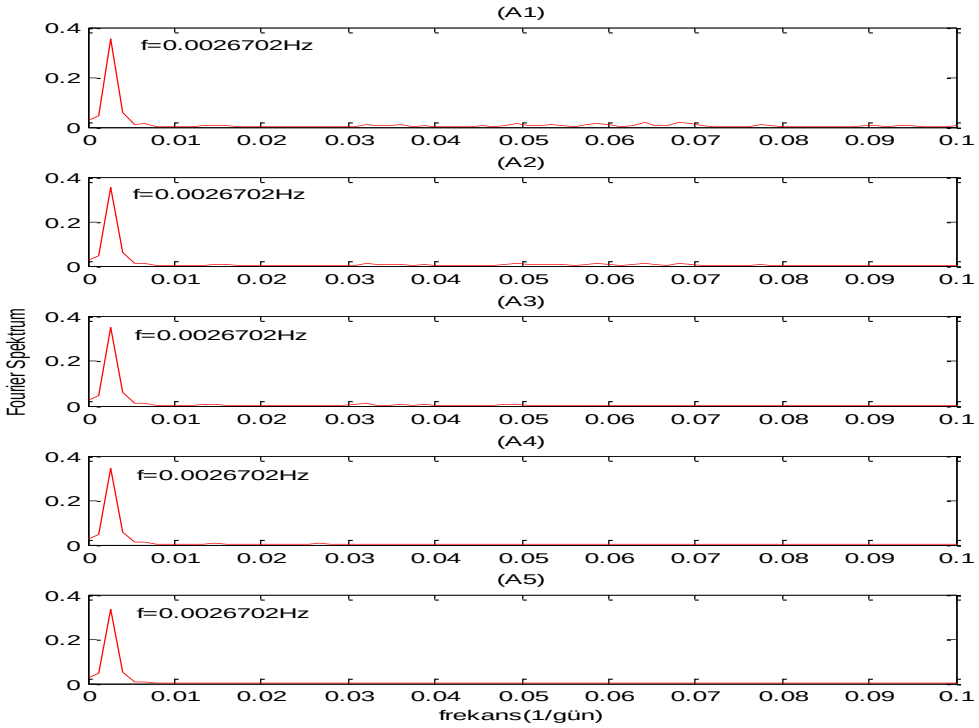
Ek.F Güç-Frekans grafikleri



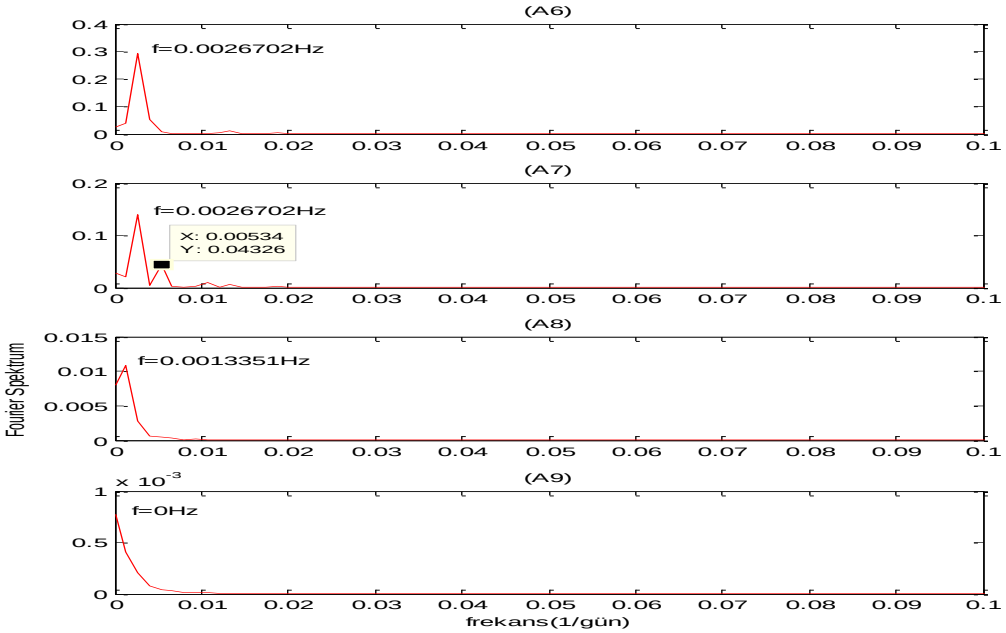
Şekil F.1: BEYS kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri.



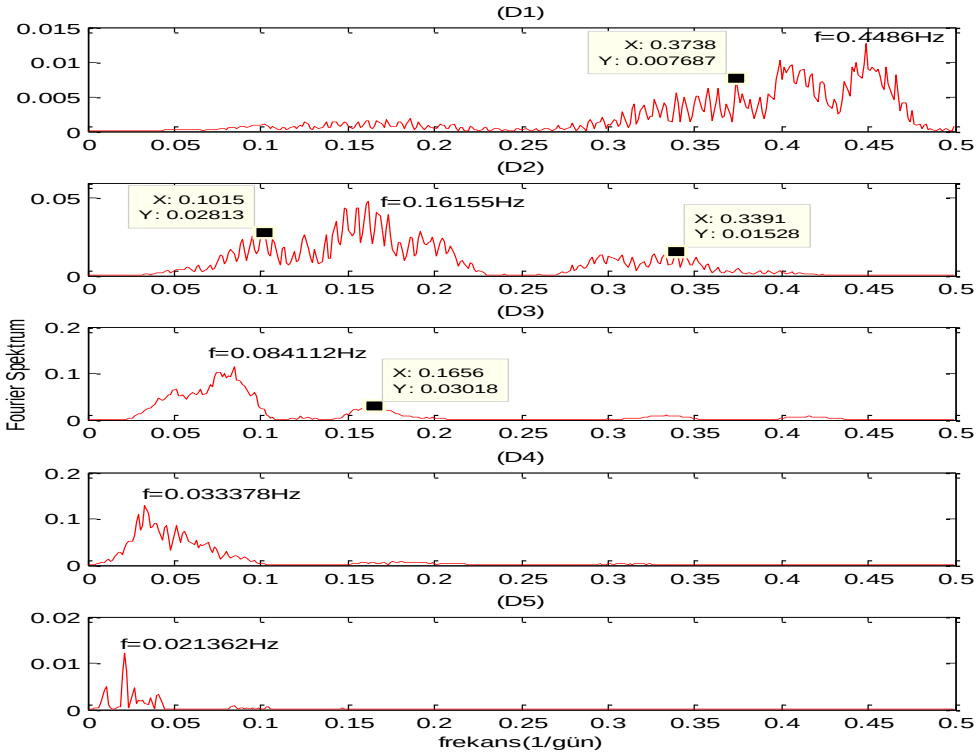
Şekil F.2: BEYS kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri.



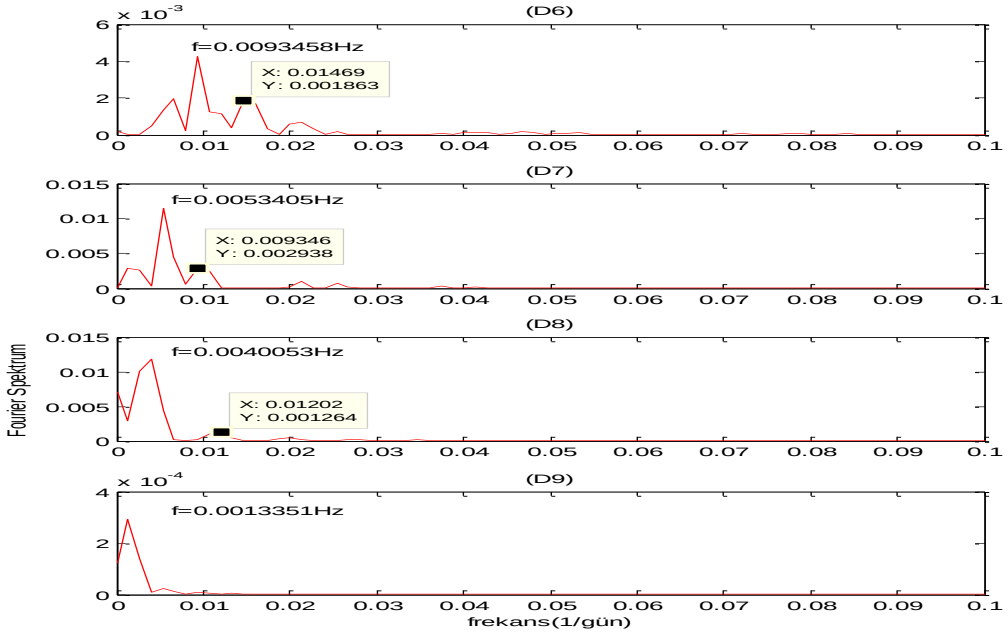
Şekil F.3: BEYS kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri.



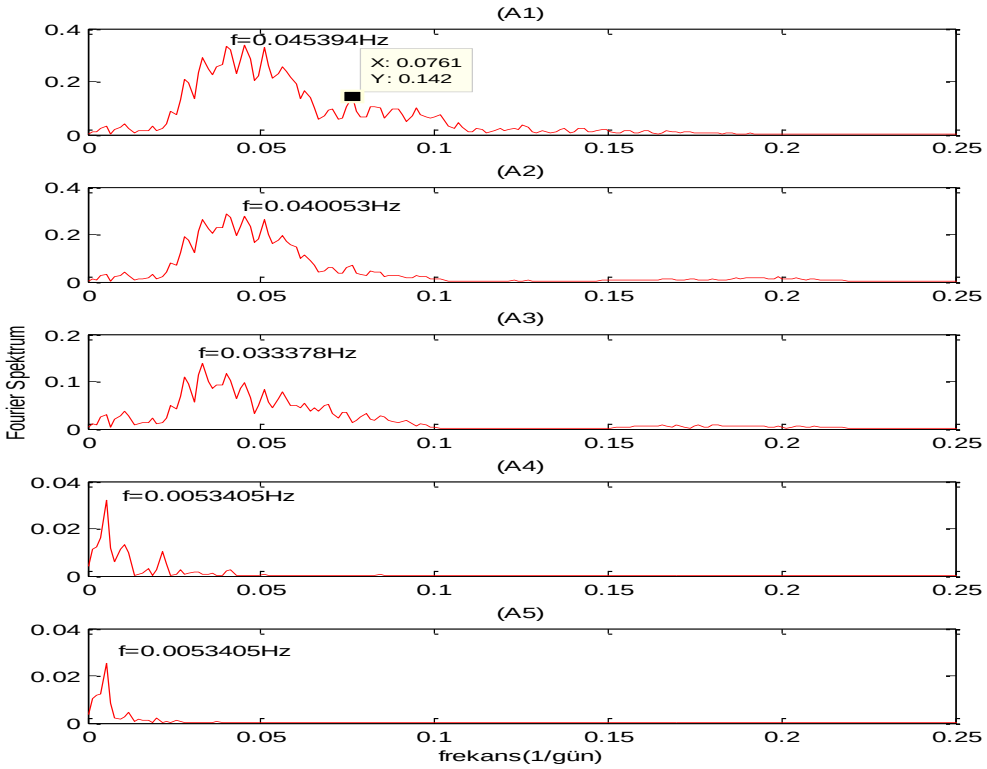
Şekil F.4: BEYS kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri.



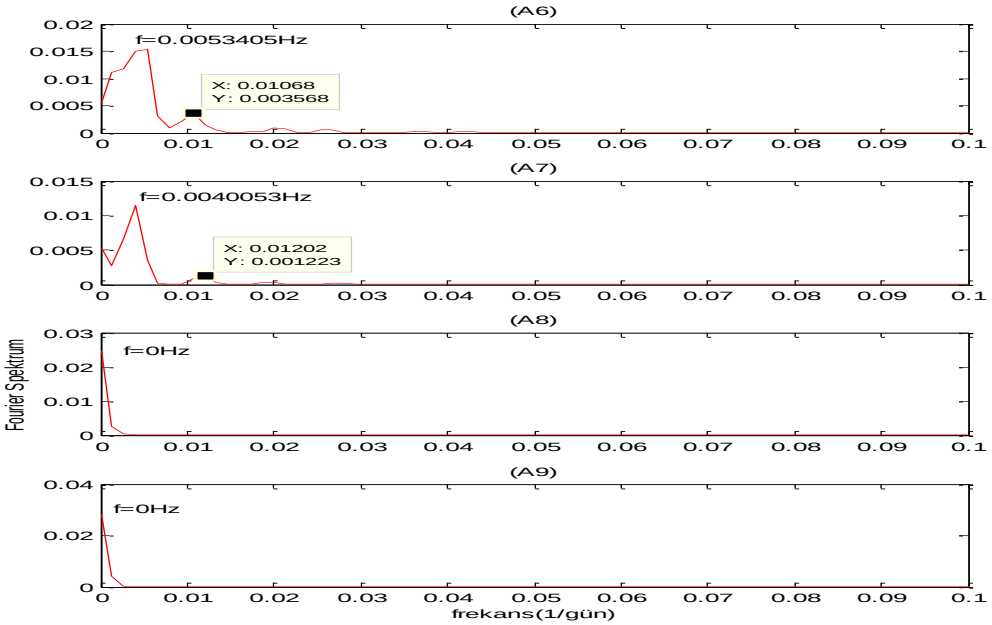
Şekil F.5: BEYS doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri.



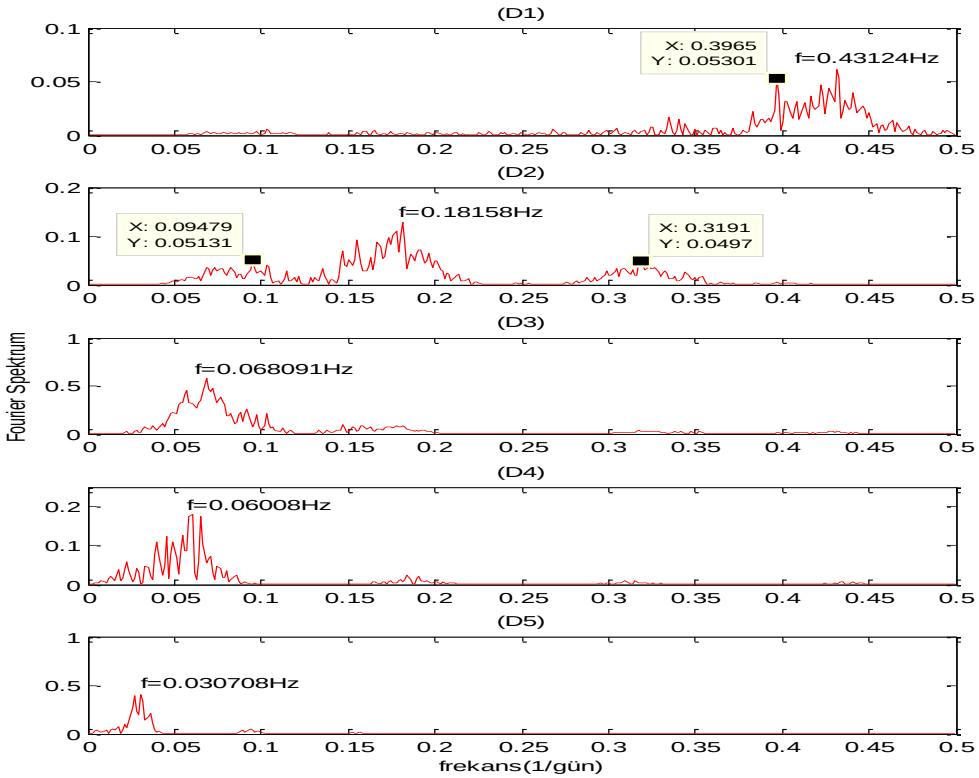
Şekil F.6: BEYS doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri.



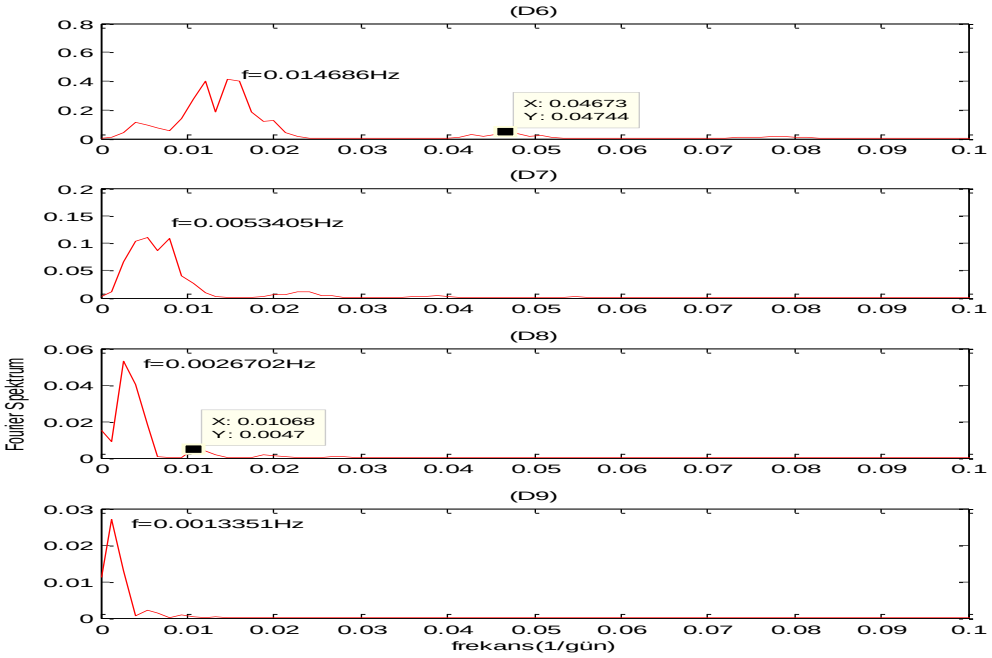
Şekil F.7: BEYS doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri.



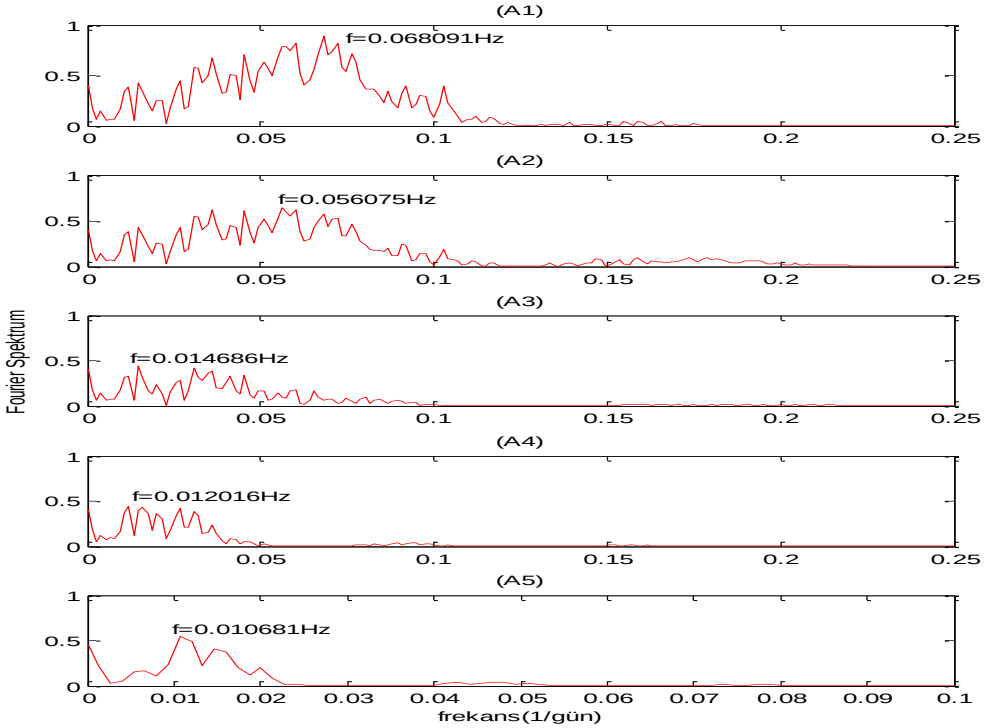
Şekil F.8: BEYS doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri.



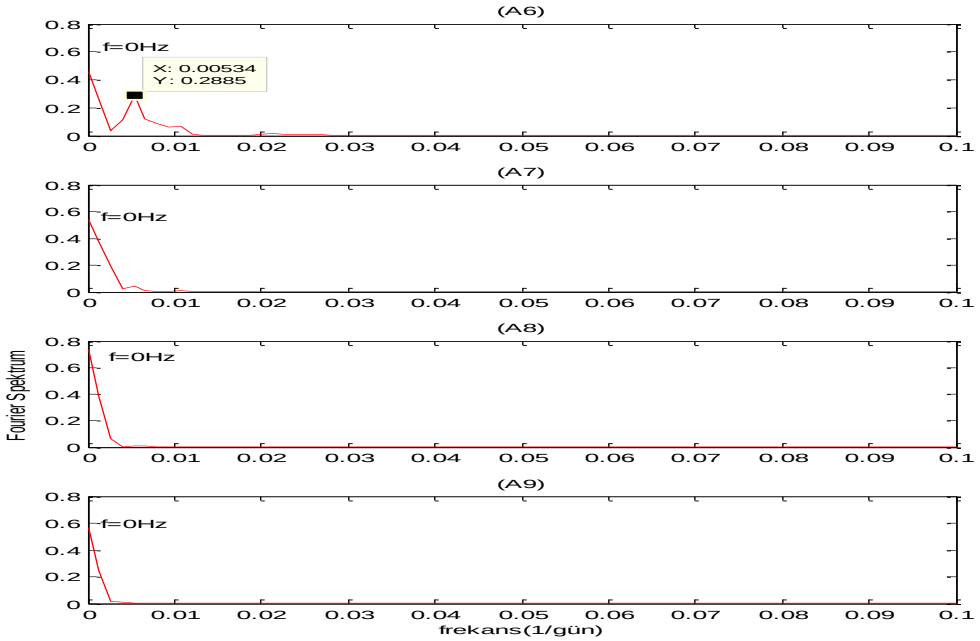
Şekil F.9: BEYS yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri.



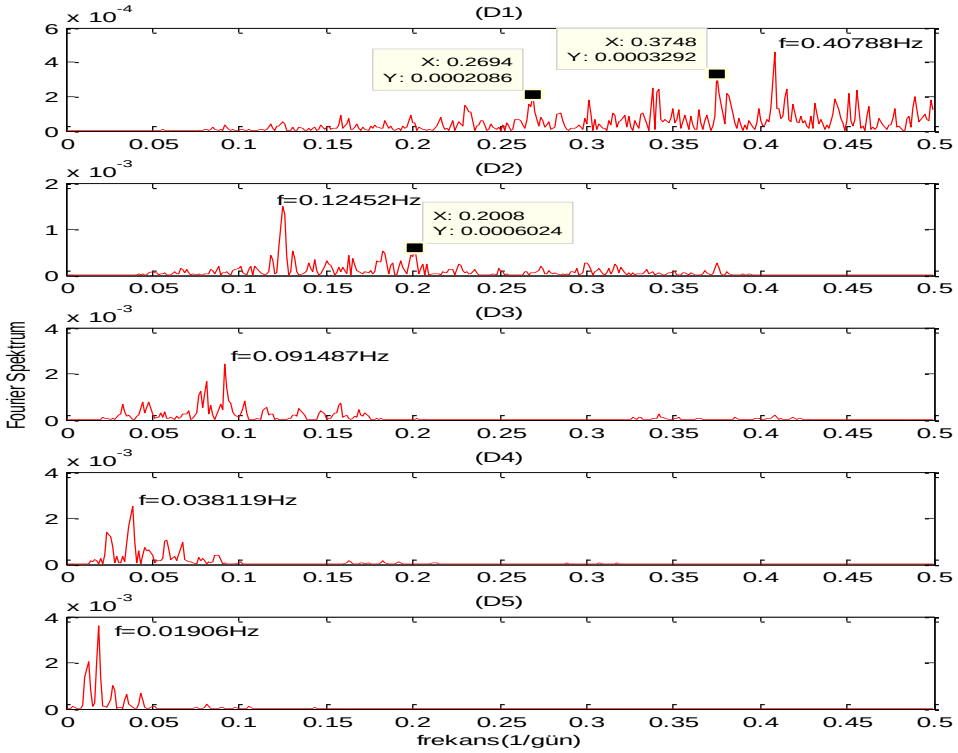
Şekil F.10: BEYS yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri.



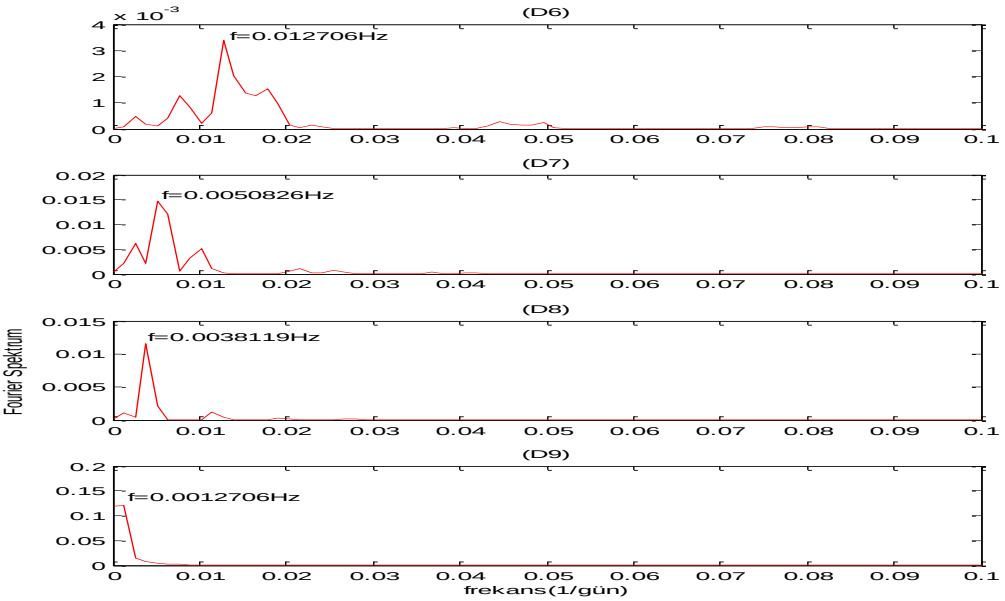
Şekil F.11: BEYS yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri.



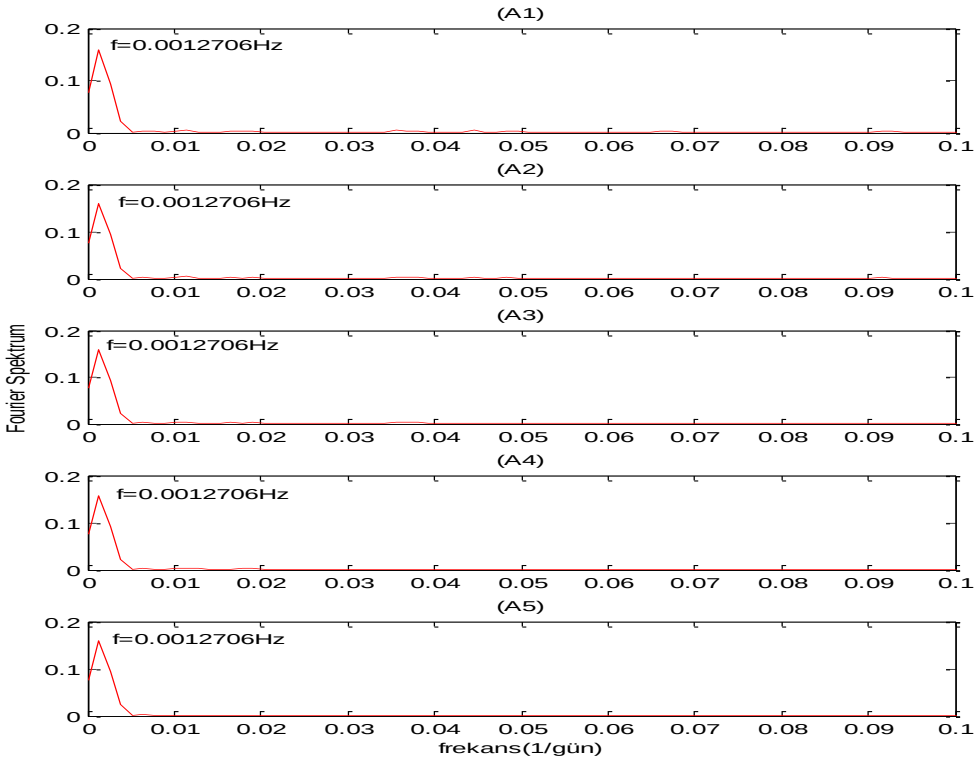
Şekil F.12: BEYS yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri.



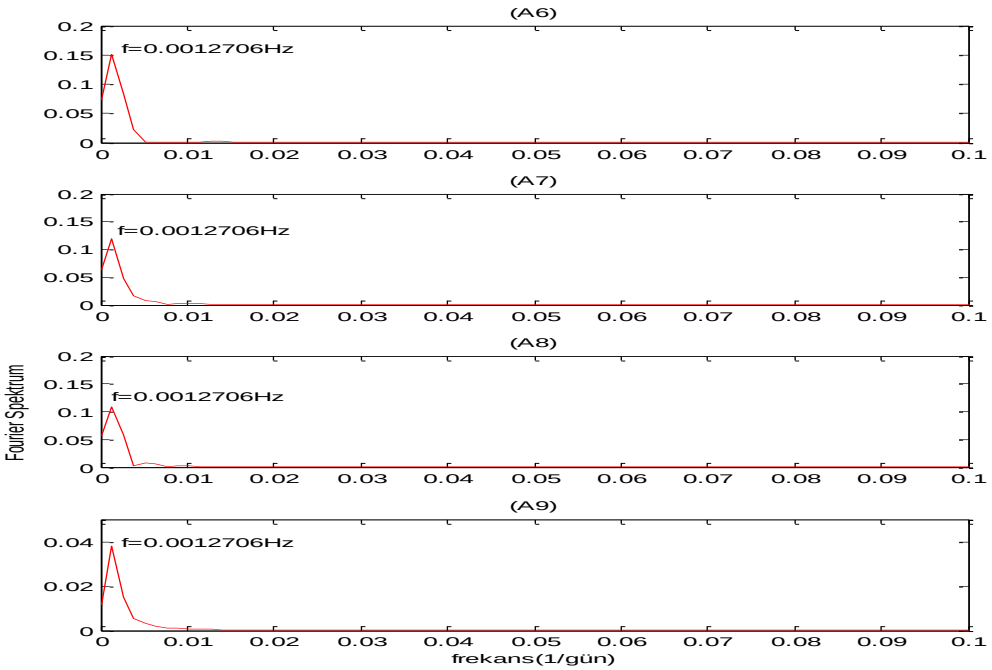
Şekil F.13: CIHA kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri.



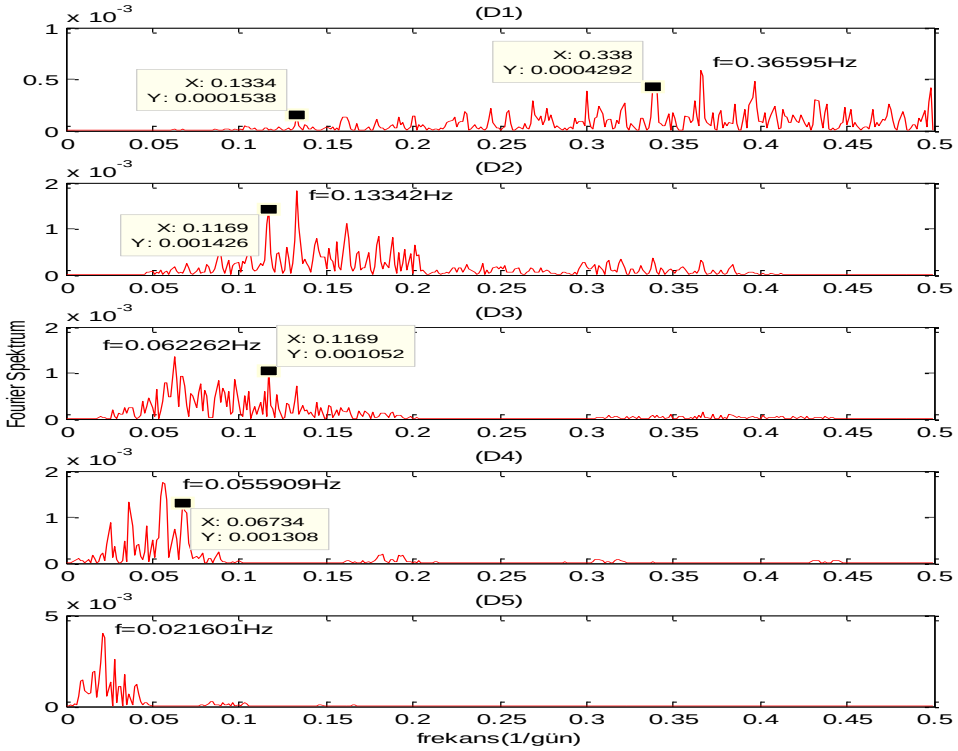
Şekil F.14: CIHA kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri.



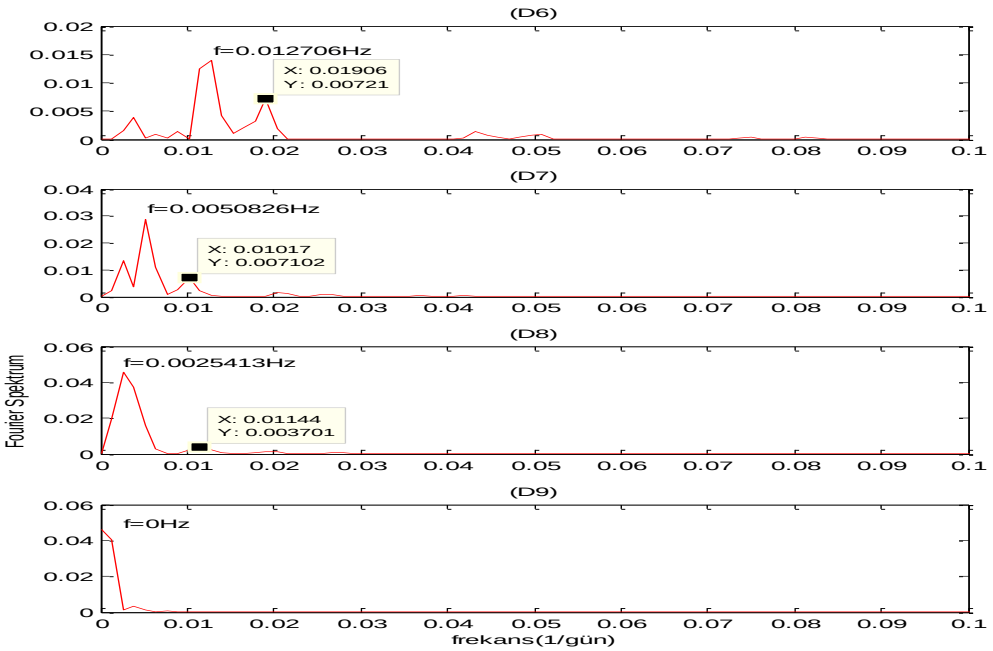
Şekil F.15: CIHA kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri.



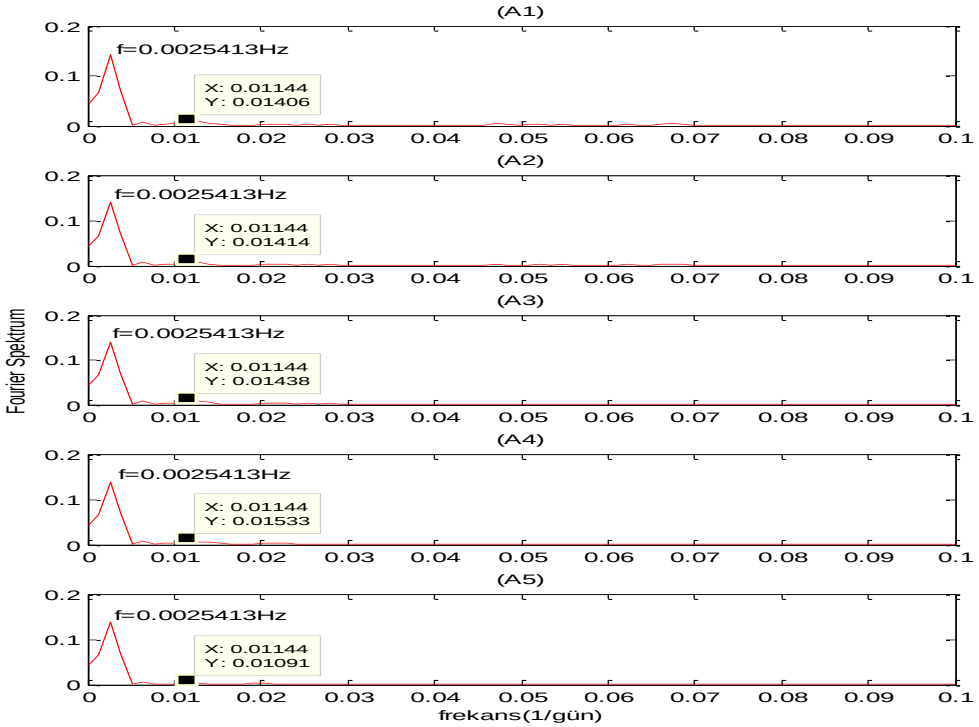
Şekil F.16: CIHA kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri.



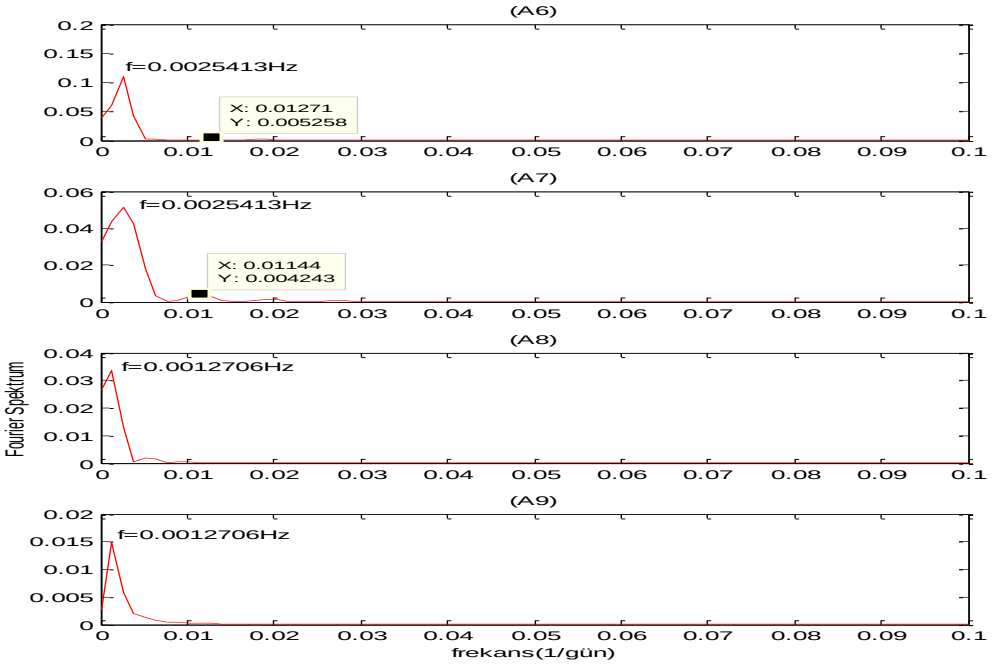
Şekil F.17: CIHA doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri.



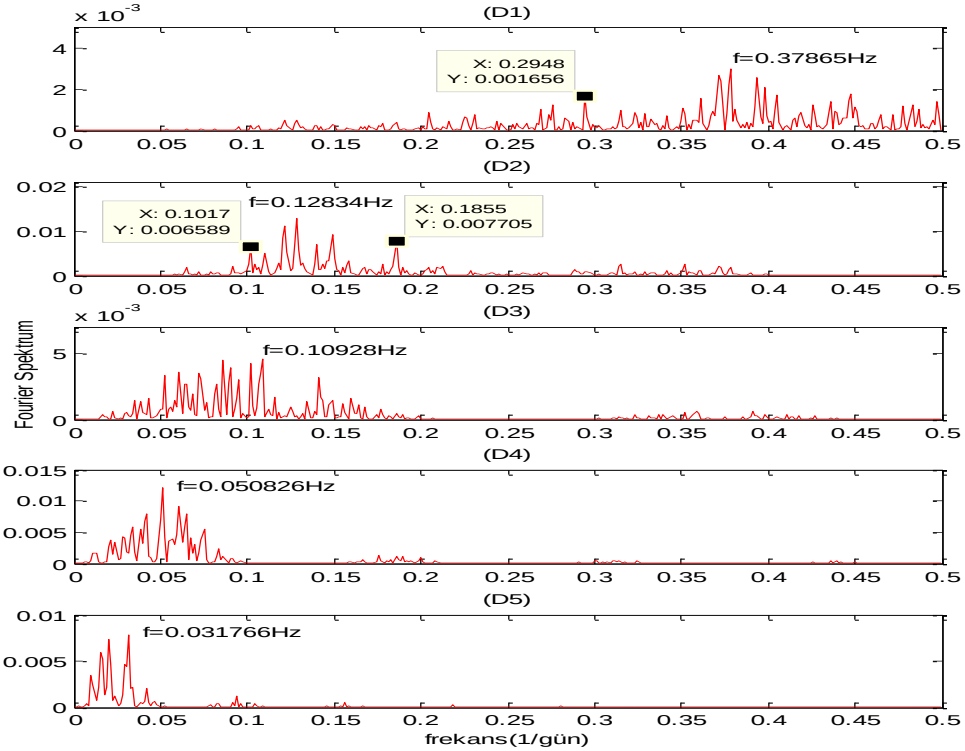
Şekil F.18: CIHA doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri.



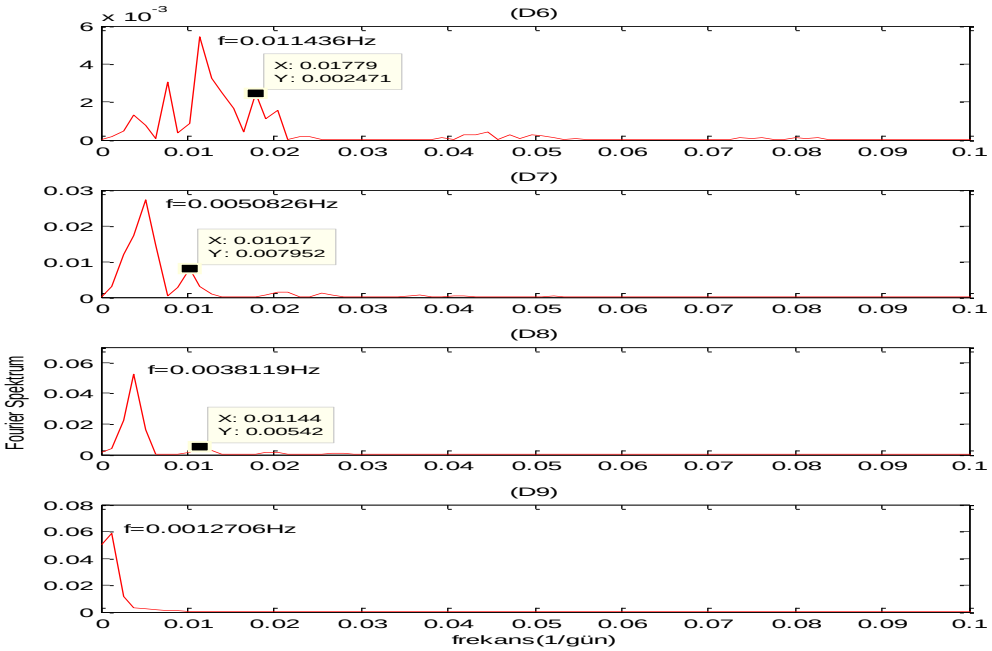
Şekil F.19: CIHA doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri.



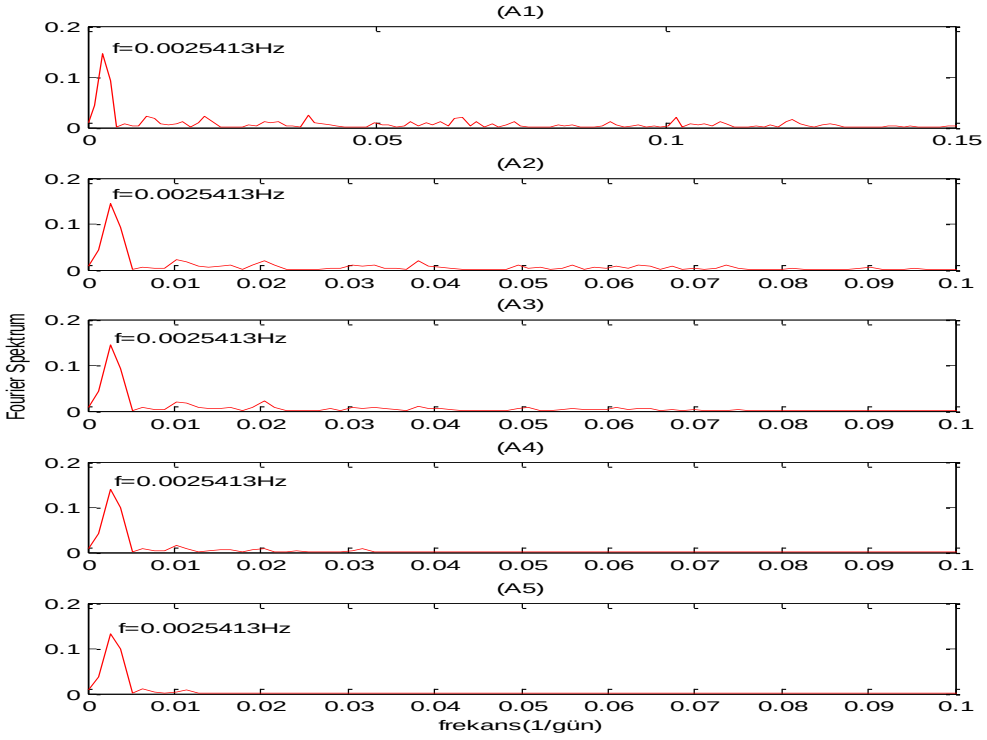
Şekil F.20: CIHA doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri.



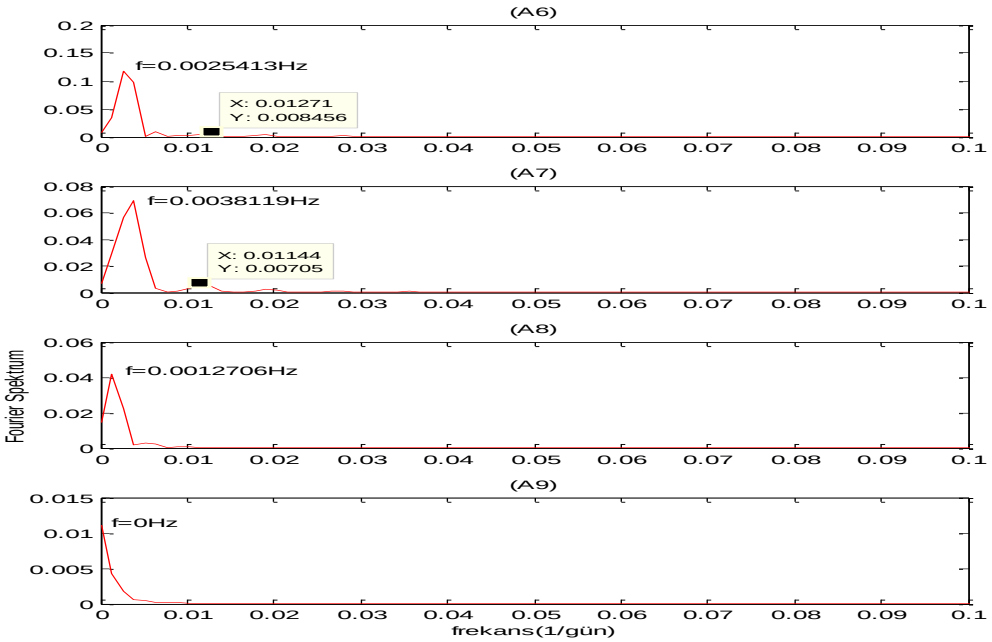
Şekil F.21: CIHA yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri.



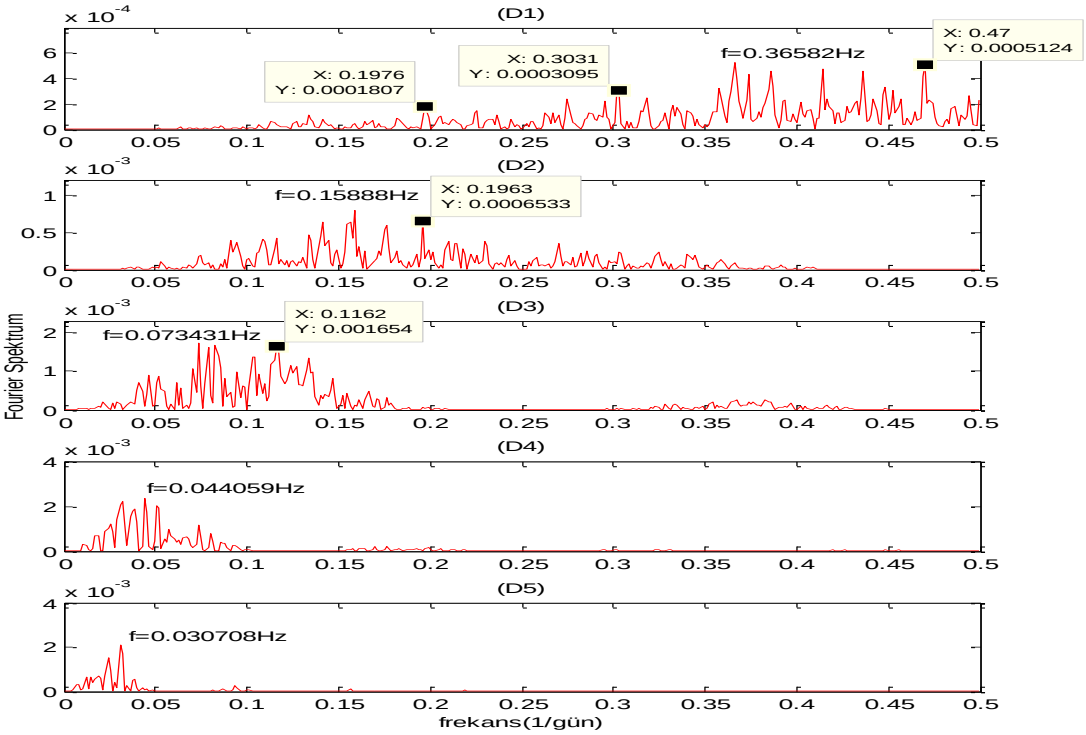
Şekil F.22: CIHA yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri.



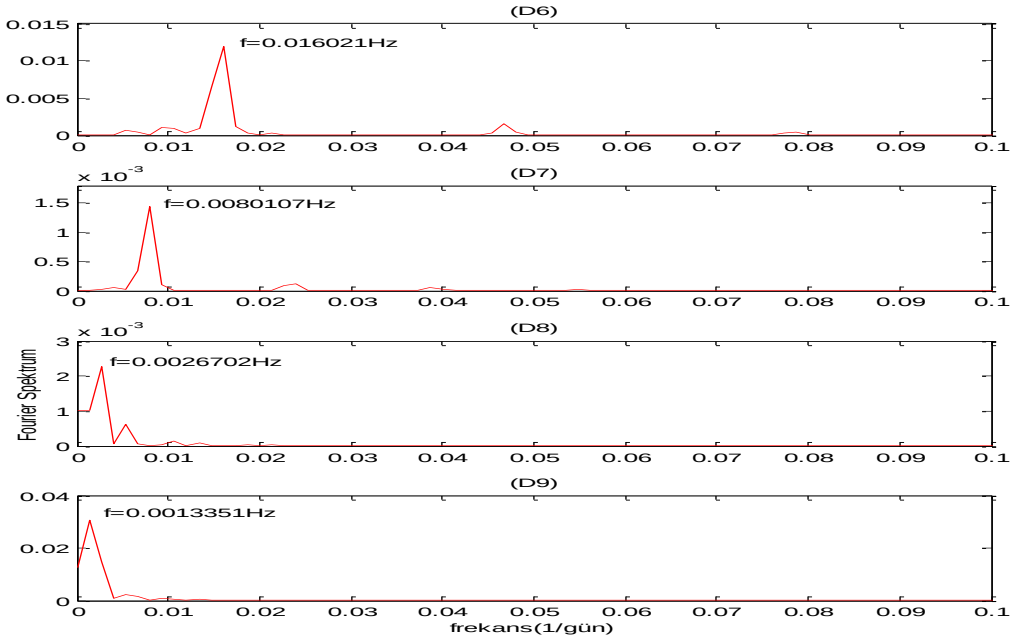
Şekil F.23: CIHA yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri.



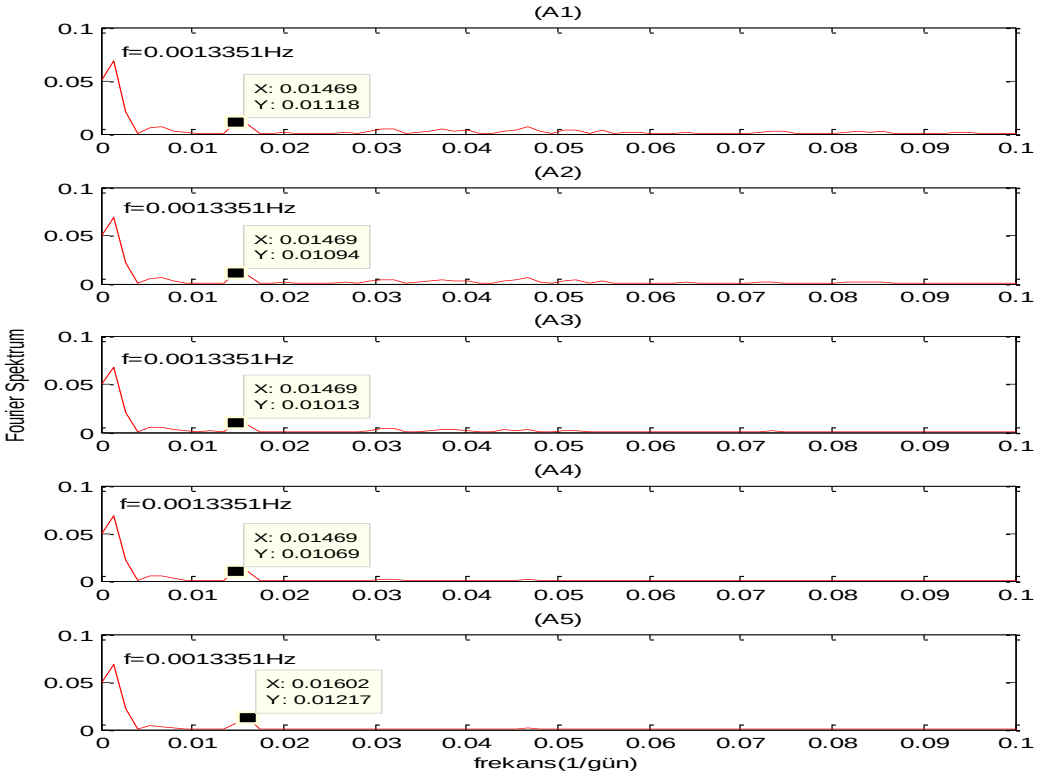
Şekil F.24: CIHA yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri.



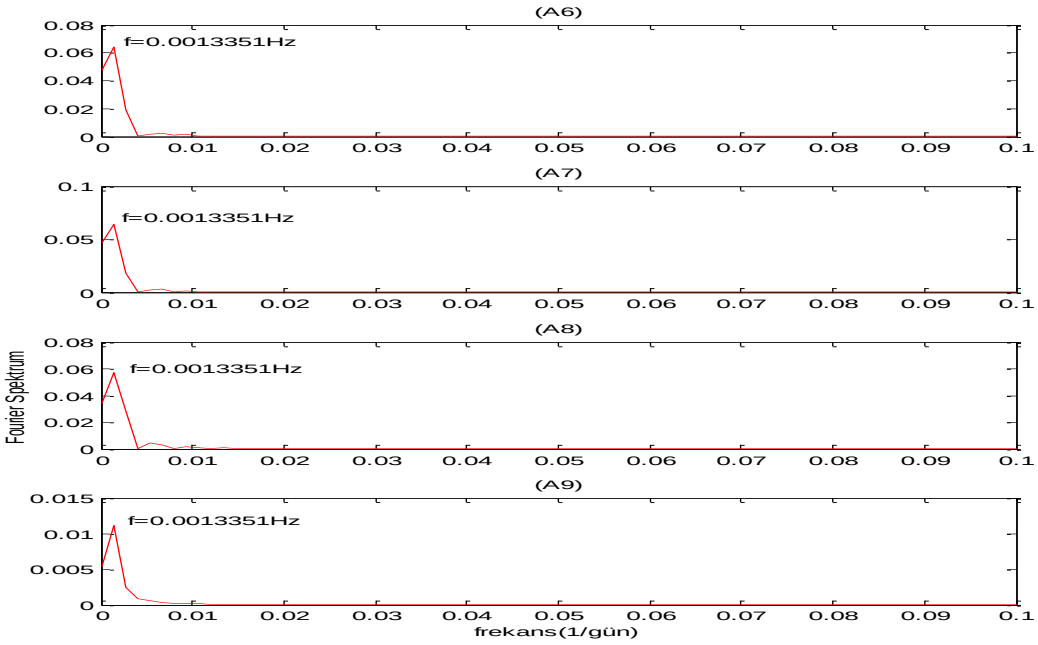
Şekil F.25: KAMN kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri.



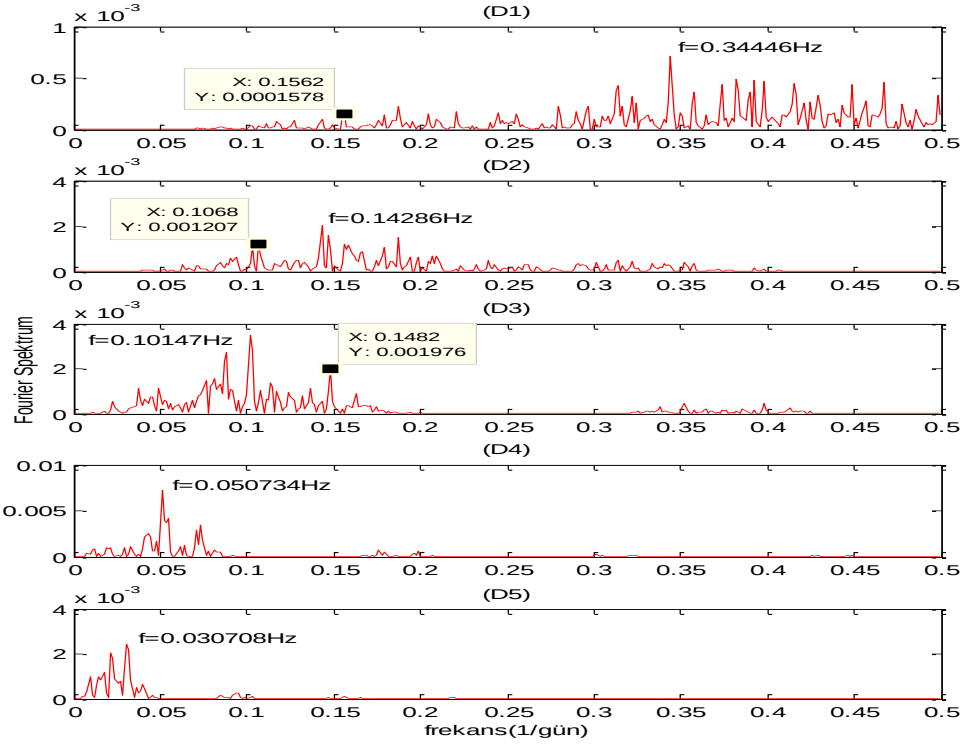
Şekil F.26: KAMN kuzey D6-95 güç-frekans değişimleri.



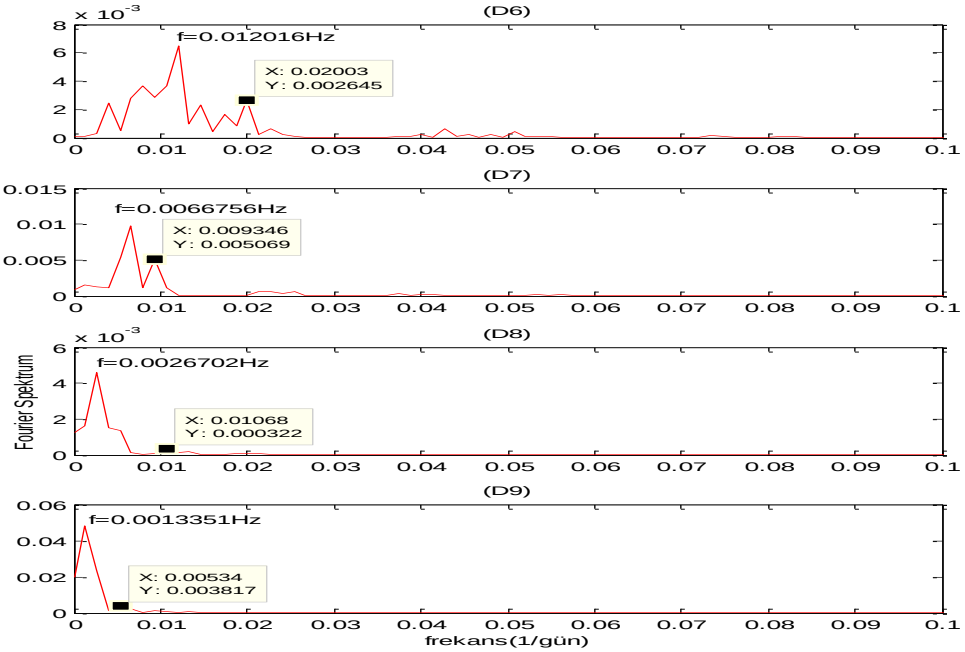
Şekil F.27: KAMN kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri.



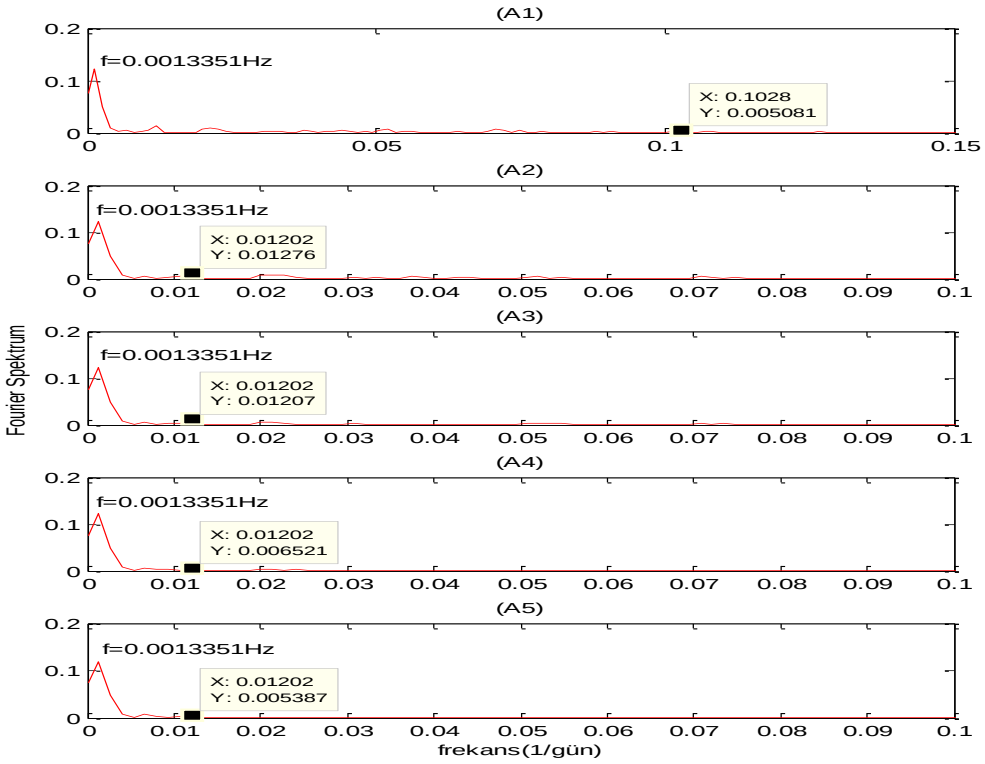
Şekil F.28: KAMN kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri.



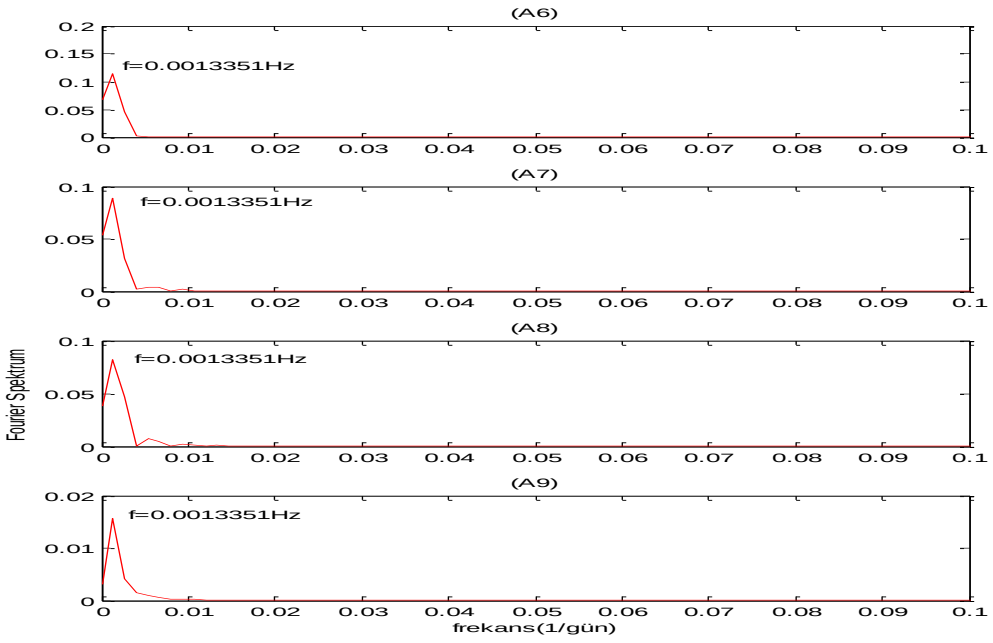
Şekil F.29: KAMN doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri.



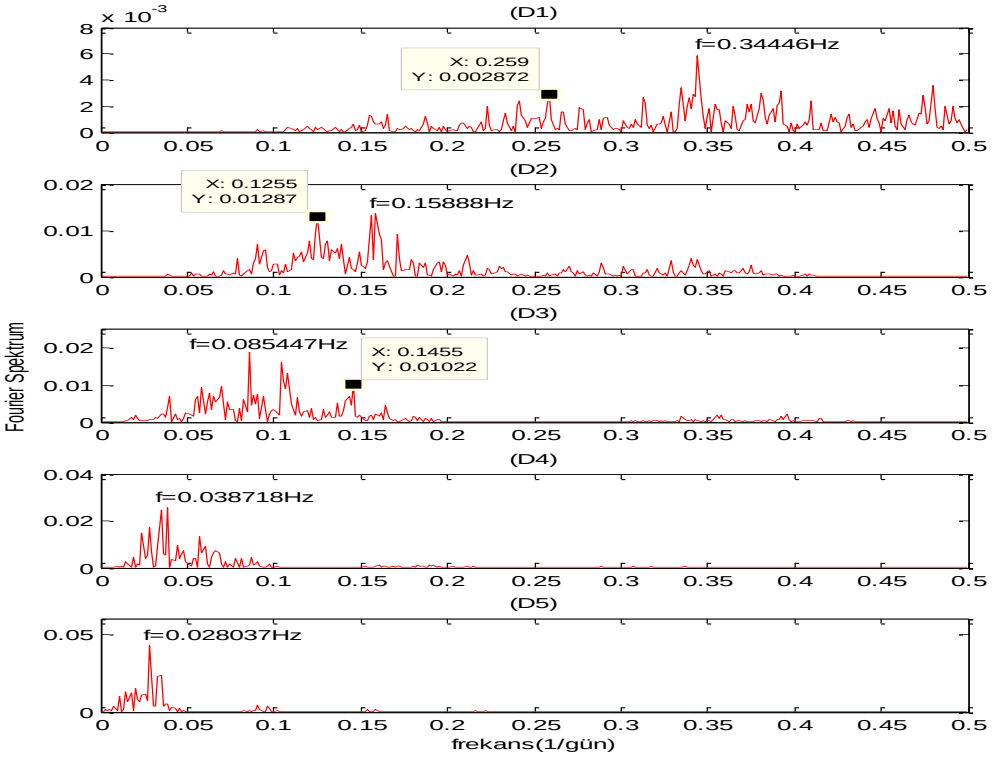
Şekil F.30: KAMN doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri.



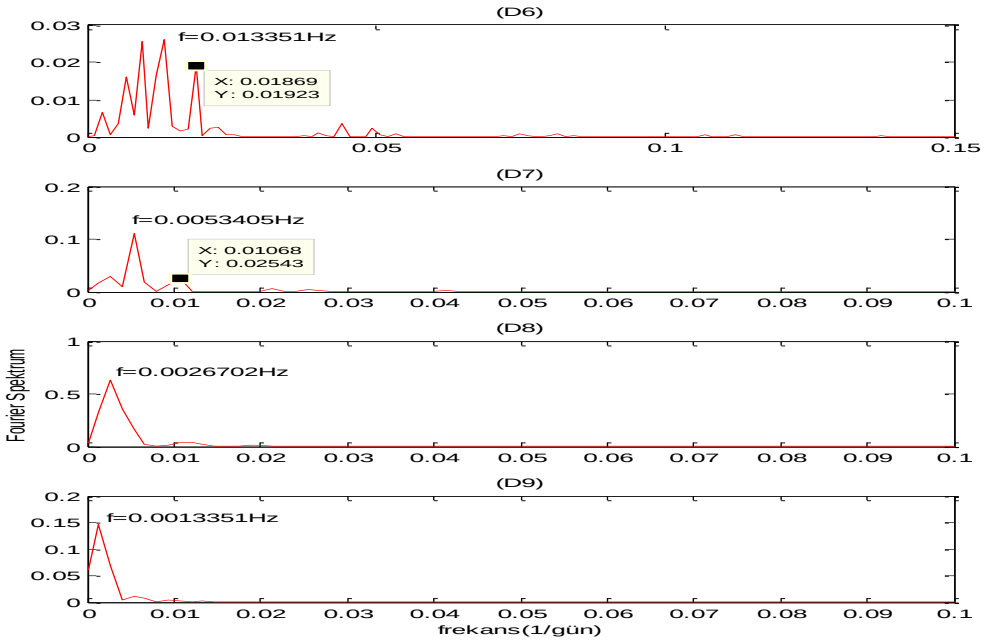
Şekil F.31: KAMN doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri.



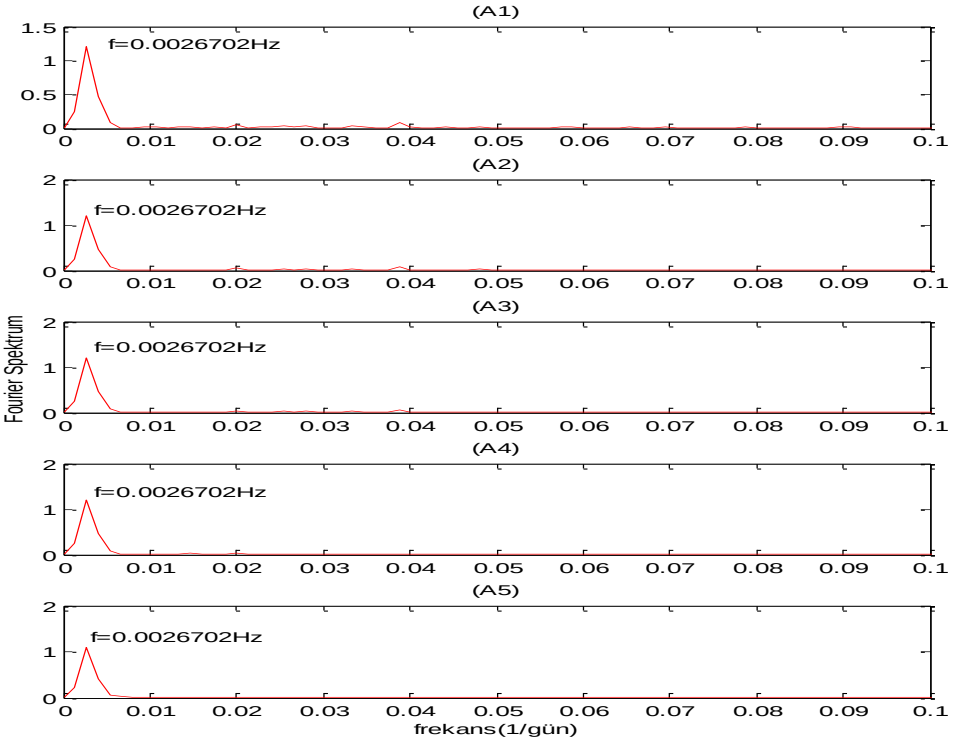
Şekil F.32: KAMN doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri.



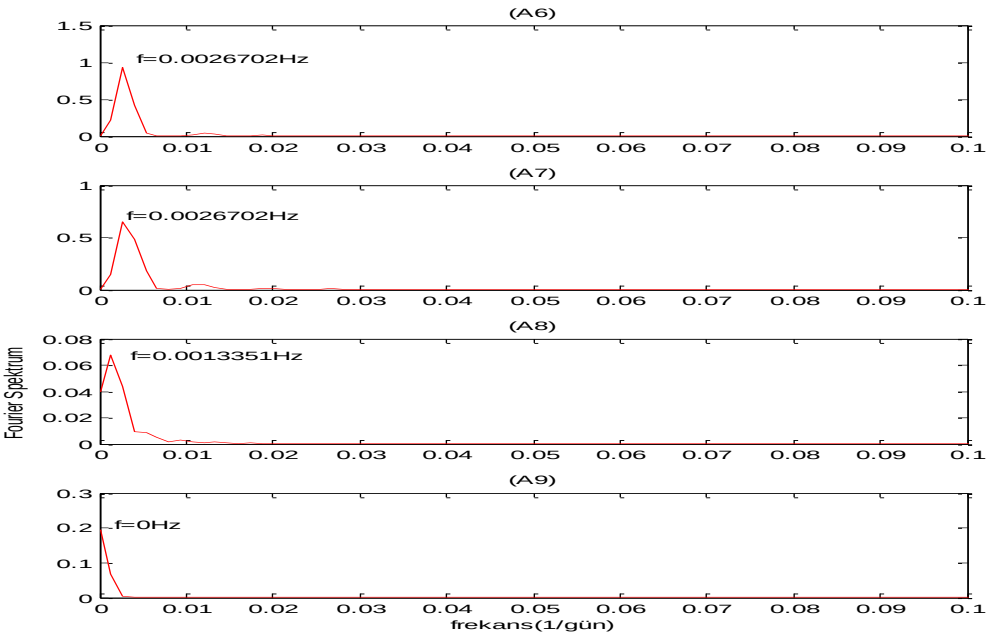
Şekil F.33: KAMN yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri.



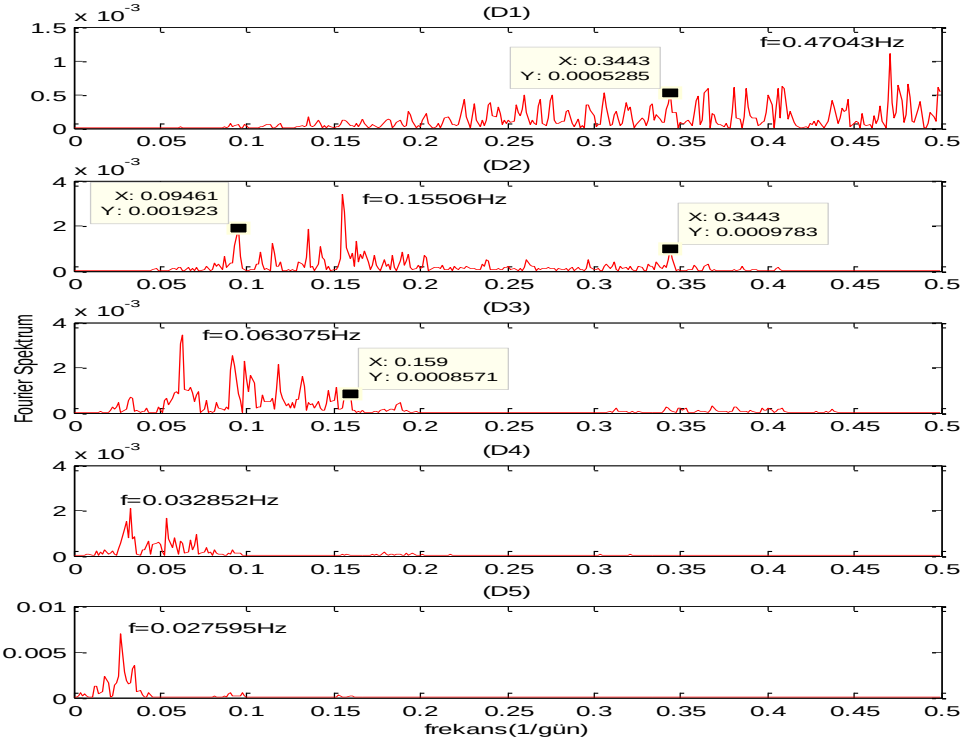
Şekil F.34: KAMN yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri.



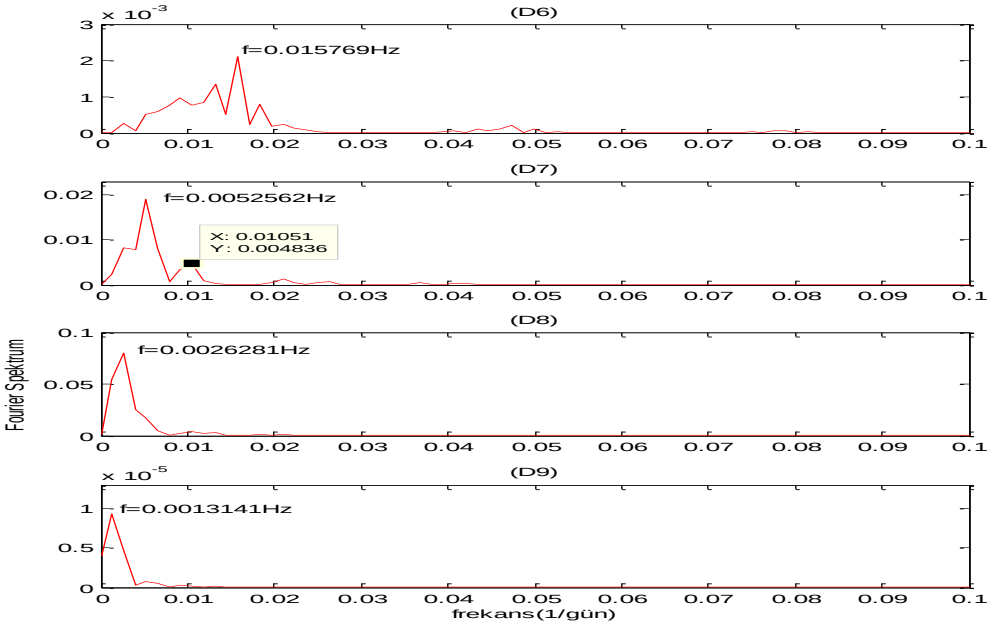
Şekil F.35: KAMN yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri.



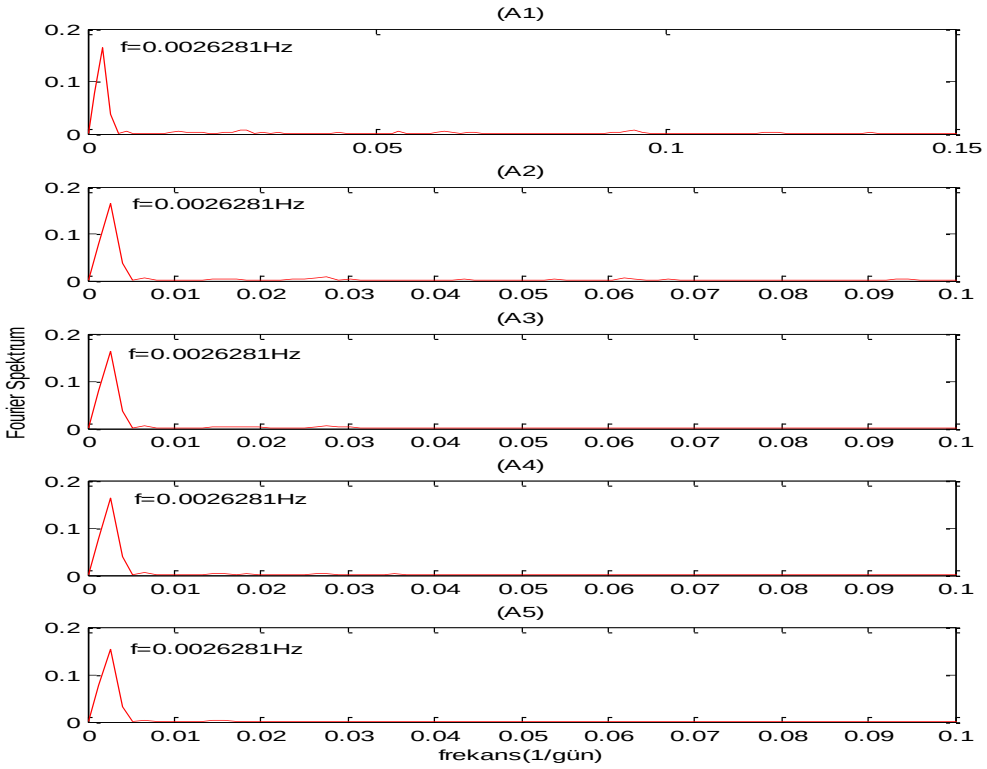
Şekil F.36: KAMN yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri.



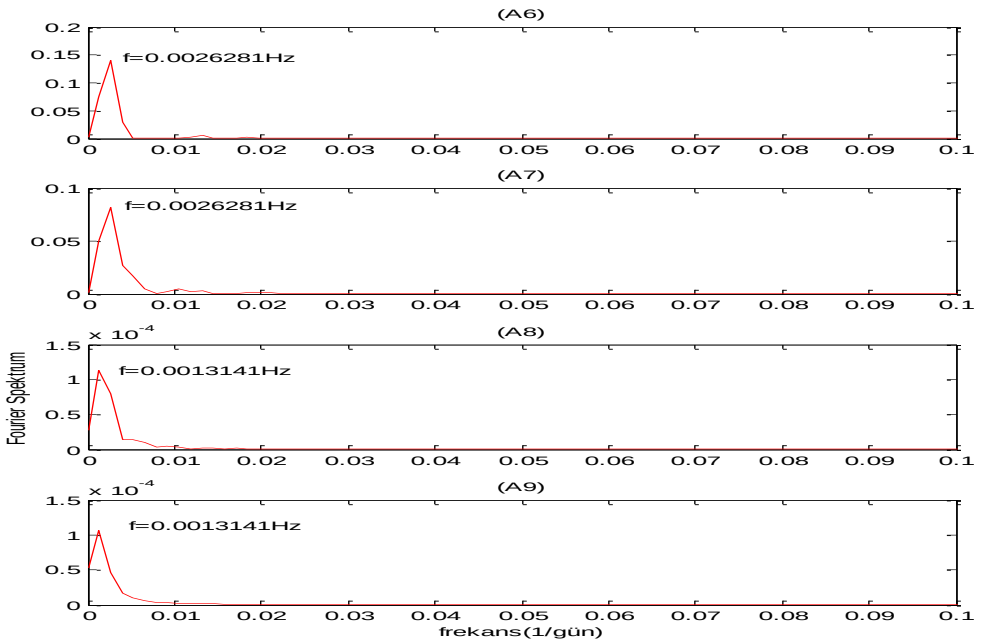
Şekil F.37: YUNA kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri.



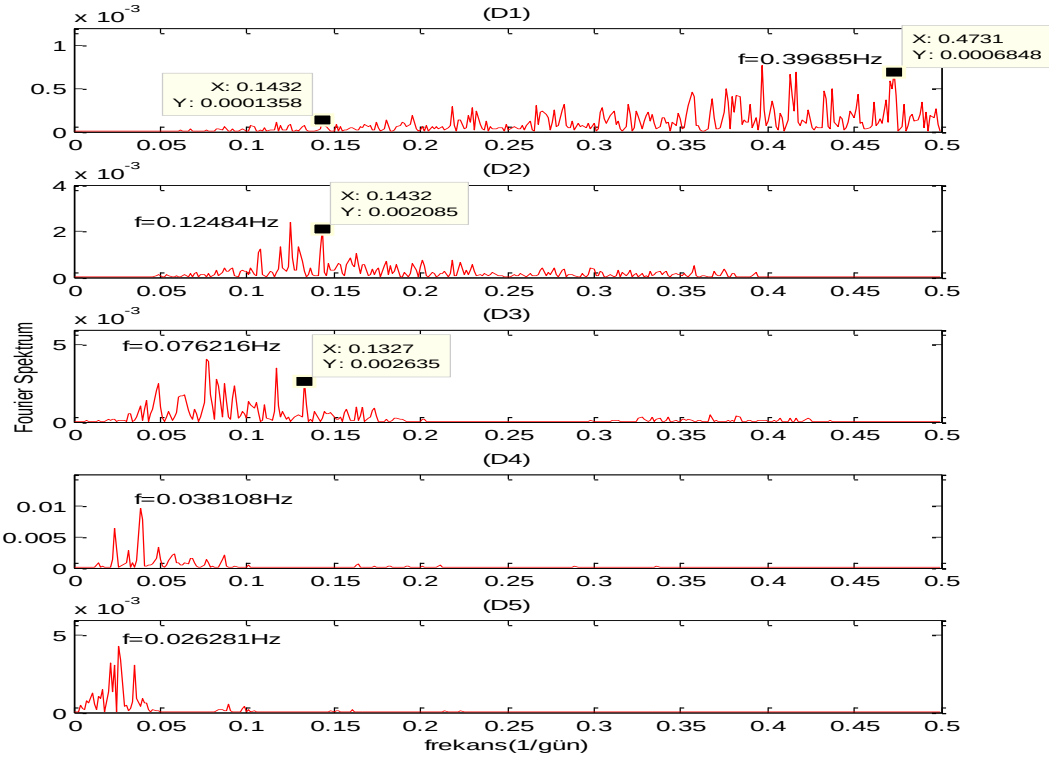
Şekil F.38: YUNA kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri.



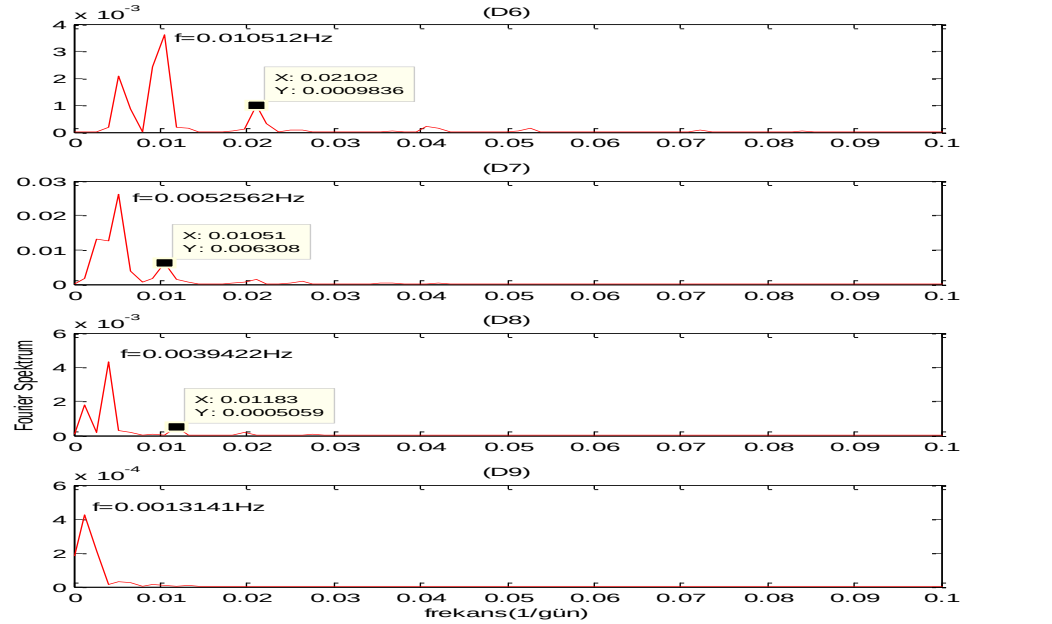
Şekil F.39: YUNA kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri.



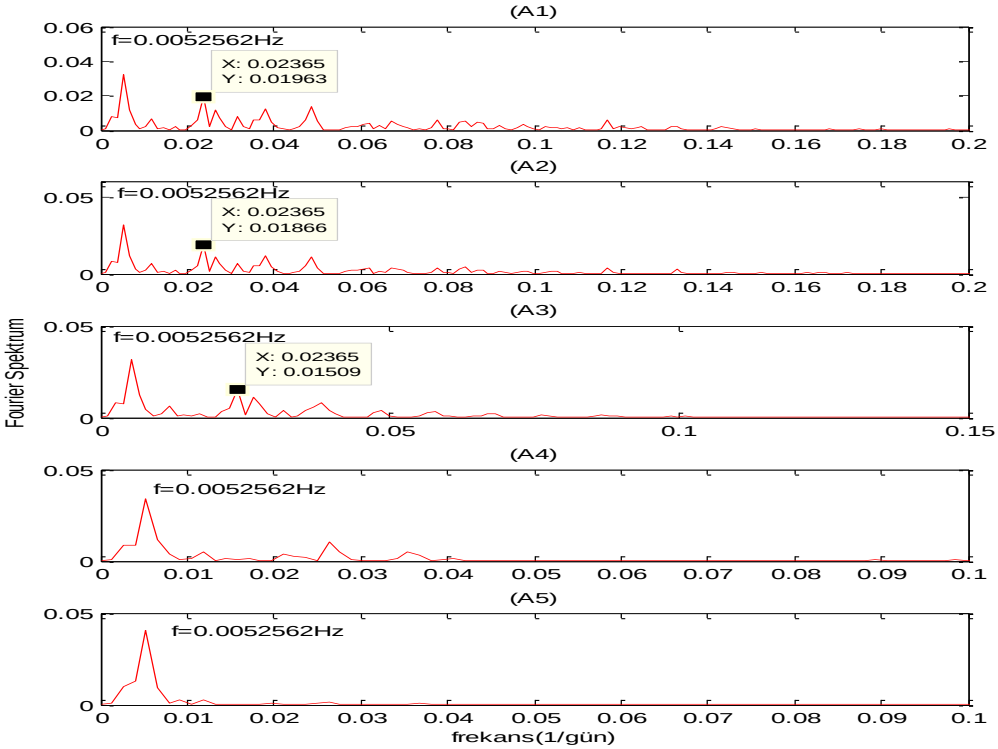
Şekil F.40: YUNA kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri.



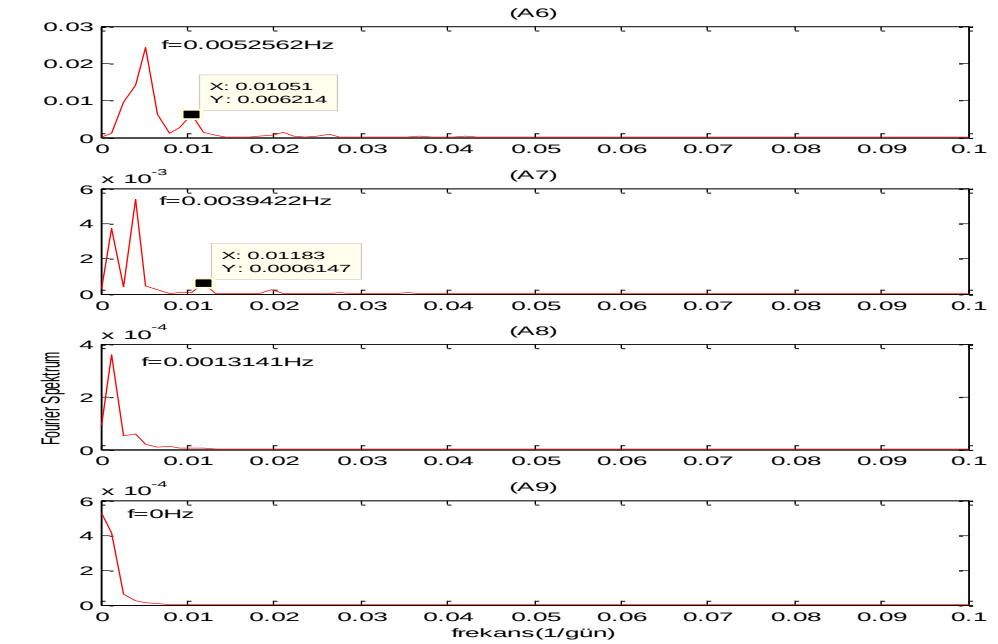
Şekil F.41: YUNA doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri.



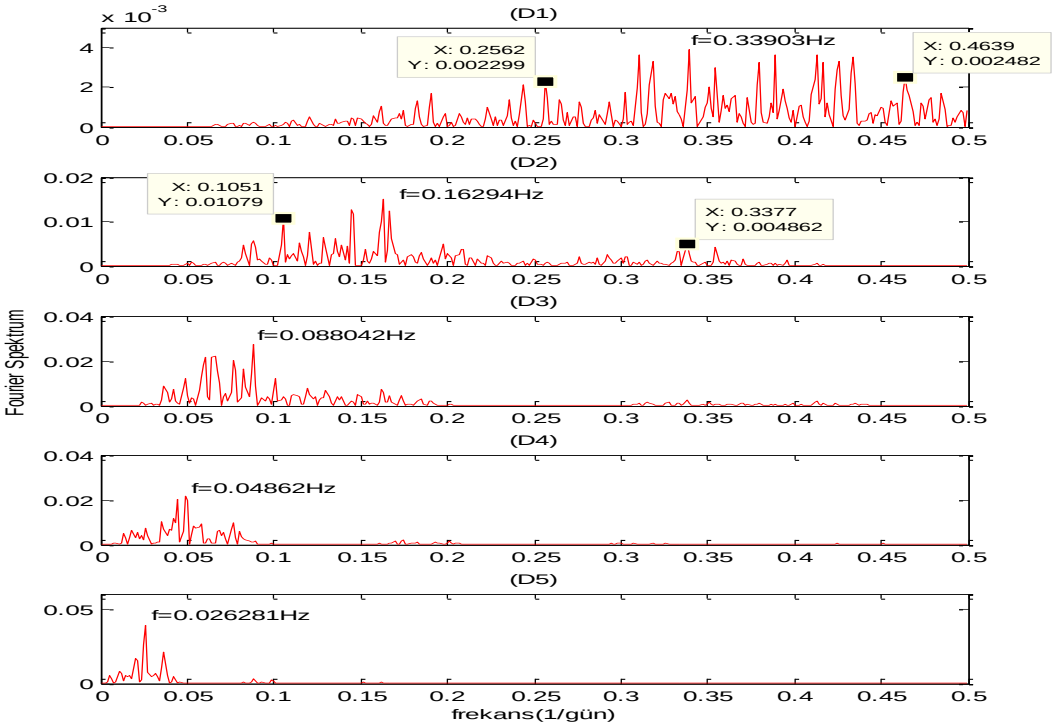
Şekil F.42: YUNA doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri.



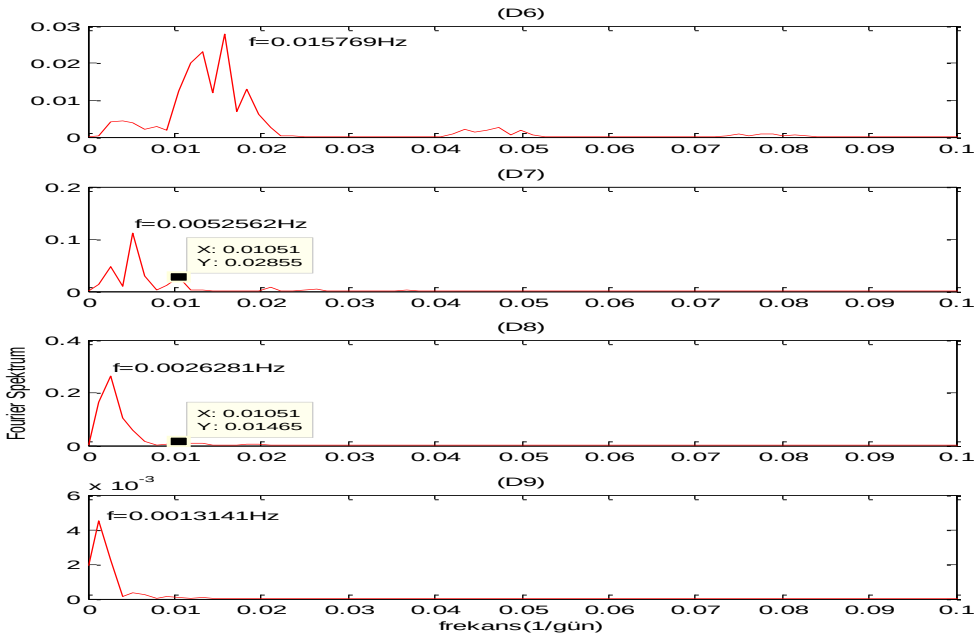
Şekil F.43: YUNA doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri.



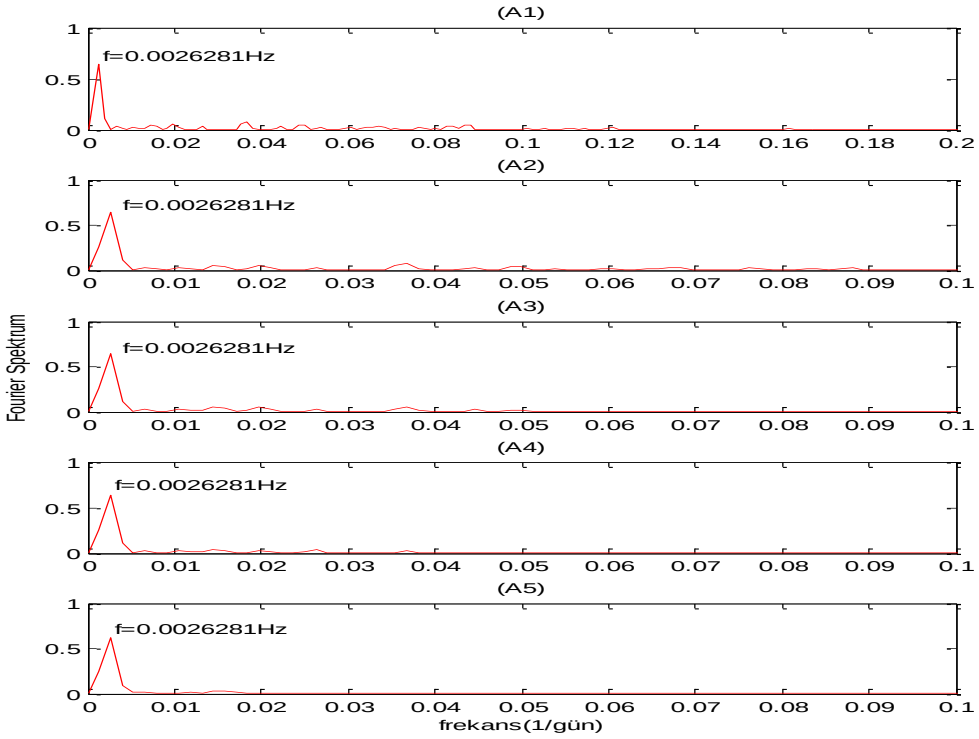
Şekil F.44: YUNA doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri.



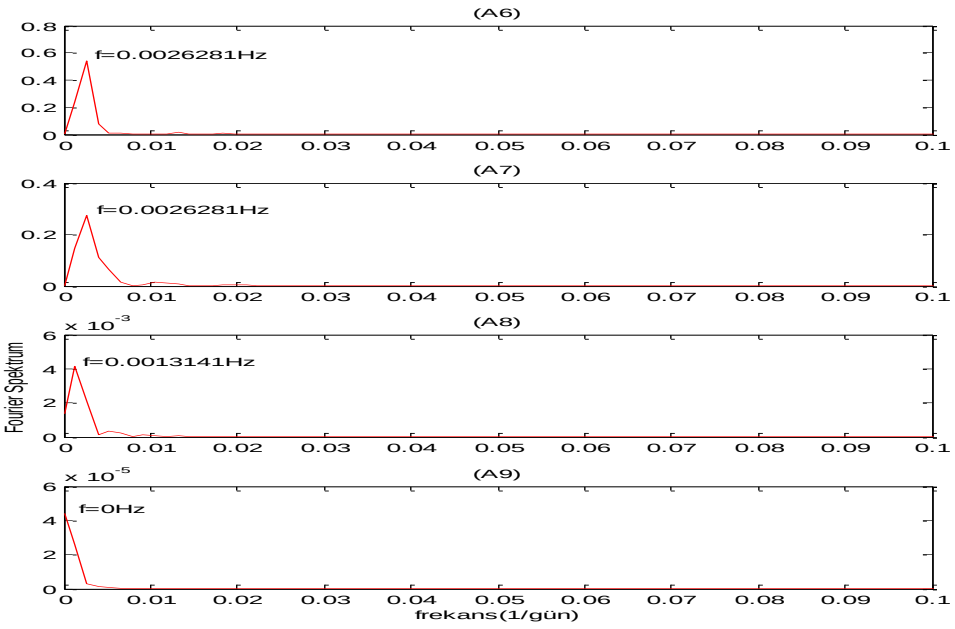
Şekil F.45: YUNA yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri.



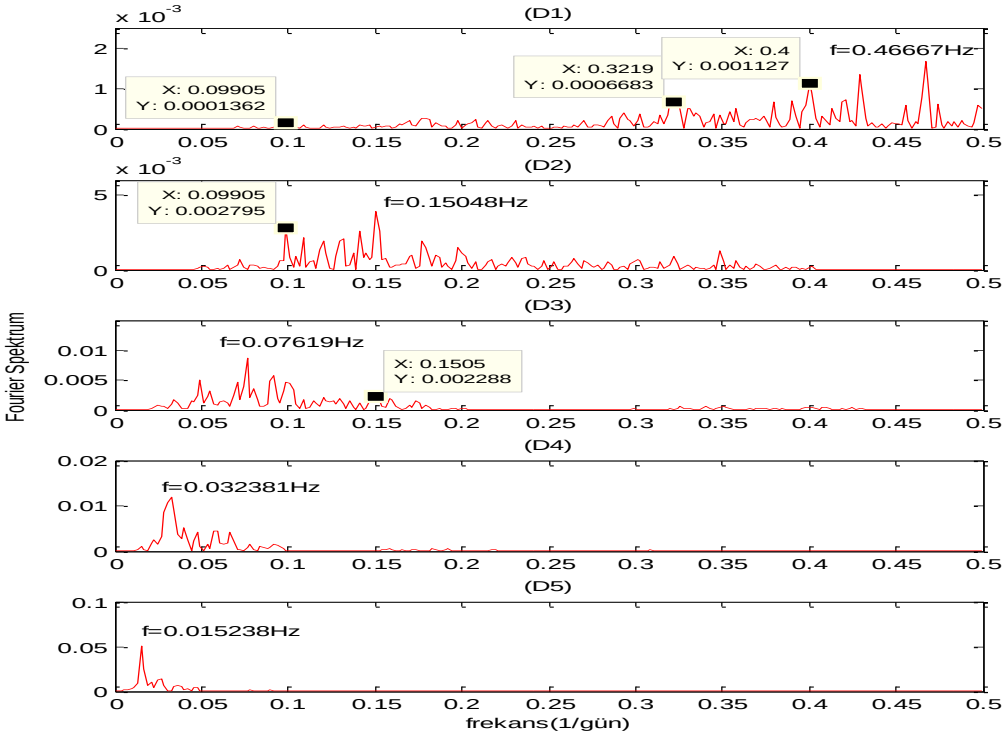
Şekil F.46: YUNA yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri.



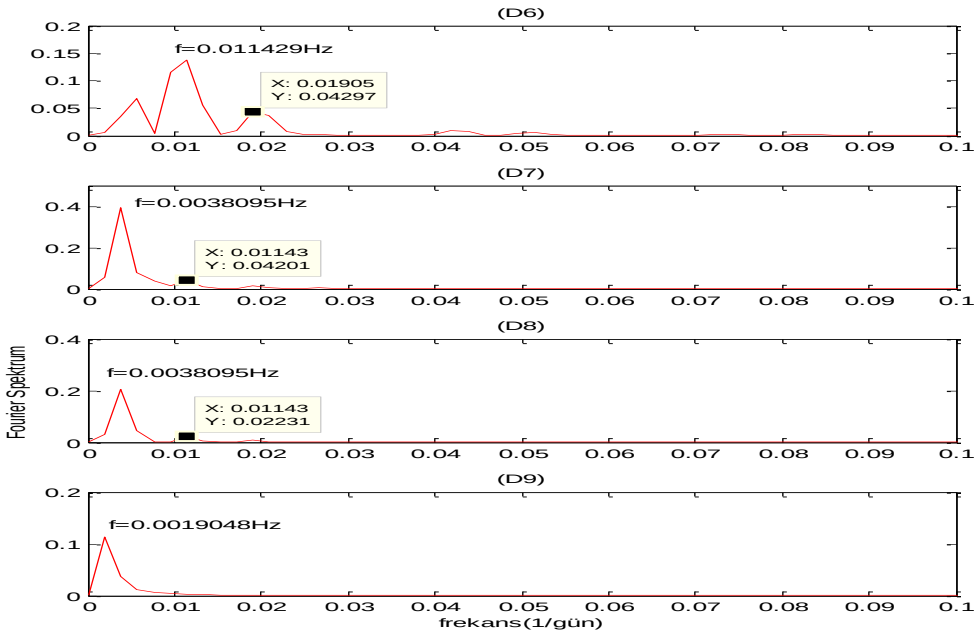
Şekil F.47: YUNA yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri.



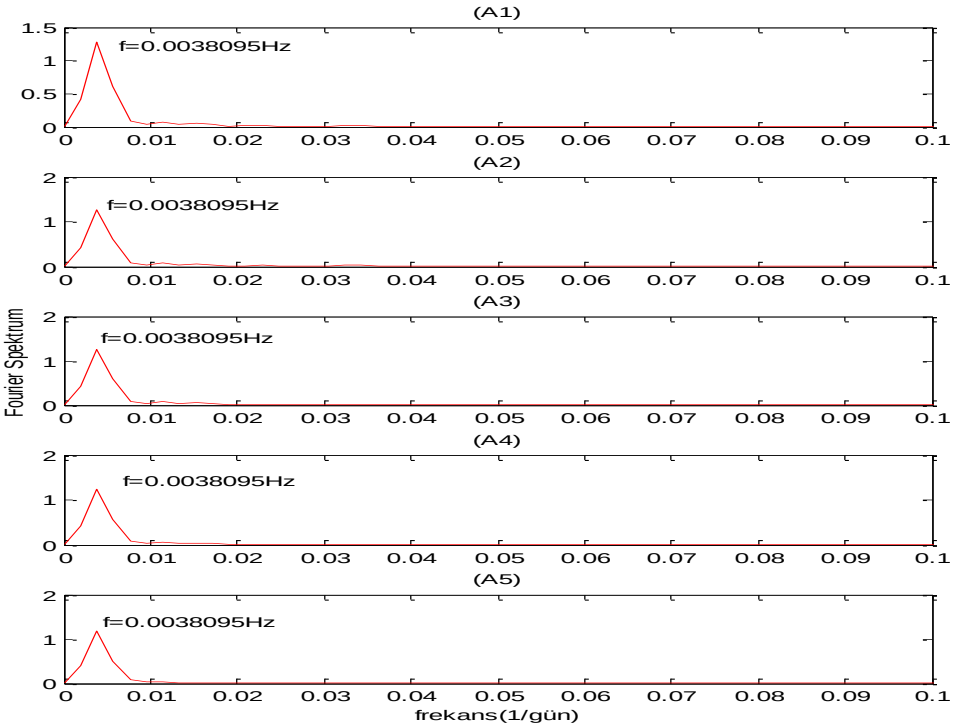
Şekil F.48: YUNA yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri.



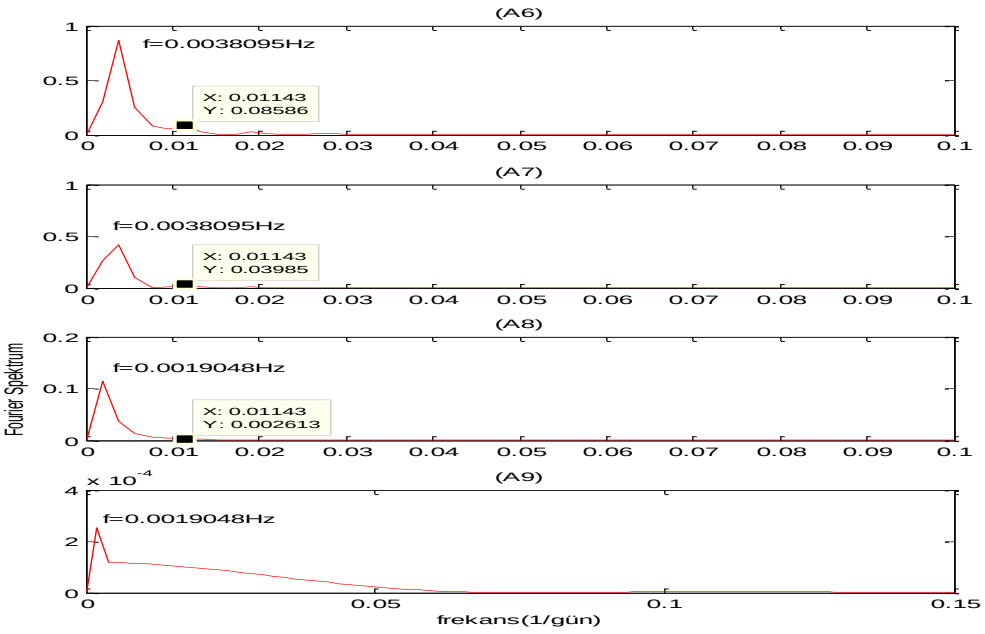
Şekil F.49: AKSI1 kuzey D1-D5 güç-frekans değişimleri.



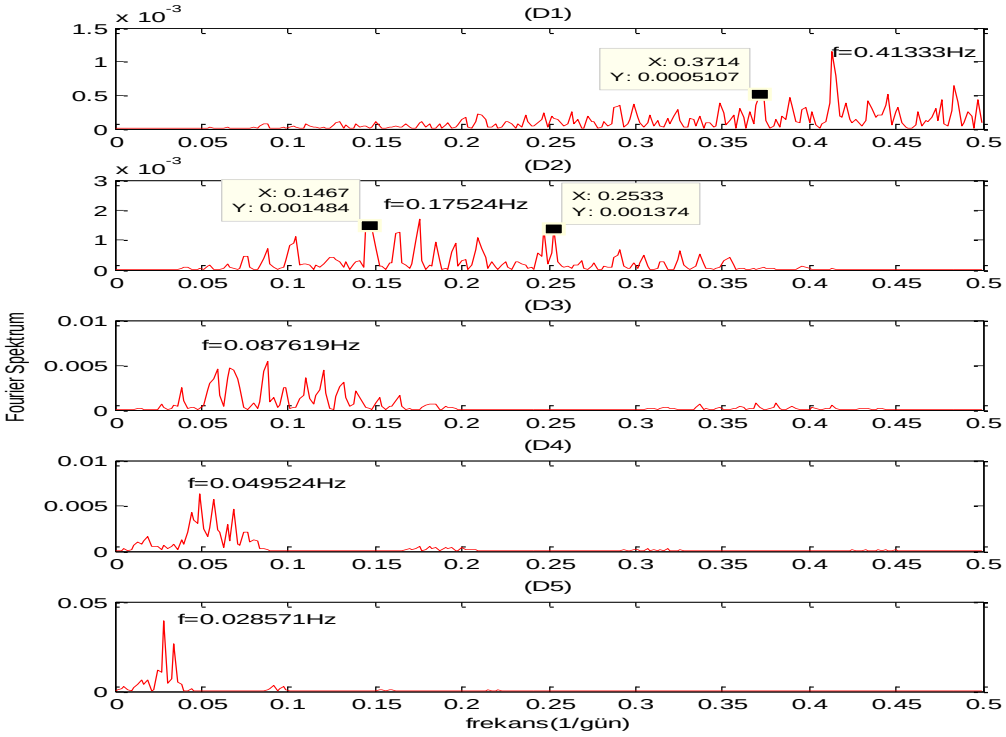
Şekil F.50: AKSI1 kuzey D6-D9 güç-frekans değişimleri.



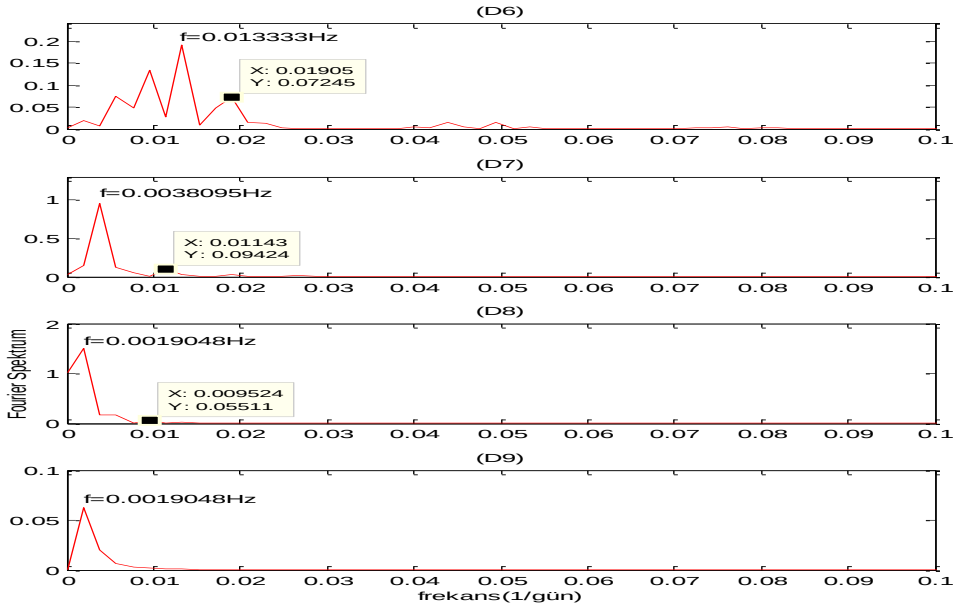
Şekil F.51: AKSI1 kuzey A1-A5 güç-frekans değişimleri.



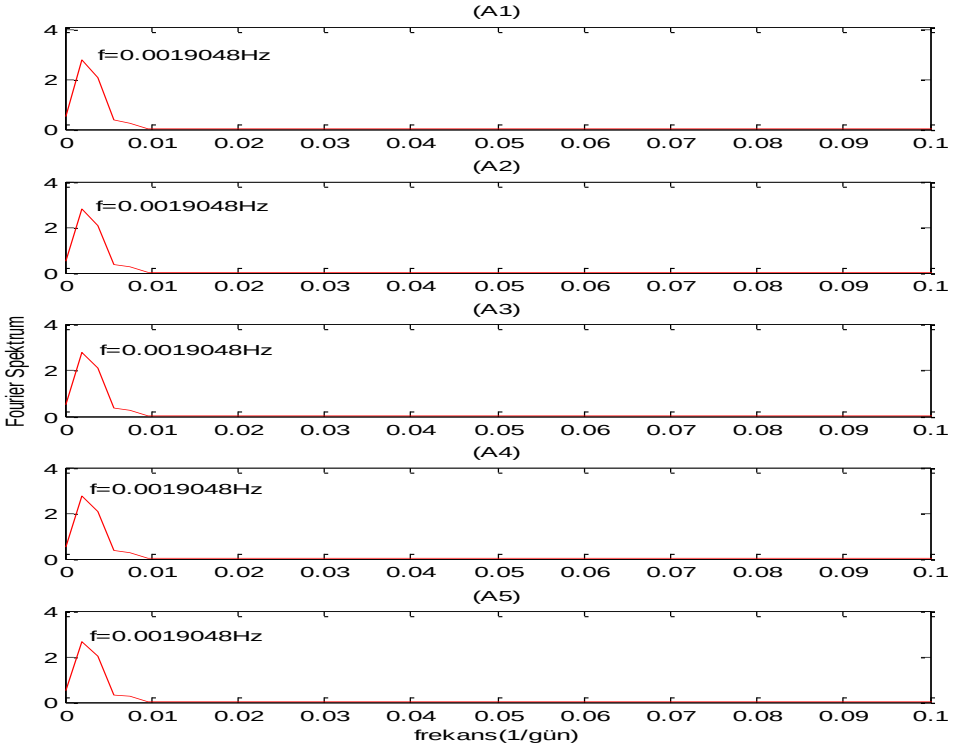
Şekil F.52: AKSI1 kuzey A6-A9 güç-frekans değişimleri.



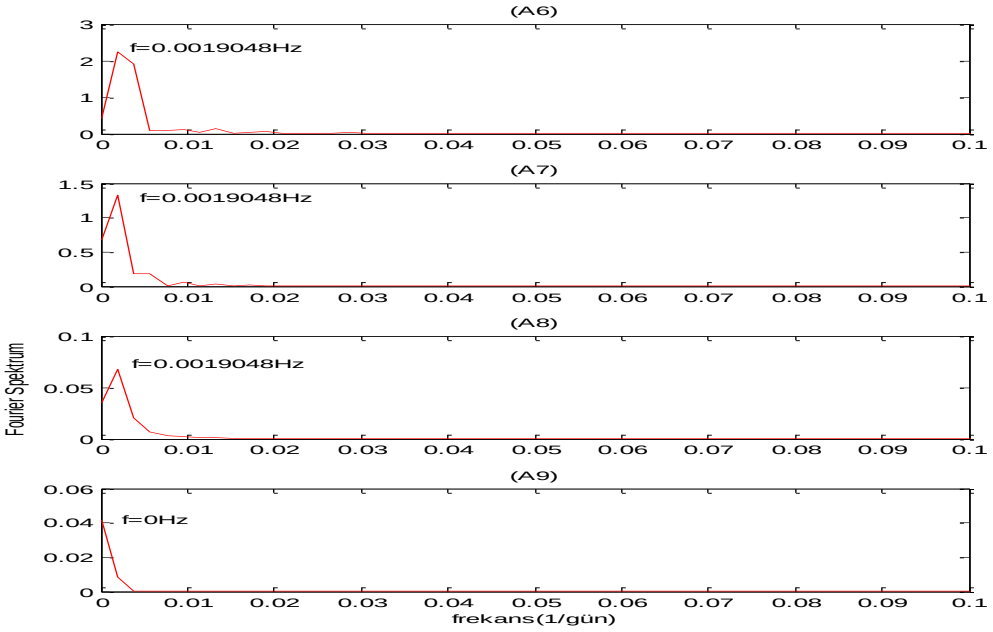
Şekil F.53: AKSI1 doğu D1-D5 güç-frekans değişimleri.



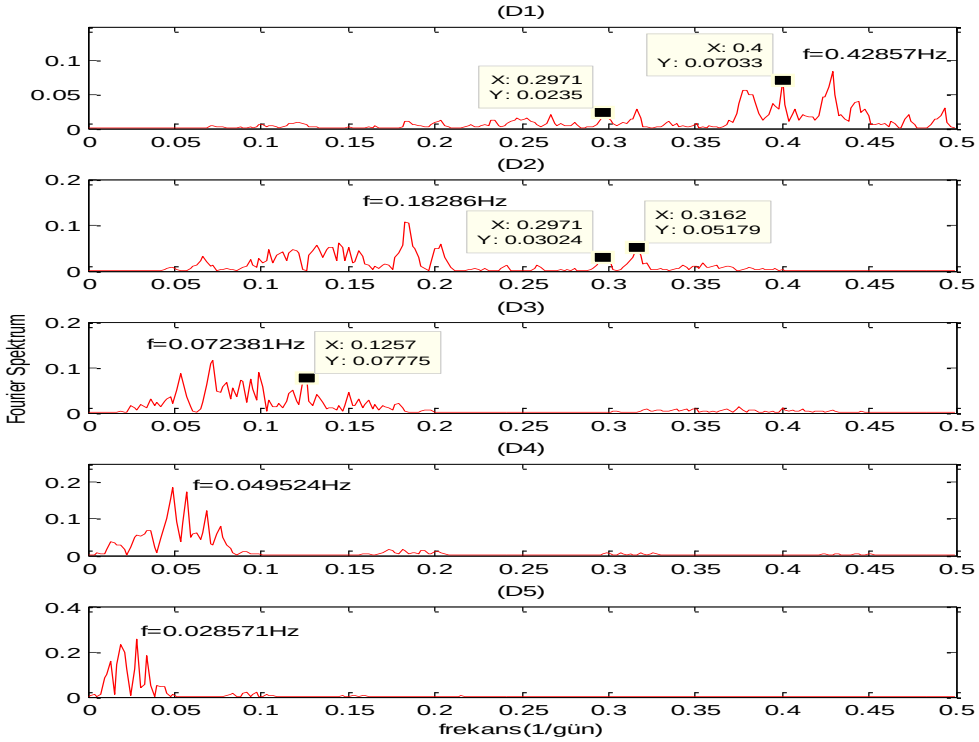
Şekil F.54: AKSI1 doğu D6-D9 güç-frekans değişimleri.



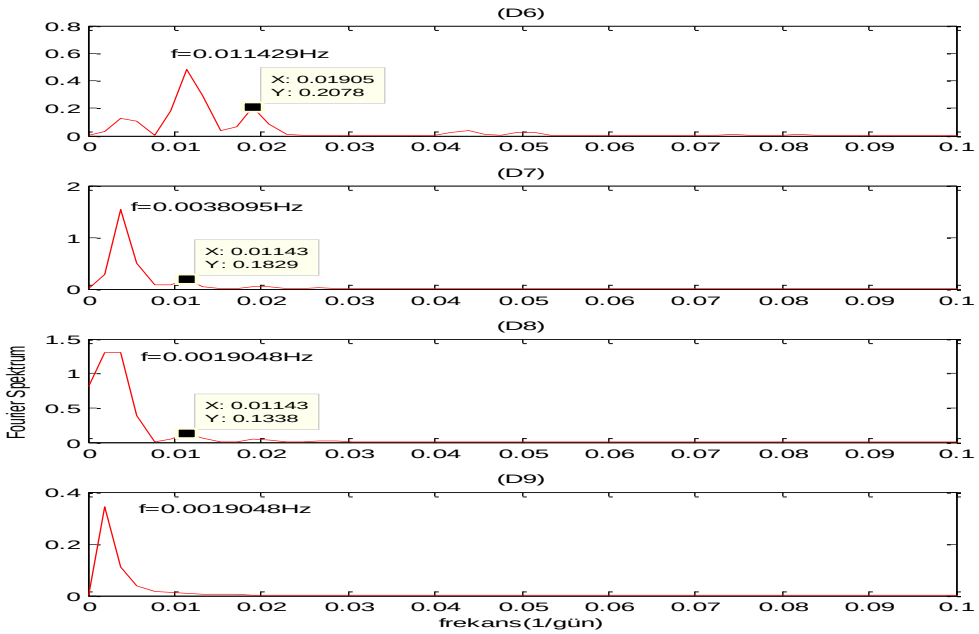
Şekil F.55: AKSI1 doğu A1-A5 güç-frekans değişimleri.



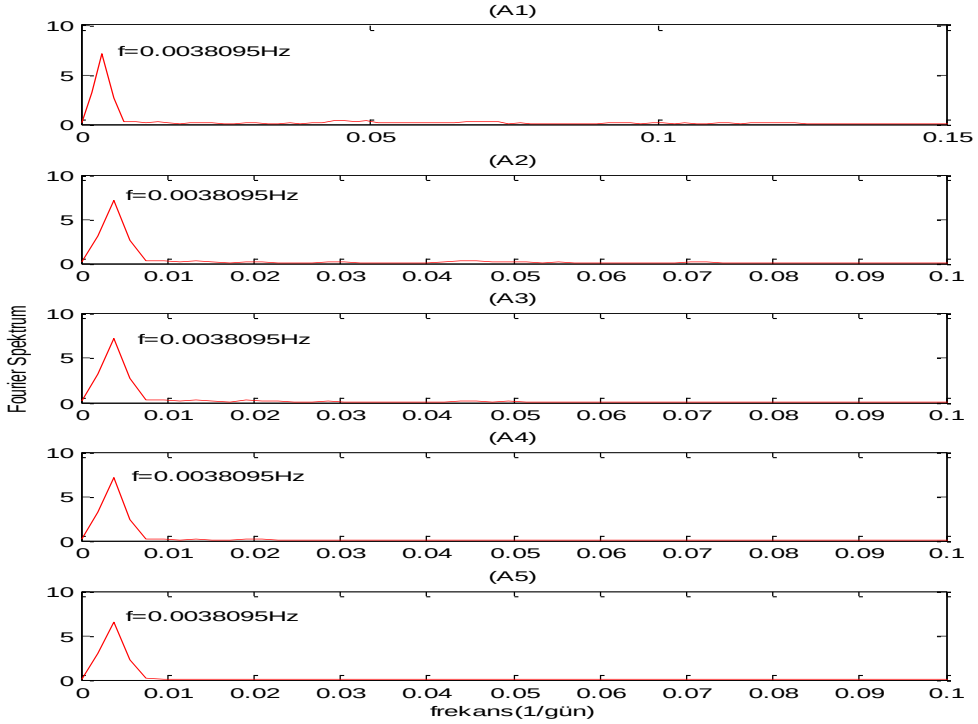
Şekil F.56: AKSI1 doğu A6-A9 güç-frekans değişimleri.



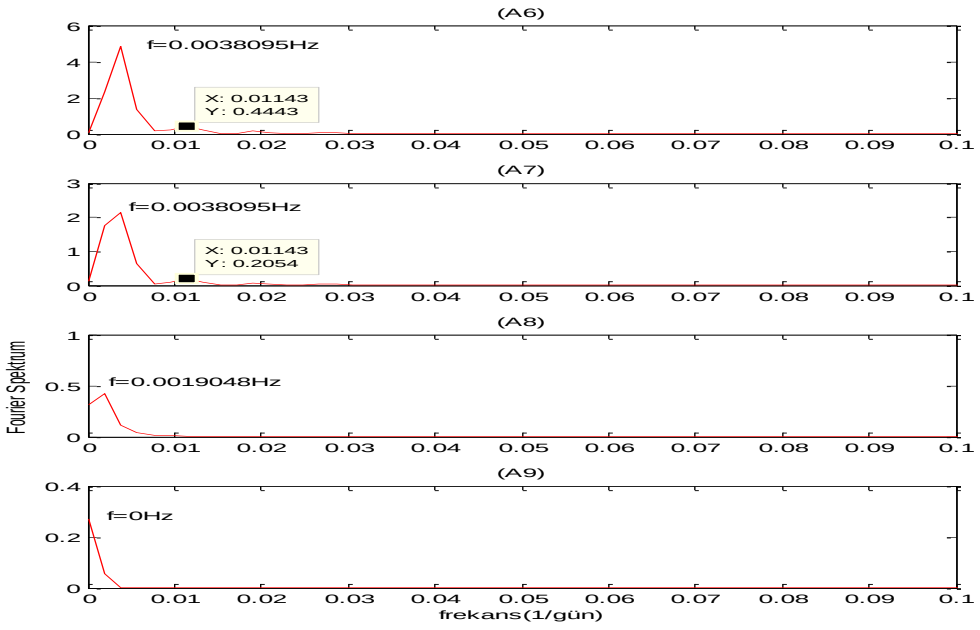
Şekil F.57: AKSI1 yükseklik D1-D5 güç-frekans değişimleri.



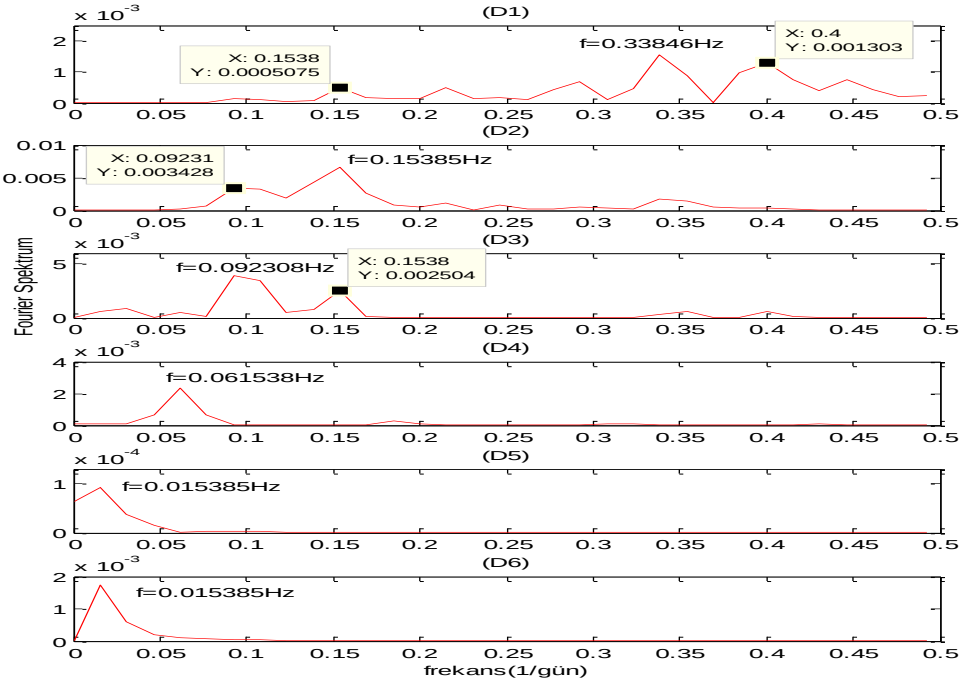
Şekil F.58: AKSI1 yükseklik D6-D9 güç-frekans değişimleri.



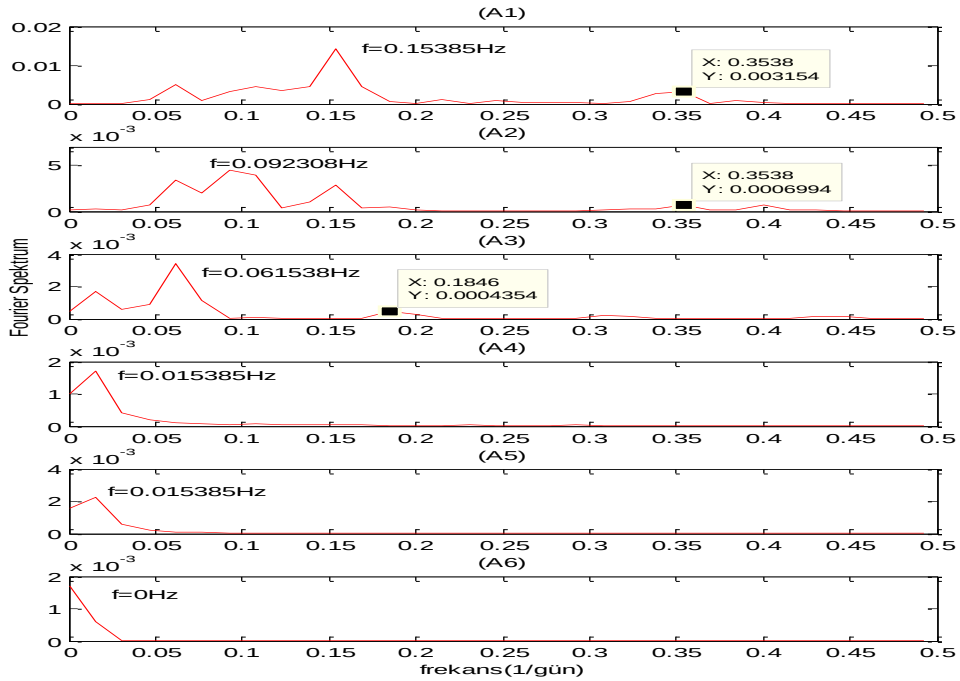
Şekil F.59: AKSI1 yükseklik A1-A5 güç-frekans değişimleri.



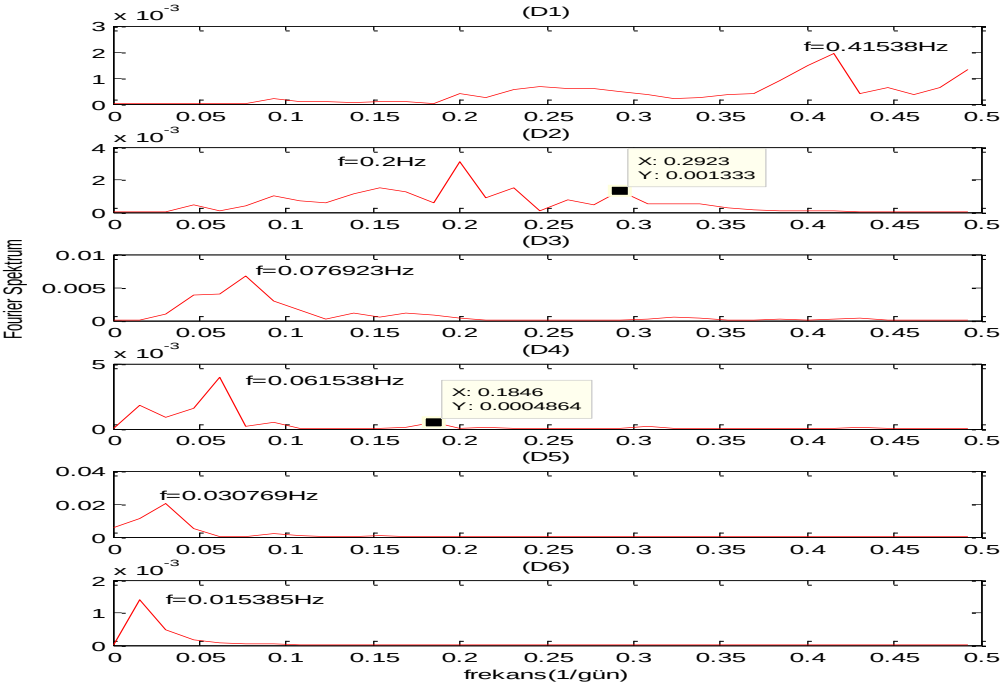
Şekil F.60: AKSI1 yükseklik A6-A9 güç-frekans değişimleri.



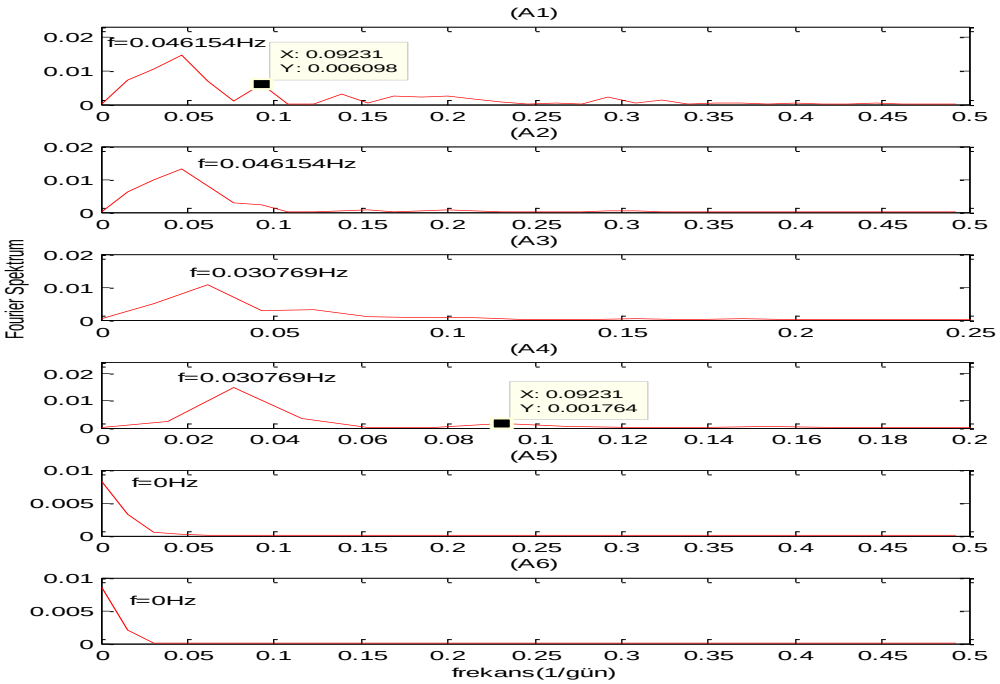
Şekil F.61: AKSI2 kuzey D1-D6 güç-frekans değişimleri.



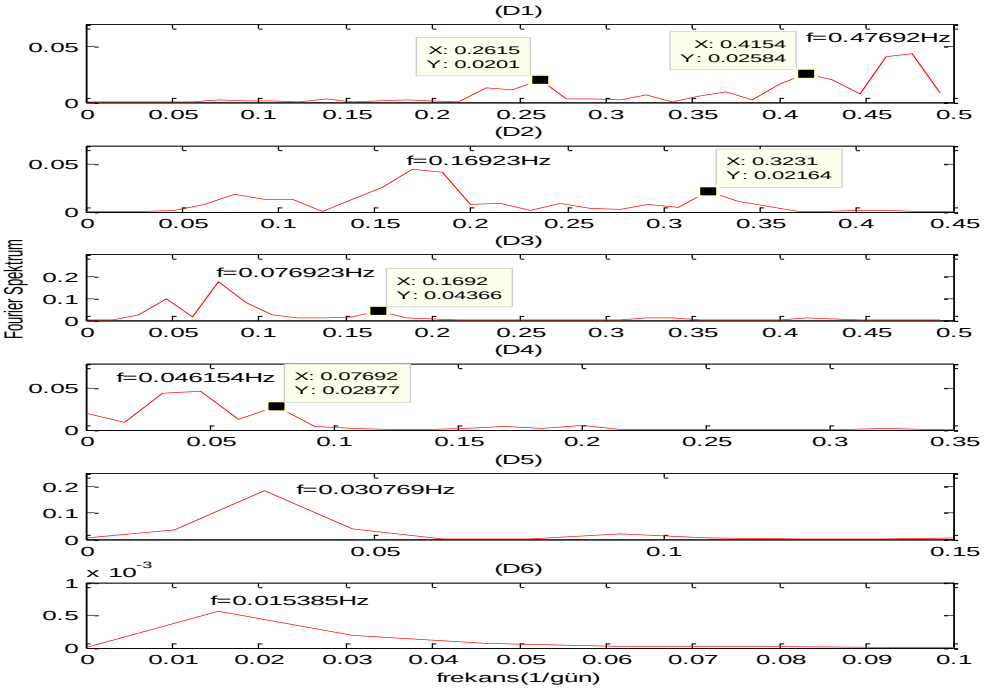
Şekil F.62: AKSI2 kuzey A1-A6 güç-frekans değişimleri.



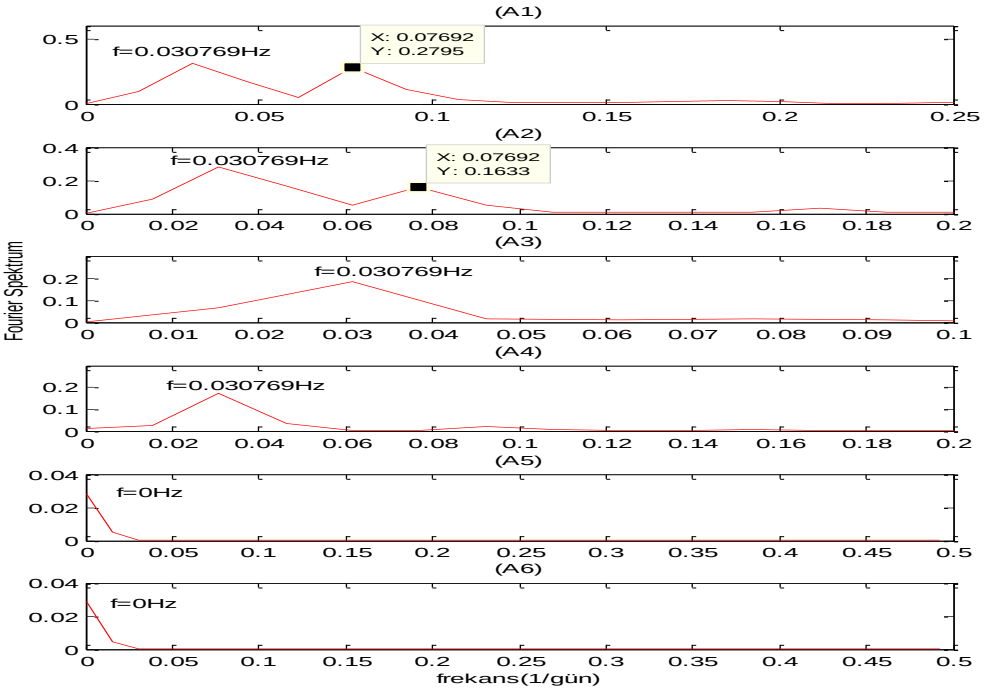
Şekil F.63: AKSI2 doğu D1-D6 güç-frekans değişimleri.



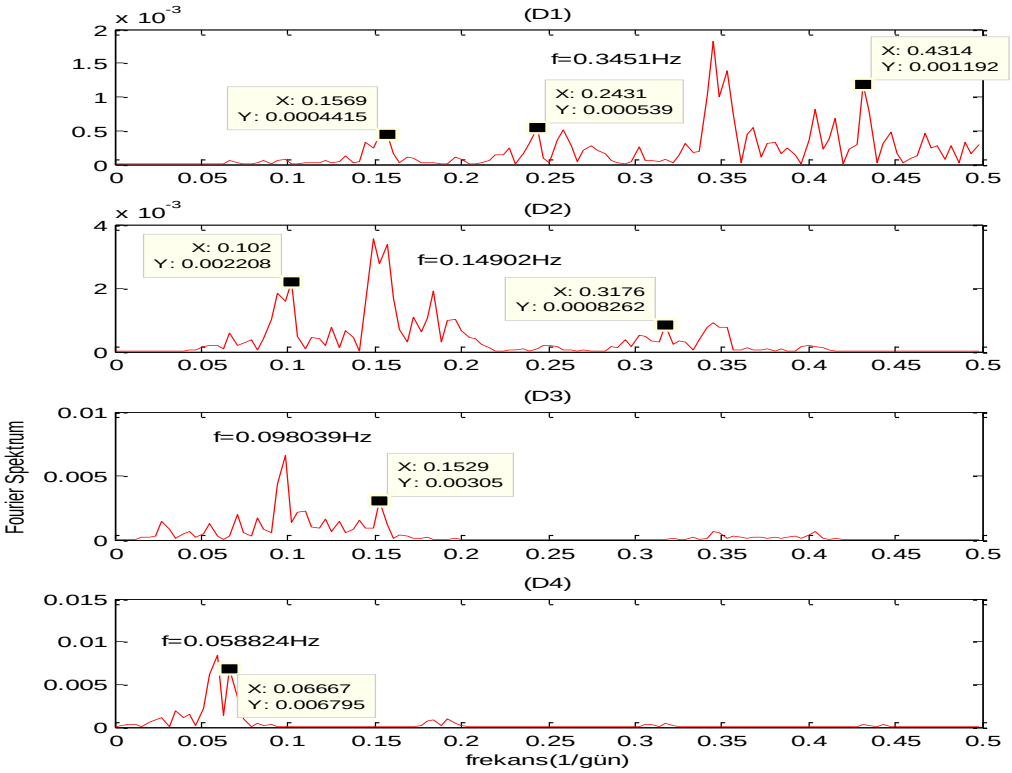
Şekil F.64: AKSI2 doğu A1-A6 güç-frekans değişimleri.



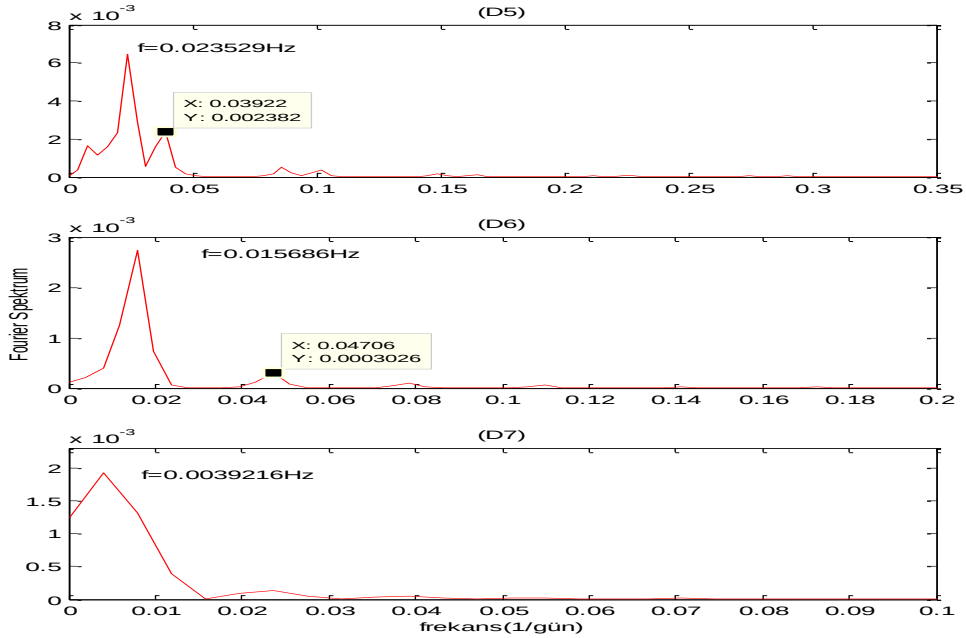
Şekil F.65: AKSI2 yükseklik D1-D6 güç-frekans değişimleri.



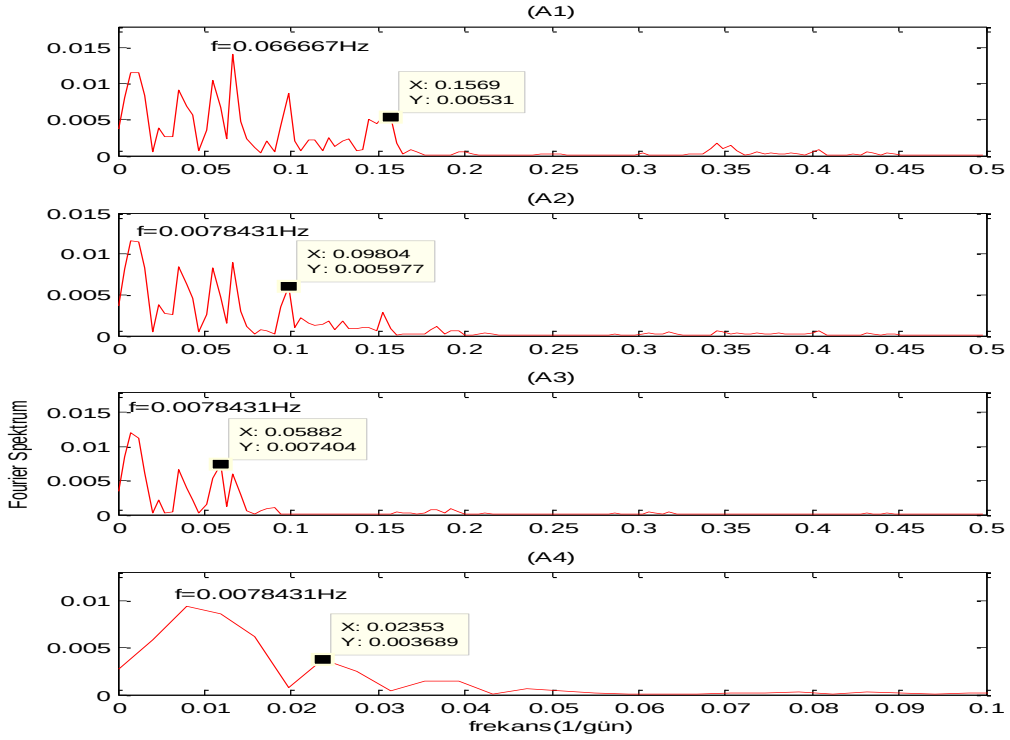
Şekil F.66: AKSI2 yükseklik A1-A6 güç-frekans değişimleri.



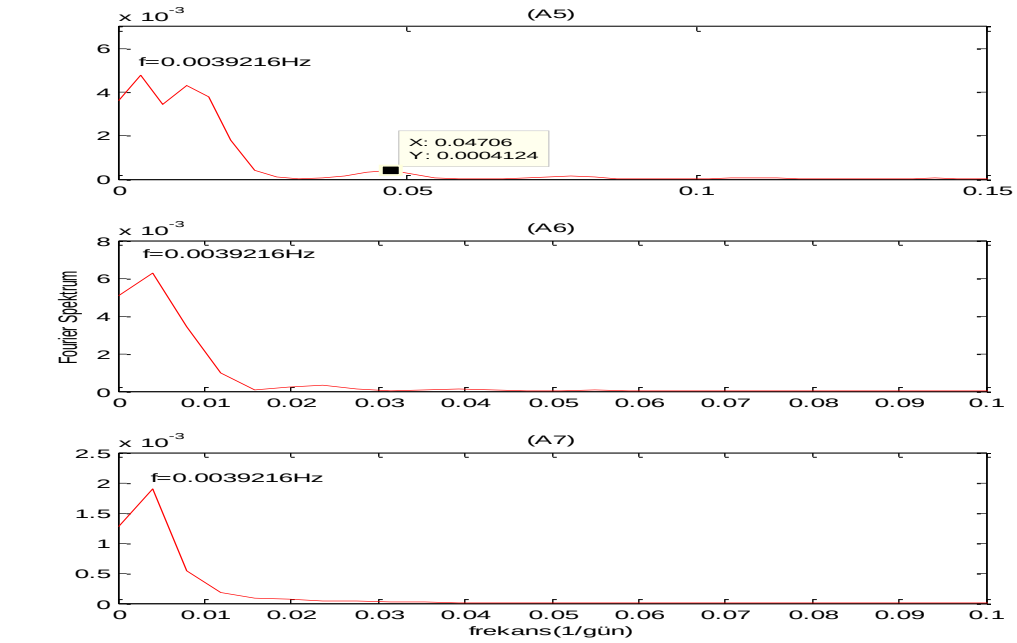
Şekil F.67: KNYA1 kuzey D1-D4 güç-frekans değişimleri.



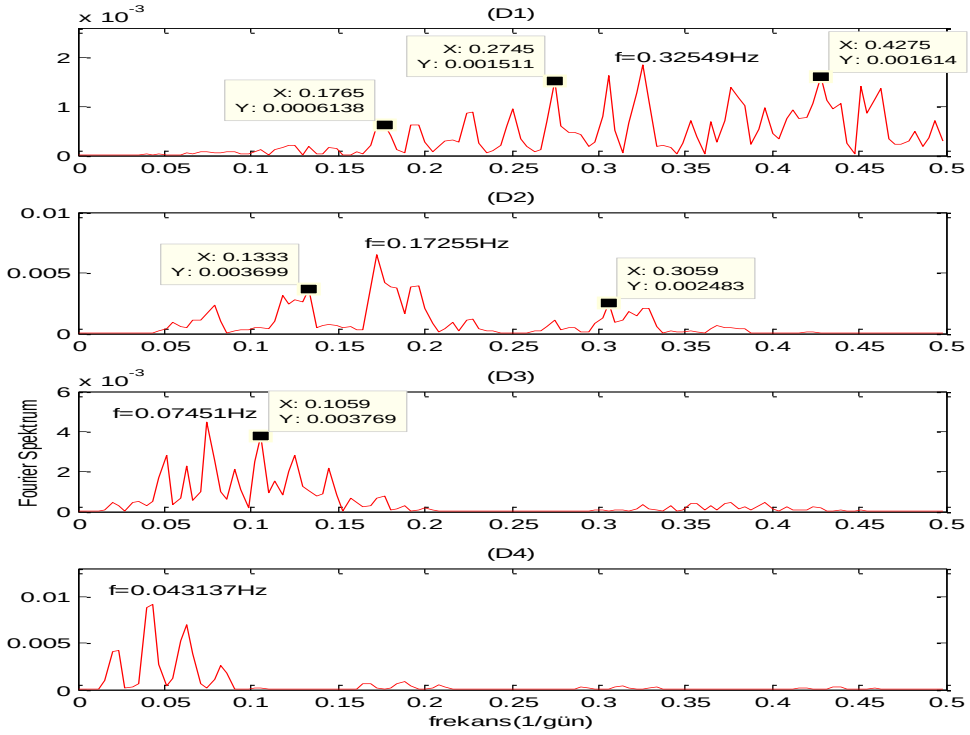
Şekil F.68: KNYA1 kuzey D5-D7 güç-frekans değişimleri.



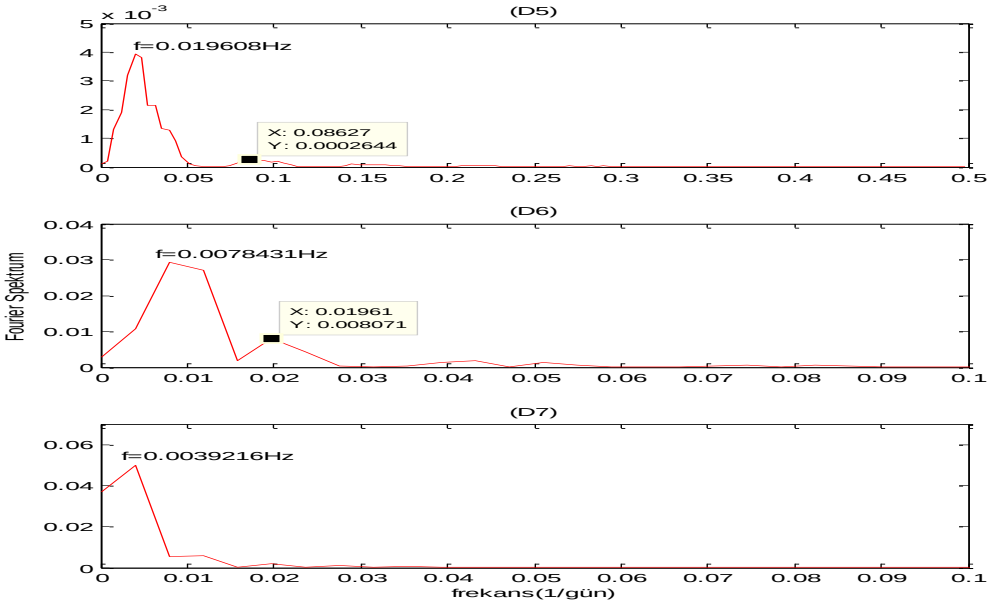
Şekil F.69: KNYA1 kuzey A1-A4 güç-frekans değişimleri.



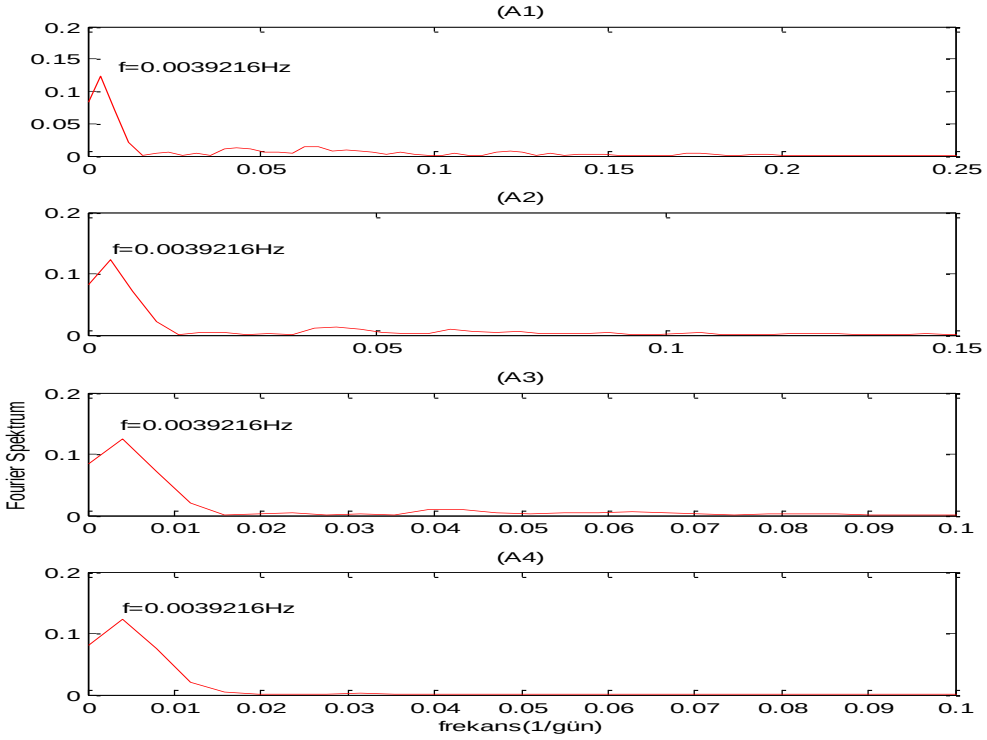
Şekil F.70: KNYA1 kuzey A5-A7 güç-frekans değişimleri.



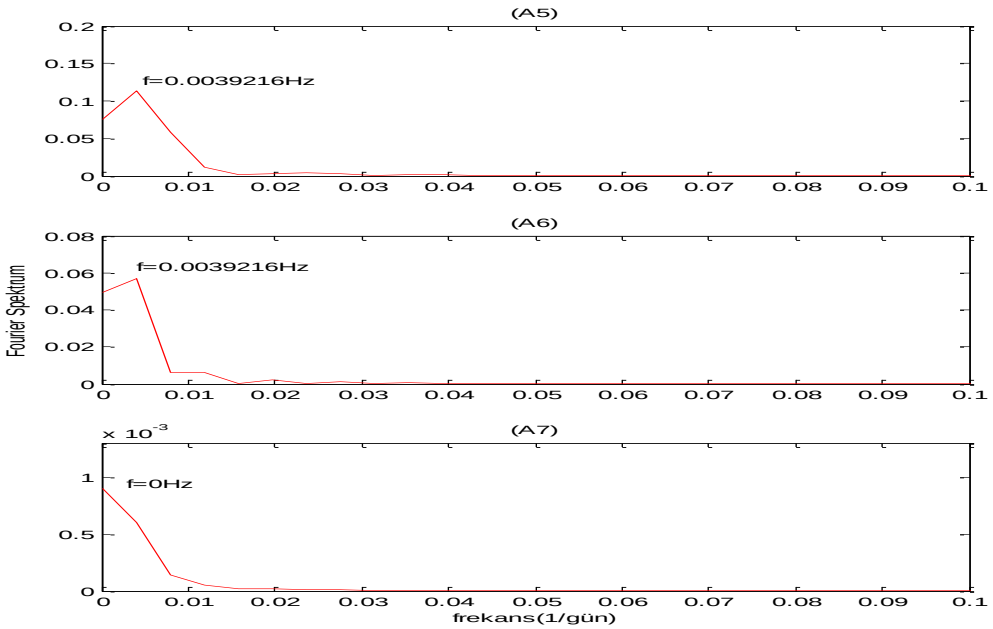
Şekil F.71: KNYA1 doğu D1-D4 güç-frekans değişimleri.



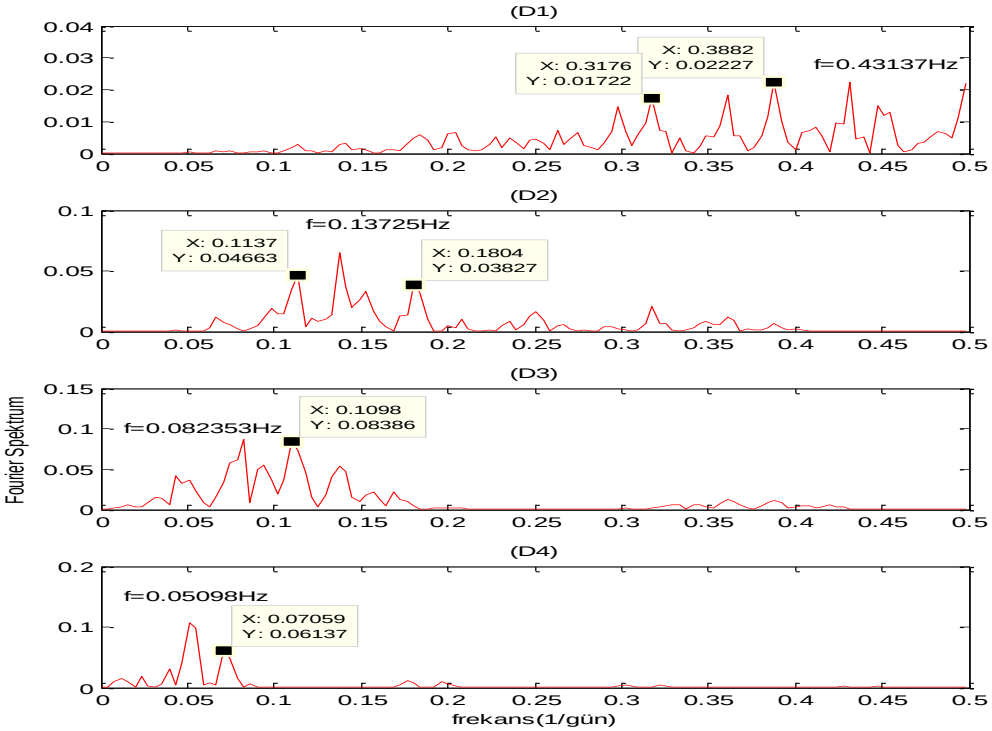
Şekil F.72: KNYA1 doğu D5-D7 güç-frekans değişimleri.



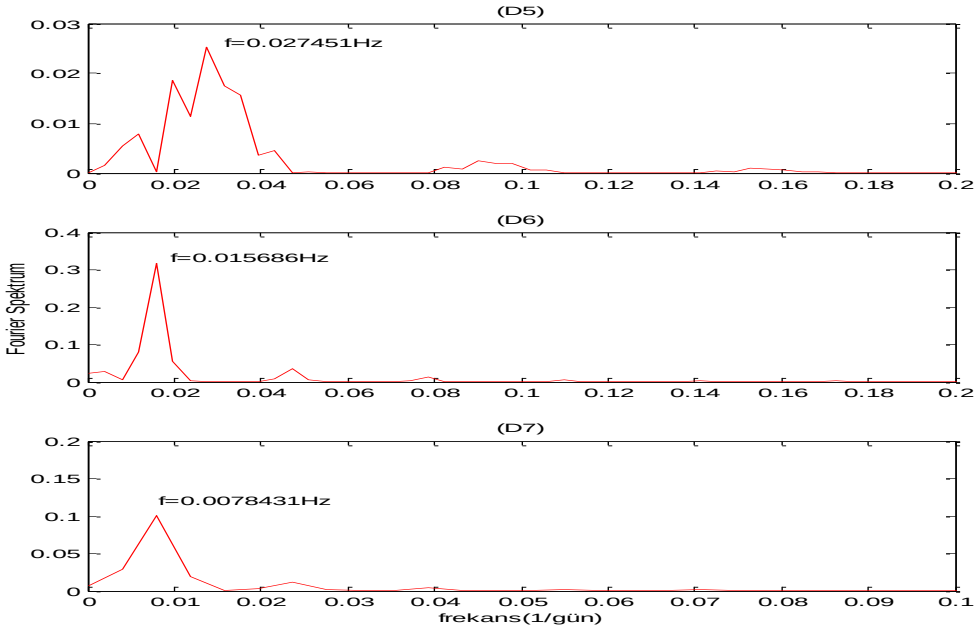
Şekil F.73: KNYA1 doğu A1-A4 güç-frekans değişimleri.



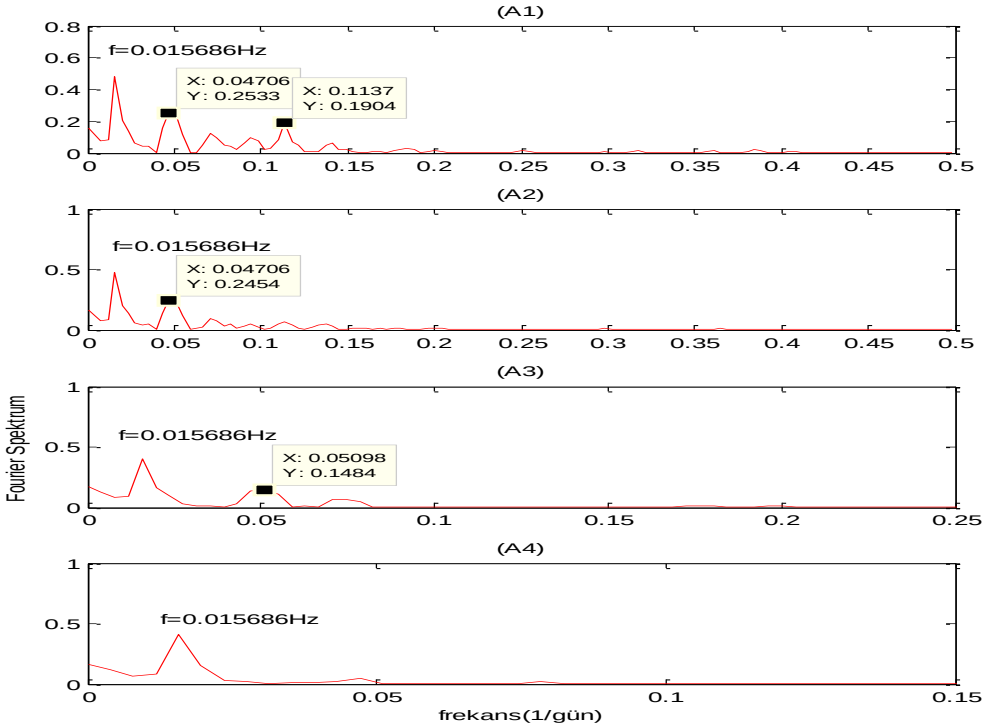
Şekil F.74: KNYA1 doğu A5-A7 güç-frekans değişimleri.



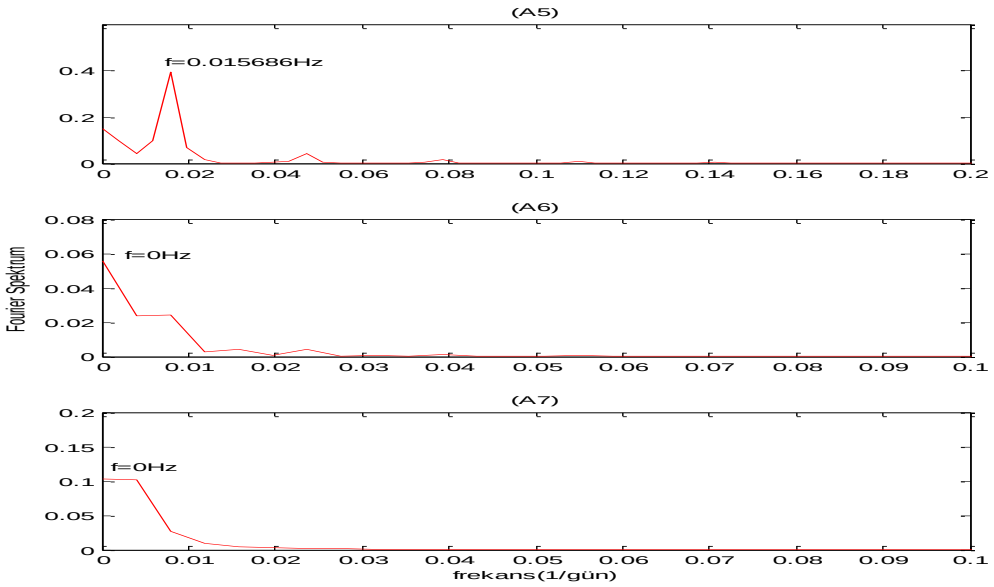
Şekil F.75: KNYA1 yükseklik D1-D4 güç-frekans değişimleri.



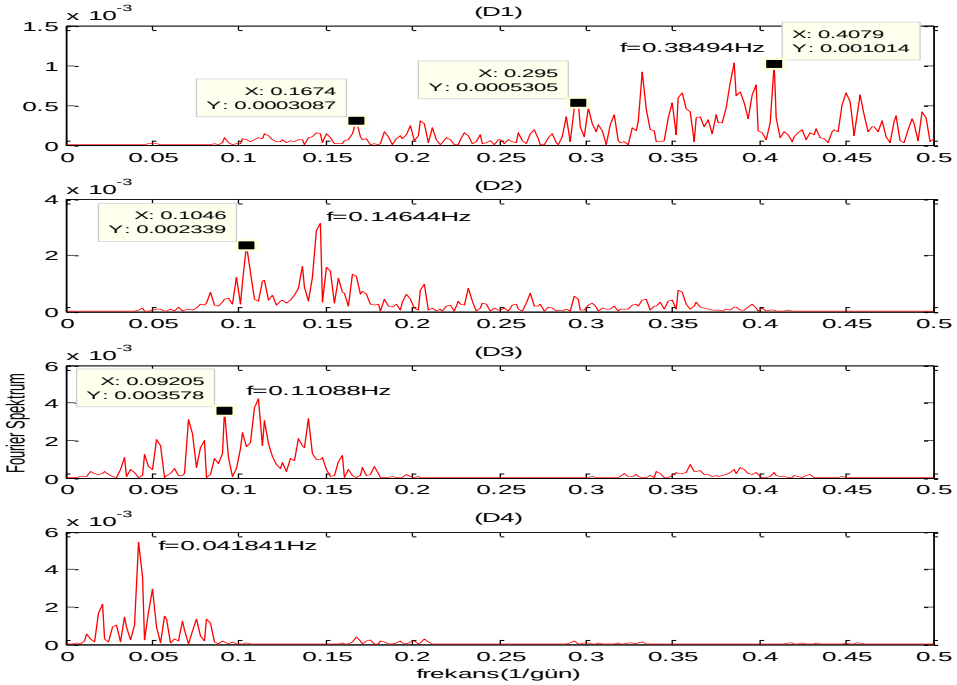
Şekil F.76: KNYA1 yükseklik D5-D7 güç-frekans değişimleri.



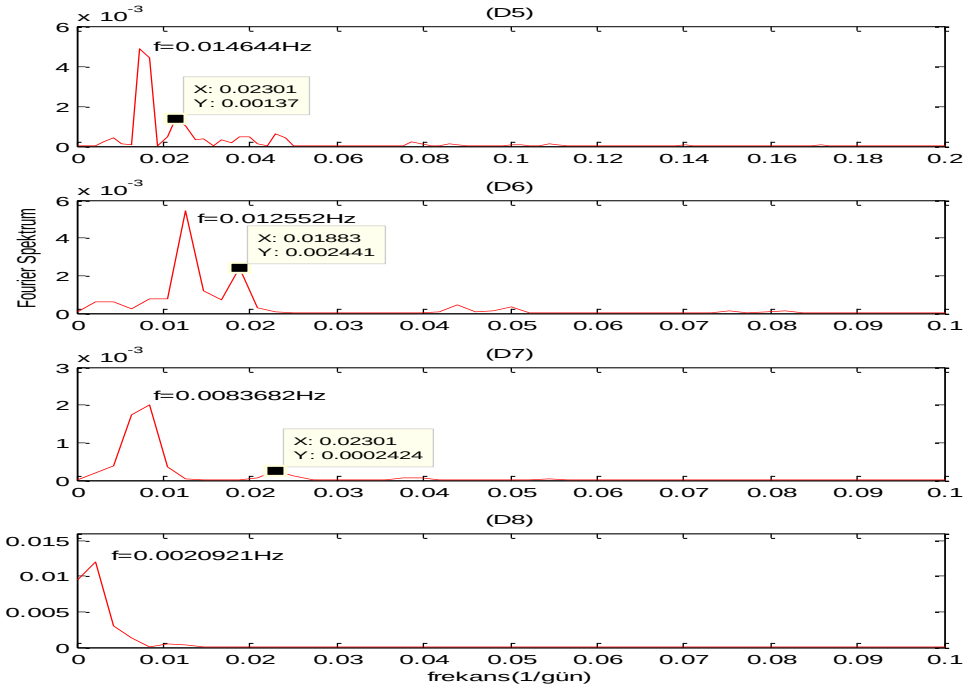
Şekil F.77: KNYA1 yükseklik A1-A4 güç-frekans değişimleri.



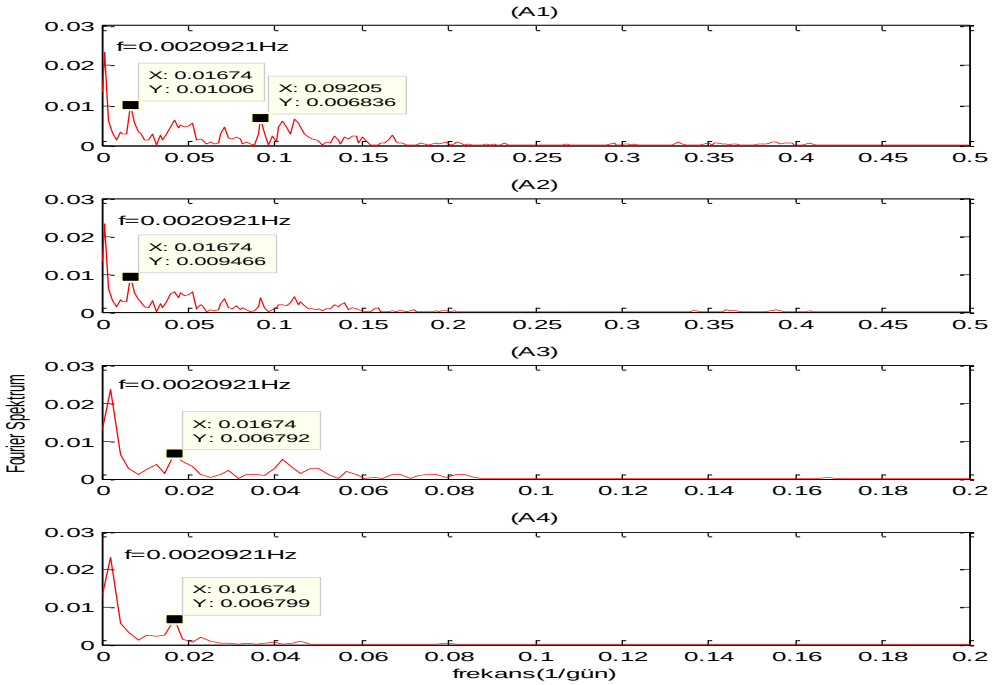
Şekil F.78: KNYA1 yükseklik A5-A7 güç-frekans değişimleri.



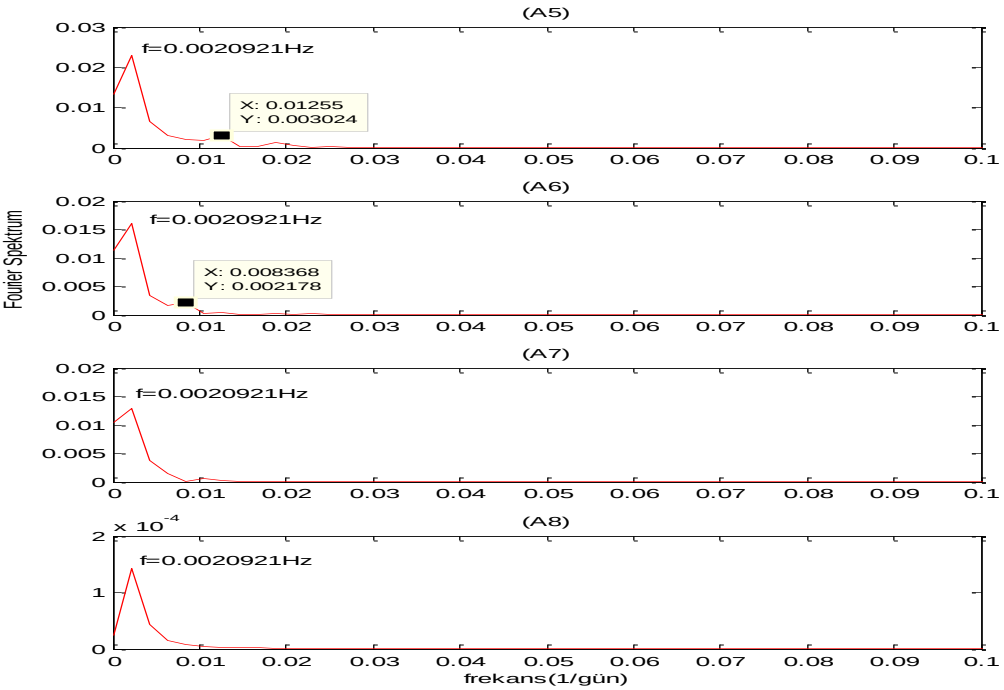
Şekil F.79: KNYA2 kuzey D1-D4 güç-frekans değişimleri.



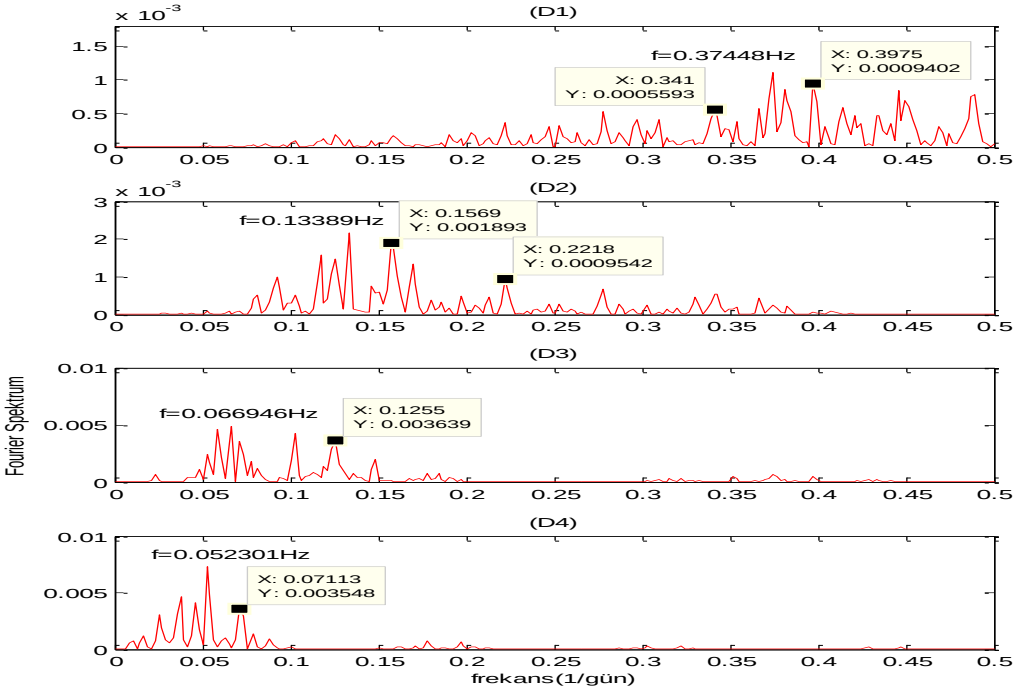
Şekil F.80: KNYA2 kuzey D5-D8 güç-frekans değişimleri.



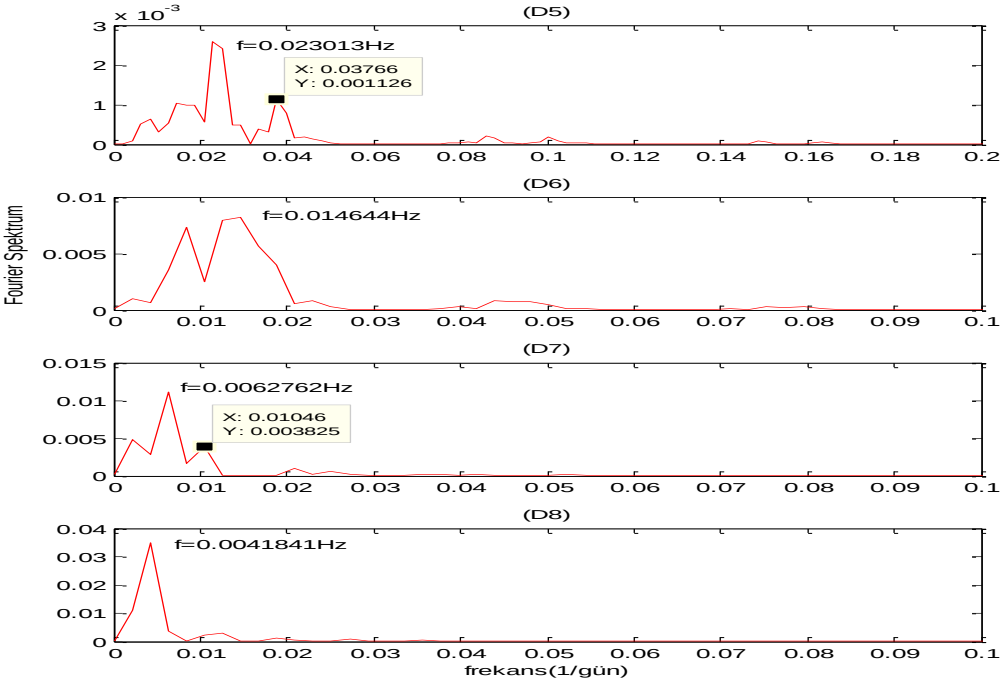
Şekil F.81: KNYA2 kuzey A1-A4 güç-frekans değişimleri.



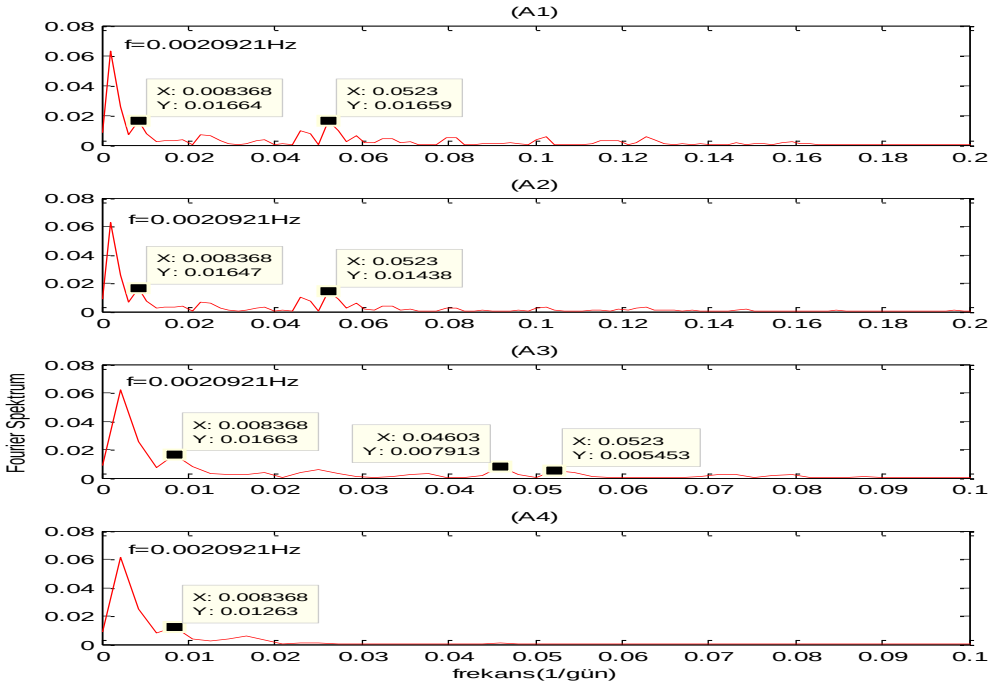
Şekil F.82: KNYA2 kuzey A5-A8 güç-frekans değişimleri.



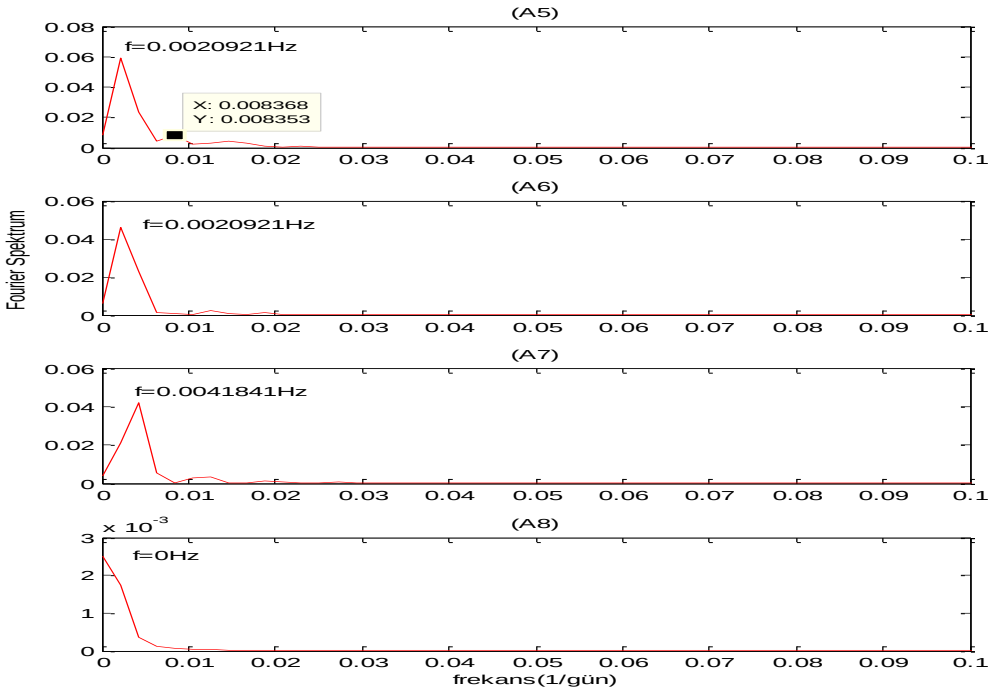
Şekil F.83: KNYA2 doğu D1-D4 güç-frekans değişimleri.



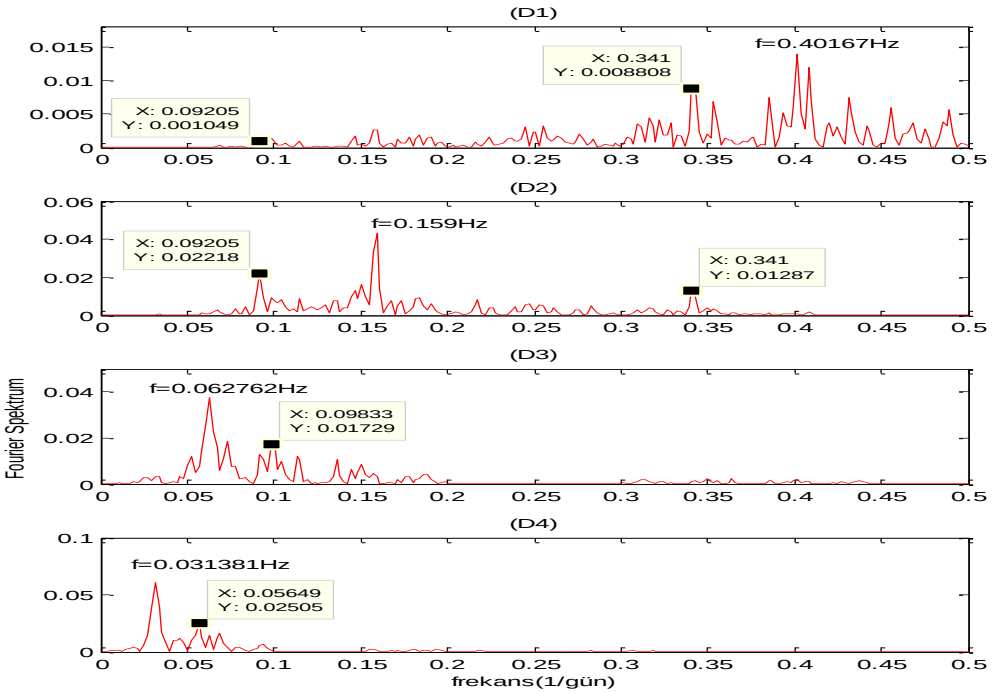
Şekil F.84: KNYA2 doğu D5-D8 güç-frekans değişimleri.



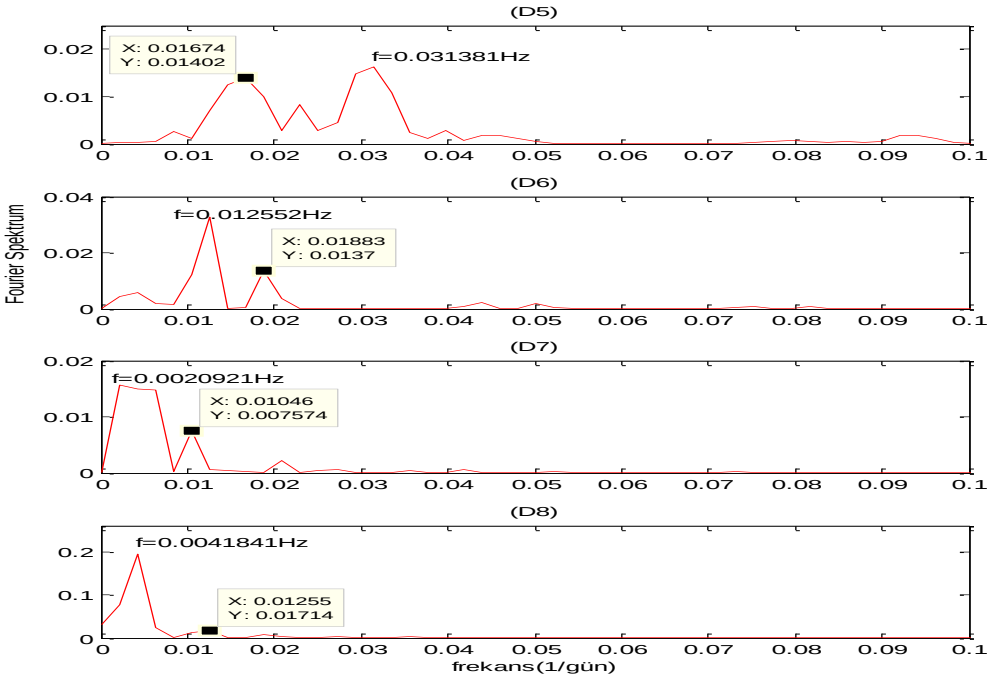
Şekil F.85: KNYA2 doğu A1-A4 güç-frekans değişimleri.



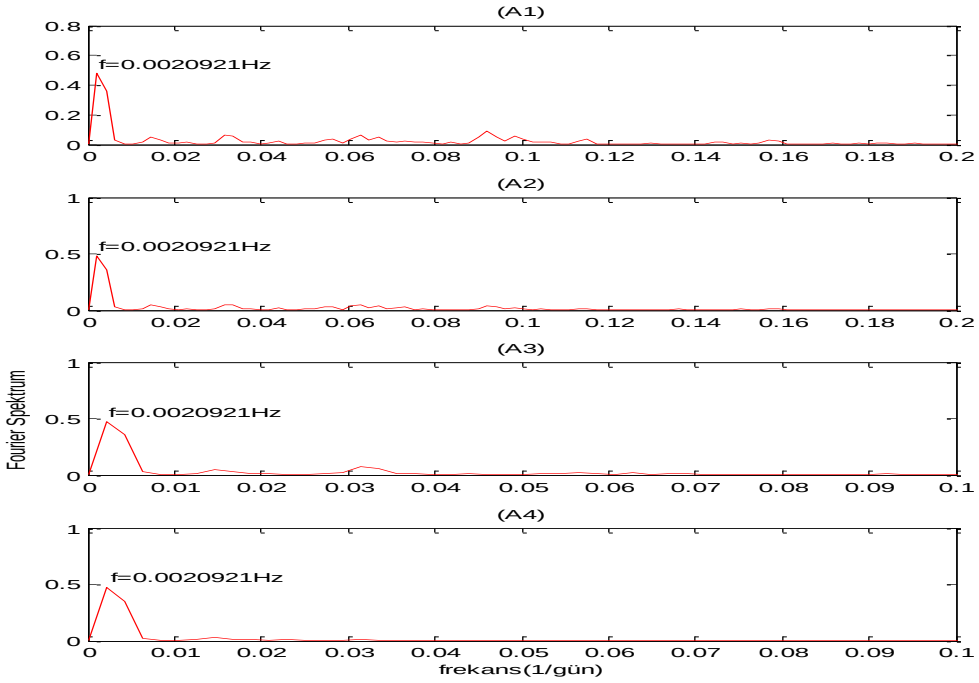
Şekil F.86: KNYA2 doğu A5-A8 güç-frekans değişimleri.



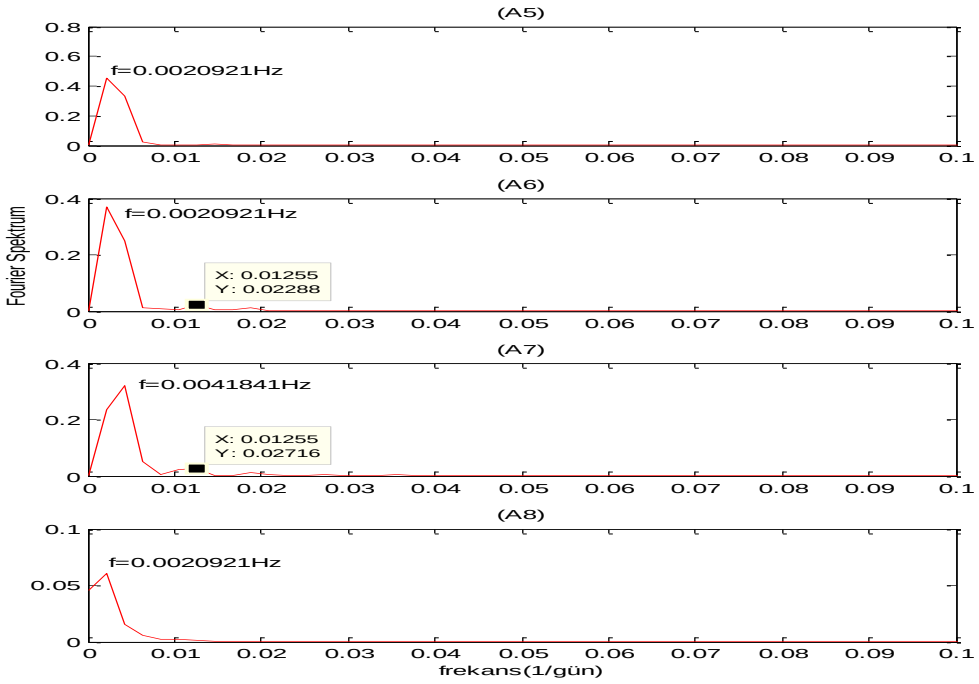
Şekil F.87: KNYA2 yükseklik D1-D4 güç-frekans değişimleri.



Şekil F.88: KNYA2 yükseklik D5-D8 güç-frekans değişimleri.



Şekil F.89: KNYA2 yükseklik A1-A4 güç-frekans değişimleri.



Şekil F.90: KNYA2 yükseklik A5-A8 güç-frekans değişimleri.