



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Sabit GNSS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinde Deneysel Mod Ayrıştırma

Empirical Mode Decomposition at Coordinate Time Series of Permanent GNSS Stations

Yazar(lar) (Author(s)): Emine Tanır KAYIKÇI, Seldanur ÇELİK

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Kayıkçı E. T., Çelik S., “Sabit GNSS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinde Deneysel Mod Ayrıştırma”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3): 8-14, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>

Sabit GNSS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinde Deneysel Mod Ayrıştırma

Emine Tanır Kayıkçı, Seldanur Çelik

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon
e-posta: etanir@ktu.edu.tr, seldanurcelikk@gmail.com

Geliş Tarihi: 9.12.2018

Kabul Tarihi: 29.12.2018

Özet

Sabit GNSS istasyonlarının koordinat zaman serileri doğrusal veya doğrusal olmayan yönde trend ve mevsimsel değişimler içermektedir. Bu değişimlerin meydana gelmesinde genellikle kabuk deformasyonları, tektonik hareketler, atmosferik veya hidrolojik yüklemeler gibi faktörler etkili olmaktadır. Jeodezik, jeodinamik ve jeofiziksel alanlarda yapılacak çalışmalara doğru ve güvenilir bilgi kaynağı sağlamak için koordinat zaman serilerinde trend ve mevsimselliğin analiz edilmesi gerekir. Bu çalışmada Türkiye’de bulunan sabit GNSS istasyonlarından TUBİ istasyonuna ait Yukarı bileşen koordinat zaman serileri incelenmiştir. 1999 ve 2014 yılları aralığını kapsayan koordinat serilerinde Deneysel Mod Ayrıştırma yöntemi uygulanarak İç Mod Fonksiyon bileşenleri elde edilmiş ve doğrusal olmayan trend belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Koordinat Zaman Serileri, Trend, Deneysel Mod Ayrıştırma

Empirical Mode Decomposition at Coordinate Time Series of Permanent GNSS Stations

Abstract

The coordinate time series of the permanent GNSS stations include trend and seasonal changes in the linear or non-linear direction. Factors such as shell deformations, tectonic movements, atmospheric or hydrological stresses are generally effective in the occurrence of these changes. In order to provide accurate and reliable sources of information in geodetic, geodynamic and geophysical fields, trend and seasonality should be analyzed in coordinate time series. In this study, Up coordinate time series of TUBİ station from permanent GNSS stations in Turkey are investigated. In the coordinate series covering the range of 1999 and 2014, Empirical Mode Decomposition method was used to obtain Intrinsic Mode Function and determine the non-linear trend.

Keywords: Coordinate Time Series, Trend, Empirical Mode Decomposition

1. Giriş

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) teknolojisindeki gelişimler sayesinde sabit GNSS istasyonlarının uzun dönemli kaydedilebilen günlük koordinat verilerinin değişimlerini incelemek mümkün olmaktadır. Yeryüzünde yaşanan tektonik (depremler, kabuk hareketleri) ve tektonik olmayan hareketler, (atmosferik yüklemeler, hidrolojik yüklemeler, yanlış modellenmiş faz merkezi parametreleri, uydu yörüngeleri, uydu yükseklikleri ve azimutu, troposfer ve iyonosferdeki değişimler vb.) istasyon koordinat değerlerini belli bir seviyedeki sistematik hatanın etkisi altında bırakmaktadır. Bu etkiler özellikle uzun süreli gerçek olmayan eğilimler (trend), yarım ya da yıllık meydana gelen periyodik değişimler (mevsimsellik) şeklinde olup istasyon hız konumlarını olumsuz

etkilemektedir. Sabit GNSS istasyonları koordinat zaman serilerinde trend, doğrusal veya doğrusal olmayan şekilde gözlemlenebilir. Durağan olmayan koordinat serilerinde doğrusal olmayan trendi belirlemek için Deneysel Mod Ayrıştırma (EMD-Empirical Mode Decomposition) yöntemi uygulanabilir. Literatürde Hilbert Huang Dönüşüm (HHD) yönteminin bir parçası olarak yer alan EMD, birden fazla sinyal içeren koordinat serilerini İç Mod Fonksiyon (IMF-Intrinsic Mode Function) olarak adlandırılan alt bileşen sinyallere ayrıştırarak doğrusal olmayan trendin ortaya çıkarılmasına olanak sağlamaktadır.

GNSS koordinat zaman serilerinin jeofiziksel olarak yorumlanması, genellikle kabuk hareket hızlarının belirlenmesini ve mevsimsel kütle yüklerinin neden

olduğu periyodik hareketlerin genlik ve fazlarının belirlenmesini kapsamaktadır [1-2]. Bu kapsamda koordinat zaman serilerinin EMD yöntemi ile IMF bileşenlerine ayrıştırılarak incelenmesi jeofiziksel yorumlama açısından da fayda sağlamaktadır. Bu çalışmada Türkiye’de bulunan TUBİ GNSS istasyonunun Yukarı koordinat zaman serileri üzerinde EMD yöntemi uygulanmış, yöntemden elde edilen IMF bileşenleri ve kalıntı değerler irdelenmiştir.

2. EMD; Deneysel Mod Ayırıştırma Yöntemi

EMD; deneysel, uyarlanabilir, içsel ve yerel özellikleri sayesinde veri analizini gerçekleştiren bir yöntemdir. Atmosferik, sismik, finansal, oşinografi gibi çeşitli alanlarda zamana bağlı değişim gösteren veri analizlerinde uygulanabilir. EMD yönteminin temel varsayımı; veri herhangi bir anda farklı frekans ve dalga modlarındaki bilgiyi aynı anda iç içe geçmiş karmaşık şekilde içerebilir. Bu salınım modlarının her biri bir IMF ile temsil edilir. IMF’ler tek bileşenli fonksiyonlar olarak kabul edilir. IMF bileşenlerinin iki önemli özelliği vardır. Bunlardan biri, tüm veri setinde ekstremum ve sıfır geçiş noktalarının sayısı eşit ya da aralarındaki farkın en fazla bir olmasıdır. Diğeri ise herhangi bir veri noktasında yerel maximum ve yerel minimum noktalar tarafından tanımlanan zarfların ortalamasının sıfır olmasıdır.

2.1. EMD ile IMF Bileşenlerinin Elde Edilmesi

EMD yöntemi, zaman serilerinde salınım gösteren sinyali IMF olarak adlandırılan farklı frekanstaki bileşenlerine ayrıştırarak veri içerisindeki fiziksel süreç özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Farklı zaman ölçeklerindeki sinyallerin değişkenliğinin analiz edilmesinde bir filtreleme görevi yaparak seri yapısındaki doğrusal olmayan trend bileşenini ortaya çıkarır. Zamana bağlı değişim gösteren veri analizlerinde IMF bileşenlerinin elde edilmesi için EMD algoritması kullanılabilir. EMD algoritması, veri sinyalinden yerel ortalamayı ardışık olarak çıkaran iteratif bir eleme sürecine dayanır. EMD yönteminin uygulanabilmesi için veri kümesinin herhangi bir ortalama değerine ya da sıfır referans noktasına gereksinim yoktur. Bunun yerine, yerel ekstremum noktaların varlığı yeterli koşuldur. Her IMF için sıfır referans değeri eleme süreci ile doğrudan oluşur.

EMD yöntemi ile IMF bileşenlerinin elde edilmesi için ele alınan bir $x(t)$ giriş verisinde ilk olarak yerel minimum ve yerel maksimum olan ekstremum noktalar belirlenir. Ekstremum noktalar kübik eğri ile birleştirilerek $e_{\min}(t)$ alt zarf ve $e_{\max}(t)$ üst zarflar oluşturulur. Oluşturulan zarfların ortalaması her bir zaman noktası için

$$m_1 = (e_{\min}(t) + e_{\max}(t))/2 \quad (1)$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi hesaplanır. Hesaplanan zarf ortalaması girdi olarak ele alınan orjinal veriden

$$h_1 = x(t) - m_1 \quad (2)$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi çıkarılarak ilk eleme işlemi gerçekleştirilir. Eleme işlemi sonucunda elde edilen yeni ekstremum noktalar veri yapısında var olan gizli salınımların ortaya çıkarılmasında kullanılır. Dolayısıyla IMF bileşenlerinin ortaya çıkarılma işlemi

$$h_{11} = h_1 - m_{11} \\ \dots \quad (3)$$

$$h_{1k} = h_{1(k-1)} - m_{1k}$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi birden fazla tekrarlanabilir. Tekrarlanma işlemi, bütün pozitif yerel maksimum değerleri sıfır değerinin üzerinde, yerel minimum değerleri ise sıfır değerinin altında gerçekleşen simetrik yapıya IMF bileşenleri elde edilinceye kadar devam ettirilir. Eleme işleminin durdurulmasında iki ardışık eleme sürecinden de yararlanılır. Bu durumda eleme işlemi, iki ardışık eleme sürecinden

$$s_k = \frac{\sum_{t=0}^T |h_{(k-1)}(t) - h_k(t)|^2}{\sum_{t=0}^T h_{k-1}^2} \quad (4)$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi hesaplanan standart sapmanın, genellikle 0.2 veya 0.3 gibi belirlenen öncül standart sapma değerinden küçük olması şartı sağlanıncaya kadar devam ettirilir. Eleme işlemi sonlandığında

$$IMF_1 = h_{1k} \quad (5)$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi ilk IMF bileşeni elde edilmiş olur. IMF1 veride en yüksek frekansa, diğer

bir ifadeyle en düşük periyoda sahip bileşendir. IMF1 bileşeni girdi veriden

$$r_1 = x(t) - IMF_1 \quad (6)$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi çıkarıldığında ise r_1 kalıntı verisi elde edilir. r_1 , IMF1 bileşeninden daha uzun periyoda sahip kalıntıları içerir. Dolayısıyla elde edilen r_1 kalıntı verisi, yeni bir veri seti olarak ele alınır ve bu aşamaya kadar olan işlem adımları tekrardan uygulanır. Bu süreç, IMF elde edemeyecek monoton dizi olana kadar devam ettirilir. Burada ifade edilen monotonluk, kalıntı veride yerel maksimum veya yerel minimum nokta sayılarının biri geçmemesi şartı sağlanıncaya kadar devam ettirilmesidir [3-4-5-6-7]. IMF üretme işleminin kalıntı veride en fazla üç ekstremum nokta kalıncaya kadar devam ettirilebileceği de söz konusudur [8]. Süreç sonunda n adet IMF bileşeni elde edildiğinde

$$r_2 = r_1 - IMF_2$$

$$r_3 = r_2 - IMF_3$$

⋮

(7)

$$r_n = r_{n-1} - IMF_n$$

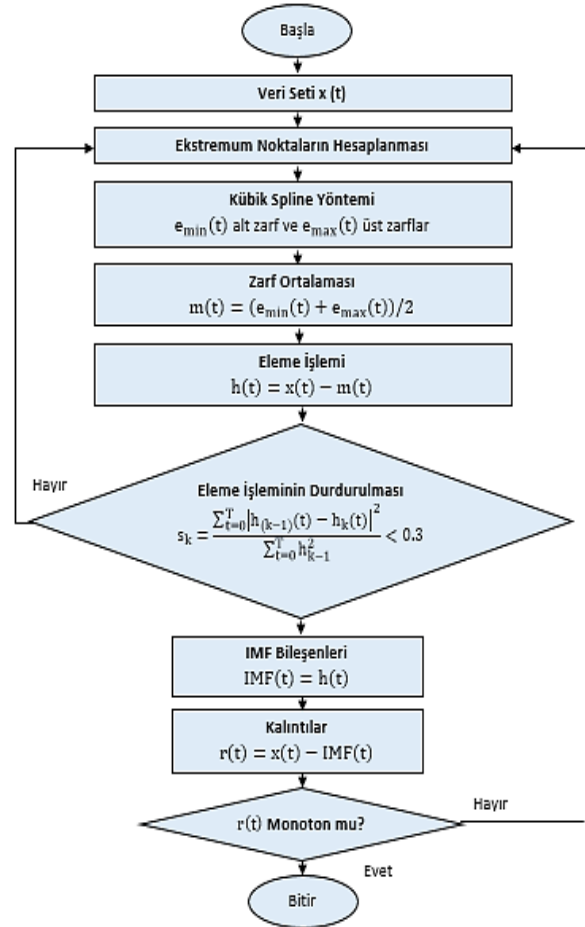
eşitliğinde ifade edildiği gibi ayırıştırma işlemi gerçekleştirilmiş olur. r_n kalıntısı trend veya sabit değerli fonksiyon olarak elde edilebilir. Bütün bu açıklamalar doğrultusunda EMD yönteminden IMF bileşenlerinin belirlenmesi algoritmik şema ile de kısaca özetlenmiştir (Şekil 1).

2.2. EMD Yönteminin Avantajları

Geleneksel veri analiz yöntemleri, verilerin doğrusal ve durağan oldukları varsayımlarına dayanmaktadır. Ancak sürekli hareket halinde olan yeryüzünde neredeyse hiçbir işaret doğrusal veya durağan değildir. Fourier dönüşümü, dalgacık dönüşümü gibi yaygın kullanılan veri ayırıştırma yöntemleri, trigonometrik fonksiyonlar gibi matematiksel açıdan sağlam öncül bir temele sahiptir. Ancak, veri analizinin en temel amacı, verilerin matematiksel özelliklerini bulmaktan ziyade verilerde gizlenen fiziksel içeriklerin ortaya çıkarılmasını sağlamaktır. EMD yöntemi, öncül matematiksel temellere gereksinim duymadan deneysel ve içsel olarak

durağan olmayan ve doğrusal olmayan zaman serilerinin analizinde kullanılabilir.

Fiziksel olarak, durağan olmayan ve doğrusal olmayan süreçlerin daha iyi anlaşılması için zamanın bir fonksiyonu olan anlık frekanslara ihtiyaç duyulur. Burada anlık frekans, analitik sinyalin faz fonksiyonunun türevi olarak tanımlanabilir. Fiziksel olarak anlamlı anlık frekansların elde edilmesi için fonksiyonun tek bileşenli, yerel olarak sıfır ortalamalı ve dalganın sıfır ortalamaya göre simetrik olmasına gereksinim duyulur. EMD yöntemi tüm bu koşulları sağlamaya çalışır. EMD yöntemi ile IMF bileşenlerinin elde edilmesi zaman serilerinde anlık frekans, faz ve genliklerin belirlenmesi için ön adım işlemini gerçekleştirir. Ayrıca, EMD yöntemi farklı zaman ölçeklerindeki sinyallerin değişkenliğinin analiz edilmesinde yüksek frekansa düşük frekansa doğru bir filtreleme görevi yapar. Bu durum seri yapısındaki doğrusal olmayan trend bileşeninin ortaya çıkarılmasına olanak sağlar.



Şekil 1. EMD Algoritması ile IMF bileşenlerinin elde edilmesi

2.3. EMD Yönteminin Dezavantajları

EMD yönteminde yapılan işlemlerden biri yerel ekstremumlar arasında enterpolasyonlu eğriler olarak alt ve üst zarfların tahmin edilmesidir. Bu amaç için kübik spline yöntemi uygulanır. Yapılmış deneylere bağlı olarak yüksek dereceli eğri işlevlerinin ek parametrelere ihtiyaç duyması uyarlayıcı özelliğe aykırı bulunmuştur. Ayrıca yüksek dereceli eğri fonksiyonları ilave uzunluk skalaları da getirebilmektedir. Bu durum ise hesaplamalarda daha fazla zaman almaktadır. Ayrıca uygulanacak enterpolasyon yönteminde iterasyon sayısı da önem taşımaktadır. Lineer enterpolasyon veya polinom enterpolasyon türleri gerekli eleme iterasyon sayısını arttırmaktadır. Fazla iterasyon ise aşırı bozunmaya neden olabilmektedir. Bütün bu sebeplere bağlı olarak EMD yönteminde alt ve üst zarfların oluşturulması için kübik spline kullanılır. Ancak kübik spline enterpolasyonunun önemli bir dezavantajı vardır. Kübik splinelar eleme işlemleri sırasında aşırı üst vuruşlar (overshoots) ve aşırı alt vuruşlar (undershoots) meydana getirebilir. Bu durum; yeni ekstremumlar üretebilir, mevcut ekstremumların değiştirilerek büyütülmesine sebep olabilir. Dolayısıyla IMF tahminleri olumsuz etkilenebilir [9-10-11]. Eleme işleminde, kübik spline uygulanması sonucunda oluşturulan zarfların birbirine çok yakın olması ise modların birbirine karışma ihtimaline sebep olabilir.

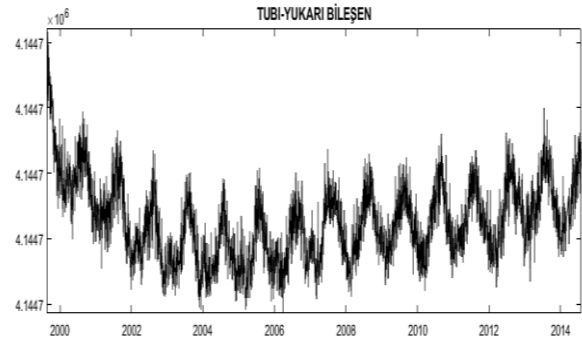
EMD yönteminin dezavantajlarından bir diğeri ise eleme işleminin durdurulması ile ilgilidir. IMF elde etmek için gerçekleştirilen eleme işleminin durdurulmasında öncül olarak belirlenen standart sapma genellikle 0.2 veya 0.3 değerinde seçilebilir. Ancak, bu durum belirlenecek değer ne kadar küçük olması gerektiği konusunda belirsizlik ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca bu kriter IMF tanımına bağlı kalmaz. Diğer bir ifadeyle benzer sayıda sıfır geçiş ve ekstremum nokta sayısını garantilemez [4].

2.4. Koordinat Zaman Serilerinde EMD Yöntemi

Koordinat zaman serileri farklı genlik ve frekansta birden fazla salınımın birleşiminden meydana gelmiş olabilir. EMD yöntemi bu salınımların ortaya çıkarılmasında kullanılan bir yöntemdir. Sabit GNSS istasyonlarının koordinat değerlerinde zamanla meydana gelen değişimleri incelemek için Türkiye'de

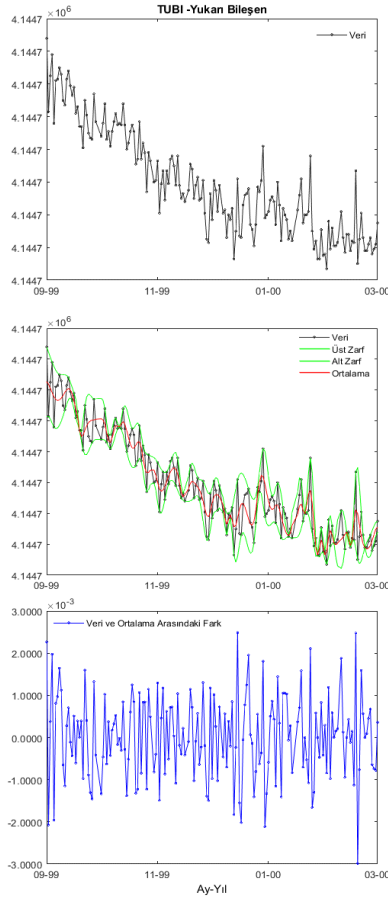
bulunan TUBİ Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) istasyonunun Yukarı bileşeni koordinat zaman serisi verileri kullanılmıştır. Veriler <http://garner.ucsd.edu/> web adresinden kullanıcı adı ve şifre ile temin edilmiştir. Ancak bu web adresinden temin edilen ham veriler üzerinde EMD yöntemi uygulanmamıştır. EMD yöntemi uygulamak için üzerinde kaba hata ve uyumsuz ölçü ayıklama, basit doğrusal regresyon gibi çeşitli uygulama işlemleri gerçekleştirilmiş günlük koordinat verileri kullanılmıştır. EMD yöntemi doğrusal trend giderilmiş koordinat zaman serileri üzerinde uygulanarak IMF bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Ayrıştırma işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen artıklar incelenmiştir.

TUBİ GNSS istasyonu Yukarı koordinat serilerinde EMD uygulamak için öncelikle kullanılan verilerin zaman serisi grafiği oluşturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. TUBİ İstasyonu Yukarı Koordinat Zaman Serisi

Şekil 2 incelendiğinde koordinat değerlerinin ilk olarak 2006 yılına kadar periyodik bir değişim içinde azaldığı daha sonra ise arttığı gözlenmektedir. Bu durum, koordinat değerlerinin doğrusal ve durağan olmayan bir davranış içinde trend ve mevsimlik etkisine sahip olduğunu göstermektedir. TUBİ Yukarı koordinat zaman serisinde EMD yöntemiyle IMF bileşenlerinin elde edilmesi için öncelikle türevleme işleminden yararlanarak ekstremum noktalar belirlendi. Ekstreum noktalar belirlendikten sonra kübik spline yöntemi ile alt zarf ve üst zarflar oluşturuldu. Alt ve üst zarfların ortalaması alınarak girdi olarak kullanılan orijinal verilerinden çıkarıldı. Böylece ilk eleme işlemi gerçekleştirilmiş oldu. Bu aşamaya kadar gerçekleştirilen işlem adımları ilk üç aylık veriler üzerinde gösterildi (Şekil 3).

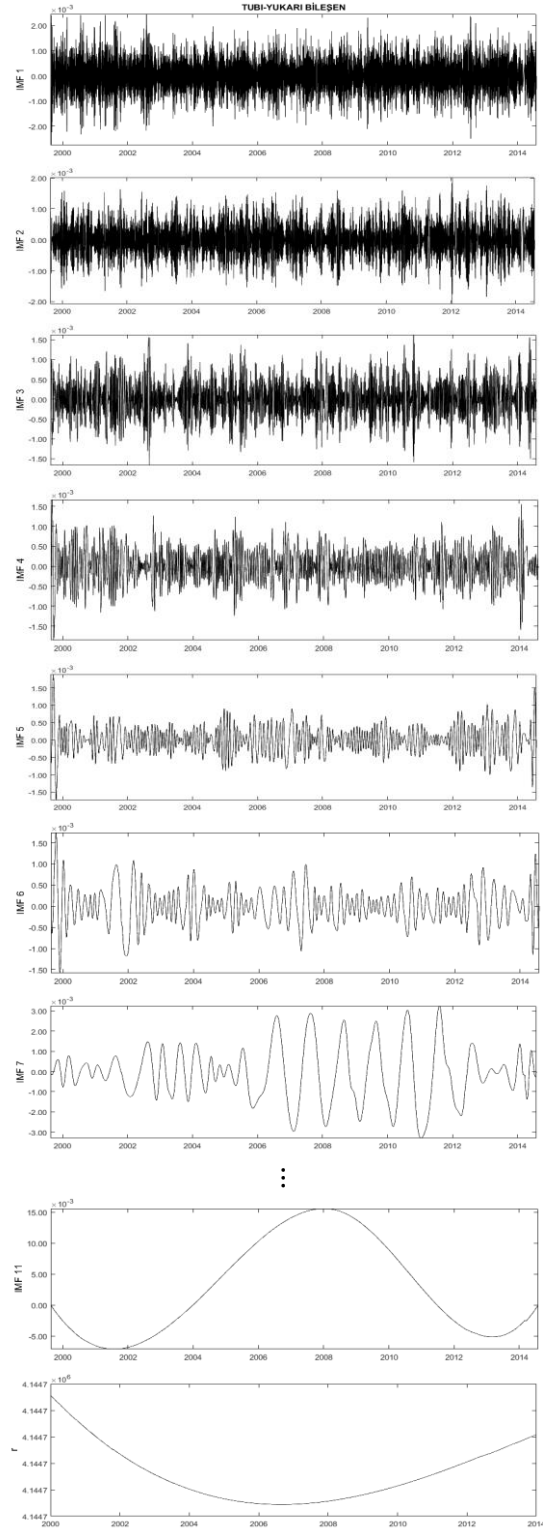


Şekil 3. TUBİ Yukarı Koordinat Verileri (üst), Zarflar ve Zarfların Ortalaması (orta), Veri ve Zarf Ortalaması Arasındaki Fark (alt)

Bu noktada, eleme işlemi birden fazla tekrarlanarak dalga profillerinin daha simetrik olması ve veri kümesinde gözlenen hafif bükülmelerin yerel uç nokta haline getirilerek IMF bileşen özelliklerinin elde edilmesi sağlanmaya çalışıldı. IMF elde etmek için iterasyon işlemi, ardışık eleme sonuçlarından hesaplanan standart sapmanın öncül olarak belirlenen 0.3 değerinden küçük olması şartı sağlanana kadar devam ettirildi. 1999-2014 yıllarını kapsayan TUBİ istasyonu Yukarı koordinat verileri üzerinde EMD yöntemi uygulandığında ise 11 IMF bileşeni elde edildi (Şekil 4).

Şekil 4 incelendiğinde IMF1, IMF2 ve IMF3 bileşenlerinde yüksek frekans özelliği gözlenmiştir. IMF4 bileşeninden itibaren frekans özelliğindeki azalma belirginleşmeye başlamıştır. Bu durum IMF5, IMF6, IMF7 bileşenlerinde devam ederek dalga boylarında artış, frekans özelliğinde ise azalma gözlenmiştir. IMF11 bileşeninde bir tepe ve iki çukur noktaya sahip dalga elde edilmiştir. r kalıntı verisi ise Şekil 2'de incelenen TUBİ GNSS istasyonu Yukarı koordinat verilerinin sergilediği genel eğilime uygun

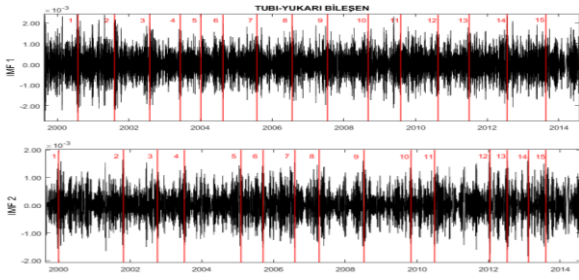
olarak elde edilmiştir. Bu durumda EMD ile elde edilen kalıntı verinin TUBİ GNSS istasyonu Yukarı koordinat zaman serisinin trendini temsil ettiğini söylemek mümkündür.



Şekil 4. TUBİ İstasyonu Yukarı Koordinat Zaman Serisinden Elde Edilen IMF Bileşenleri ve Kalıntı Veri

Yüksek frekans özelliğine sahip IMF bileşenlerinden IMF1 ve IMF2'de dalga şiddetlerinin dönemsel

olarak arttığı gözlenmiştir. Dalga şiddetlerindeki bu artış noktaları numaralandırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. IMF1 ve IMF2 Bileşenlerinde Dalga Şiddetlerindeki Artışların İrdelenmesi

Şekil 5'te numaralandırılmış noktalar incelendiğinde IMF1 ve IMF2 bileşenlerinde dalga şiddetlerinin genellikle sıcaklığın yüksek olduğu Haziran, Temmuz, Ağustos aylarına paralel olarak bir artış içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. IMF1 ve IMF2 Bileşenlerinde Dalga Şiddetlerindeki Artışların İrdelenmesi

| No | IMF1 | IMF2 |
|----|---------------|---------------|
| | Ay, Yıl | Ay, Yıl |
| 1 | Temmuz,2000 | Ocak, 2000 |
| 2 | Ağustos,2001 | Ekim, 2001 |
| 3 | Ağustos,2002 | Haziran, 2002 |
| 4 | Haziran, 2003 | Temmuz,2003 |
| 5 | Ocak, 2004 | Ocak, 2005 |
| 6 | Ağustos, 2004 | Eylül, 2005 |
| 7 | Temmuz,2005 | Haziran, 2006 |
| 8 | Temmuz,2006 | Mart, 2007 |
| 9 | Temmuz,2007 | Temmuz,2008 |
| 10 | Temmuz,2008 | Ekim,2009 |
| 11 | Temmuz,2009 | Temmuz,2010 |
| 12 | Ağustos, 2010 | Ocak, 2012 |
| 13 | Haziran, 2011 | Temmuz,2012 |
| 14 | Temmuz,2012 | Şubat, 2013 |
| 15 | Temmuz,2013 | Temmuz,2013 |

3. Sonuç

Yersel referans ağlarına göre konumları sabit olarak yeryüzüne tesis edilen sabit GNSS istasyonları doğadaki değişimlere bağlı olarak zamanla trend ve mevsimsellik gibi farklı davranışlar içermektedir. Bu davranış özellikleri TUBI Yukarı koordinat zaman serilerinin çizdirilen zaman serisi grafiğinde gözlenmiştir.

Doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinin analizi için geliştirilmiş, türevleme özelliği kullanarak verileri kendi içsel özelliklerine göre ayırıştırma bakımından avantaj sağlayan EMD yöntemi, TUBI Yukarı koordinat zaman serilerinde uygulanmıştır. Bunun sonucunda, yerel sıfır ortalamaya göre simetrik 11 IMF bileşeni elde edilmiştir. Genellikle

IMF5 bileşeninden sonra frekans özelliği azalmıştır. IMF bileşenlerinin yüksek frekanstan düşük frekansa doğru sıralanması yöntemin bir filtreleme özelliği içerdiğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla EMD yönteminin verileri yüksek frekanstan düşük frekansa göre filtrelediğini söylemek mümkündür. Ayırıştırma işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen doğrusal olmayan kalıntılar trend olarak değerlendirilmiştir.

EMD yöntemi ile TUBI Yukarı koordinat zaman serilerinde belirlenen IMF bileşenlerinin veriden ayırıştırılması ile serinin içerdiği doğrusal olmayan trend özelliği ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, IMF1 ve IMF2 bileşenlerinde gözlenen dalga şiddetlerindeki artışların genellikle yaz aylarında tespit edilmesi koordinat zaman serilerinin iklimsel değişimlerden etkilendiği ortaya koymaktadır.

GNSS koordinat zaman serilerinde mevsimselliğin hassas olarak belirlenmesinde spektral analizlerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda, literatürde yer alan ve HDD yönteminin diğer bir parçası olarak bahsedilen Hilbert Dönüşümü (HD) ile IMF bileşenlerinin analiz edilmesi anlık frekans, anlık genlik, anlık fazlarının belirlenmesine ve bu parametrelerden yararlanarak yapılacak spektral analizlere katkı sağlayacaktır.

Doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde trend belirlemede EMD yöntemi, regresyon modelleri ile trend belirlemeye alternatif olarak kullanılabilir. EMD yönteminde, türev özelliği kullanılarak veriler kendi içsel özelliklerine göre ayırıştırılmaktadır. Belli bir matematiksel modele bağlı olarak çözüm yapılmamaktadır. Dolayısıyla, doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde trend belirlemek için kullanılan EMD yönteminin verilerin içsel özellikleri taşıması nedeniyle diğer yöntemlere göre daha üstün nitelikli olduğu söylenebilir.

Zaman serilerinde trend ve mevsimsel etkiler önemli bileşenlerdir. Yeryüzü hiçbir zaman durağan olmadığı ve çeşitli jeofiziksel süreçlerden etkilendiği için bu bileşenlerin başka parametrelerle ilişkisi ortaya konulabilir. Örneğin, koordinat zaman serilerinde mevsimselliğin sıcaklık, basınç gibi

iklimsel parametrelerle ilişkisi ölçülebilir. Ancak mevsimsel salınımların altında yatan dinamik olayların daha iyi anlaşılması için spektral analizler uygulanabilir. Spektral analiz ile periyodik bileşenlerin analiz edilmesi için ihtiyaç duyulan frekans değerleri elde edilen IMF bileşenlerine HD dönüşüm uygulanması ile bulunabilir.

Zaman serilerinin frekans bölgesine dönüştürülmesi, çoğunlukla zamanla değişmeyen genlik ve frekans değerleri veren Fourier dönüşümüne dayanmaktadır. Ancak Fourier analizi doğrusal ve durağan olmayan veri yapılarında kullanır. Ayrıca, zamandan bağımsız olduğu için verinin zamanla değişen fiziksel özelliklerini ortaya çıkaracak frekanslar elde edilemez. Bu çalışmanın devamında gerçekleştirilecek analizlerde, periyodik bileşenlerin analiz edilmesi üzerinde durulacaktır. HD dönüşümden elde edilecek anlık frekans değerleri, Fourier dönüşümünden hesaplanacak frekans değerleri ile karşılaştırılacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada Uluslararası GNSS Servisi (IGS)'nden sağlamış veri dosyaları kullanılmıştır.

Kaynaklar

- [1] King, M.A. ve Watson, C.S., " Long GPS coordinate time series: multipath and geometry effects," *Journal Of Geophysical Research. Vol. 115*, 2010.
- [2] Dong, D. Fang, P., Bock, Y., Cheng, M.K., ve Miyazaki, S., "Anatomy of apparent seasonal variations from GPS-derived site position time series," *Journal Of Geophysical Research. 107. B4*, 2002.
- [3] Elbi, M.D., "Hilbert Huang Dönüşümü ile zaman serilerindeki gürültü bileşenlerinin ayrıştırılması" *Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli*, 2013.
- [4] Huang, N.E. ve Shen, S.S.P., "Hilbert-Huang transform and its application," *World Scientific*, 2005.
- [5] Torun, E., "HHT analizine ilişkin yeni yaklaşımlar: sermaye piyasası üzerine bir uygulama," *Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*, 2012.
- [6] Wu, Z. ve Huang, N.E., "A study of the characteristics of white noise using the empirical mod decomposition method," *Proc. Roy. Soc. London. 460A: 1597-1611*, 2004.
- [7] Giron-Sierra, J.M, "Digital signal processing with matlab examples, volume 1: signals and data, filtering, non-stationary signals, modulation," *Springer*, 2016.
- [8] Battista B.M., Knapp, C., McGee, T., ve Goebel, V., "Application of the empirical mode decomposition and hilbert-huang transform to seismic reflection data," *Geophysics. 72. 2: H29-H37*, 2007.
- [9] Özdemir, S., " Analysis of GNSS time series obtained from Turkish national permanent GNSS stations network-active system using Hilbert Huang Transform," *A Thesis Submitted To Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, June*, 2014.
- [10] Pegram, G.G.S., Peel, M.C., ve McMahon, T.A., "Empirical mode decomposition using rational splines: an application to rainfall time series," *Proceeding Of The Royal A Society, Şubat*, 2008.
- [11] Yıldız, H., Çırmık A., Pamukçu O., Gönenç T., ve Kahveci M., "Sabit GPS koordinat zaman serilerinden deneysel mod ayırıştırma yöntemi ile deprem sinyallerinin ayrıştırılması," 2017.