IGS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinde Deneysel Mod Ayrıştırma Yöntemi İle Trend Analizi

Trend Analysis of IGS Coordinate Time Series by Empirical Mode Decomposition Method

Emine TANIR KAYIKÇI[1]
Seldanur ÇELİK[1]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye,

Özet

Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) istasyonları koordinat zaman serileri doğrusal veya doğrusal olmayan trend ve mevsimsel değişimler içermektedir. Koordinat serilerindeki bu değişimler genellikle kabuk deformasyonları, tektonik hareketler, atmosferik veya hidrolojik yükmeler sonucu meydana gelmektedir. Jeodezik, jeodinamik ve jeofiziksel alanlarda yapılacak çalışmalara doğru ve güvenilir bilgi kaynağı sağlamak için koordinat zaman serilerinde trend ve mevsimsel etkilerin analiz edilmesi gerekir. Bu çalışmada Türkiye'de bulunan TUBI IGS istasyonunun Yukarı (Y) bileşeninin 1999 ve 2014 yılları arasındaki koordinat serilerinde trend analizi için Deneysel Mod Ayrıştırma yöntemi (EMD-Empirical Mode Decomposition) uygulanmıştır. İklimsel değişimlerin koordinat serileri üzerindeki etkisini gözlemlemek için EMD yönteminden elde edilen bulgular ayrıca irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Koordinat Zaman Serileri, Trend, Deneysel Mod Ayrıştırma, İklimsellik

Abstract

Coordinate time series generated by the IGS (International GNSS Service) stations involve linear or nonlinear trends and seasonal variations. These changes in coordinate series are generally caused by crustal deformations, tectonic movements, atmospheric or hydrological loads. The trend and seasonality need to be analyzed in order to provide an accurate and reliable source of information for the studies in geodetic, geodynamic and geophysical areas. In this study, the between 1999 and 2014 coordinate series of the Up (Y) component of TUBI IGS station were analyzed by Empirical Mode Decompostion (EMD) method. In order to observe the effect of climatic changes on the coordinate series, the findings obtained from the EMD method were examined separately.

Keywords:

Coordinate Time Series, Trend, Empirical Mode Decomposition, Climatic

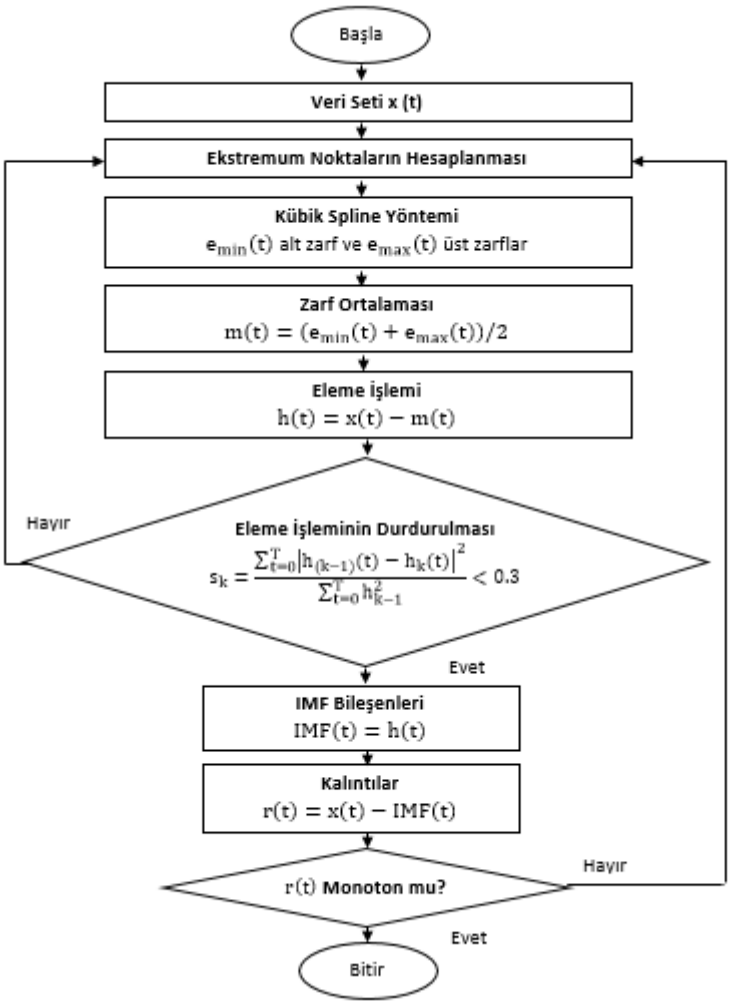
1. Giriş

GNSS teknolojisindeki gelişim sayesinde uzun dönemli kaydedilen günlük koordinat verilerinin değişimlerini incelemek mümkün olmaktadır. Genellikle yeryüzünde yaşanan tektonik ve tektonik olmayan (atmosferik, hidrolojik yüklemeler vb.) hareketler sebebiyle koordinat serileri belli bir seviyedeki sistematik hatanın, özellikle de uzun süreli gerçek olmayan eğilimler (trend) ve yarım ya da yıllık periyodik değişimler (mevsimsellik) gibi hataların etkisi altındadır. GNSS koordinat zaman serilerinin jeofiziksel olarak yorumlanması genellikle kabuk hareketlerin hızlarının ve atmosferik, hidrolojik veya okyanusal gibi mevsimsel kütle yüklerinin neden olduğu periyodik hareketlerin genlikleri ve fazlarının belirlenmesini kapsamaktadır (King and Watson, 2010; Dong vd., 2002). Bu durumda birden fazla sinyali içeren GNSS koordinat serilerini alt sinyallere ayrıştırarak inceleme jeofiziksel yorumlama açısından fayda sağlamaktadır. Deneysel Mod Ayrıştırma (EMD-Empirical Mode Decomposition) yöntemi, karmaşık veri setinden meydana gelen zaman serilerini İçsel Mod Fonksiyonu (IMF-Intrinsic Mode Decomposition) olarak adlandırılan alt sinyallere ayrıştırmakta ve serinin içerdiği trendi ortaya çıkarmaktadır. Yöntemin doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde kullanılması ise avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada koordinat serilerinde trend belirlemek için EMD yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemden elde edilen IMF bileşenleri iklimsel açıdan da irdelenmiştir.

2. Yöntem

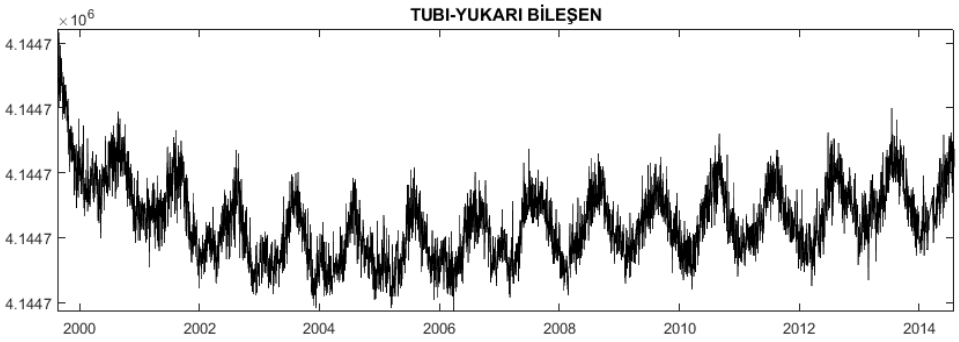
EMD; deneysel, uyarlanabilir, içsel ve yerel özellikleri sayesinde veriyi analiz eder. Doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde kullanılabilen bu yöntemin temel varsayımı; veri herhangi bir anda farklı frekans ve dalga modlarındaki bilgiyi aynı anda iç içe geçmiş şekilde içerebilir. Bu salınım modlarının her biri, bir IMF ile temsil edilir. 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. IMF'lerin iki önemli özelliği vardır. Bunlardan biri, tüm veri setinde extremum ve sıfır geçiş noktalarının sayısı eşit ya da aralarındaki fark en fazla bir olmadır. Diğeri ise herhangi bir veri noktasında yerel maximum ve yerel minimin noktaları tarafından tanımlanan zarfların ortalaması sıfır olmalıdır. EMD yöntemi, eleme işlemi olarak adlandırılan bir algoritmayla uygulanır (Şekil 1). Bu algoritmada x(t) giriş verisi için ilk olarak yerel minimum ve maksimum olan ekstremum noktalar bulunur. Ekstremum noktalar kübik eğri ile birleştirilerek alt ve üst zarflar oluşturulur. Her bir zaman

noktası için zarf ortalaması hesaplanır ve girdi veriden çıkarılarak eleme işlemi gerçekleştirilir. Eleme işlemi, iki ardışık eleme sürecinden yararlanarak hesaplanan standart sapmanın genellikle 0.2 ve 0.3 gibi belirlenen öncül standart sapma değerinden küçük oluncuya kadar devam ettirilir. Eleme işlemi sonlandığında ilk IMF bileşeni elde edilmiş olur. IMF bileşeni girdi veriden çıkarıldığında ise elde edilen artık veri yeni bir veri seti olarak ele alınır. Süreç IMF elde edemeyecek monoton dizi olana kadar devam ettirilir. Diğer bir ifadeyle, artık veride yerel maksimum veya minimum nokta sayıları biri geçmeyinceye kadar devam ettirilir (Wu and Huang, 2004; Huang and Shen, 2005; Torun, 2012; Elbi, 2013; Giron-Sierra, 2016).



Şekil 1. EMD Algoritması

Çalışmada Türkiye'de bulunan TUBI Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) istasyonunun Yukarı bileşeni üzerinde EMD yöntemi uygulanmıştır. Yöntem için kullanılan koordinat serileri *http://garner.ucsd.edu/* web adresinden kullanıcı adı ve şifre ile temin edilmiştir. Doğrusal ve durağan olmayan, trend ve mevsimlik içeren koordinat serilerinde EMD uygulamak için öncelikle serinin zaman serisi grafiği oluşturulur (Şekil 2).

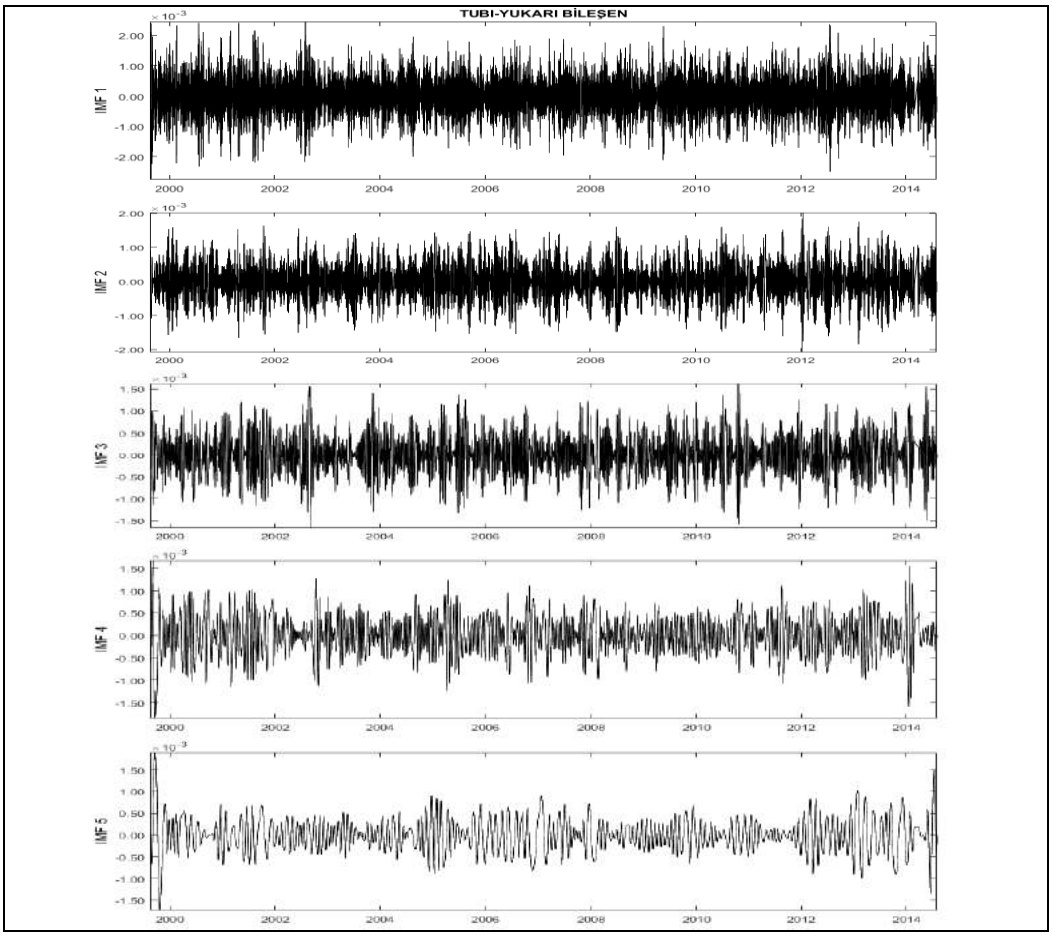


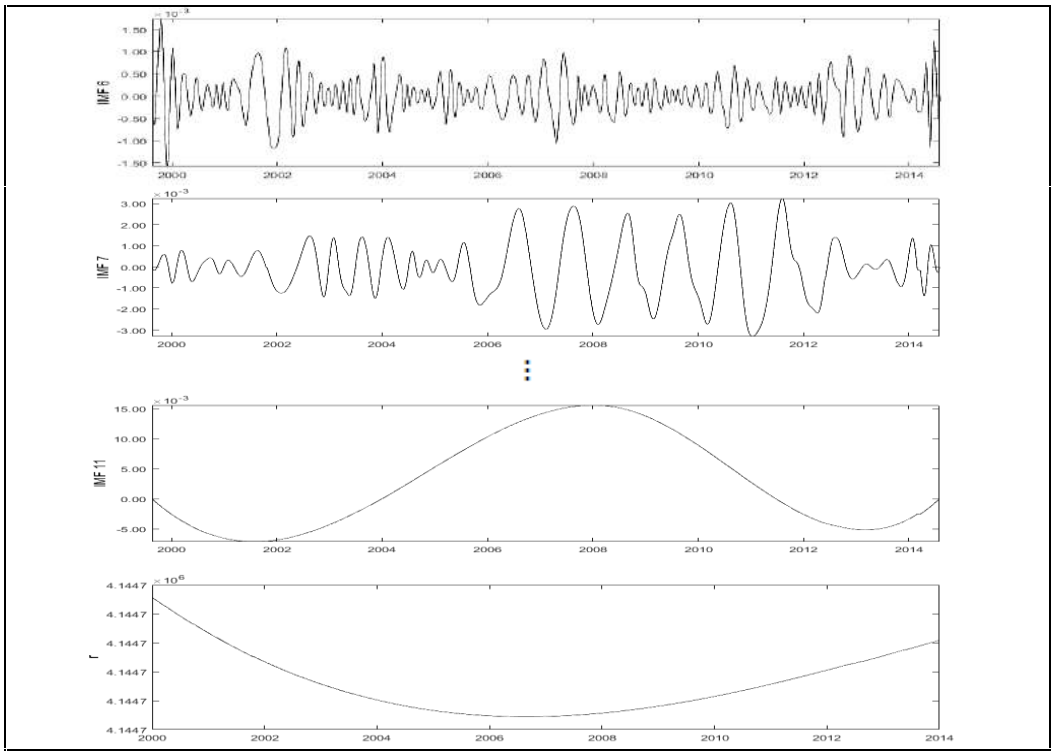
Şekil 2. TUBI Yukarı Bileşen Koordinat Zaman Serisi

Şekil 2 incelendiğinde koordinat değerlerinin 2006 yılına kadar periyodik bir değişim içinde önce azaldığı daha sonra ise arttığı gözlenmektedir. Bu durum, koordinat serisinin doğrusal ve durağan olmayan bir davranış özelliğine sahip olduğunu göstermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

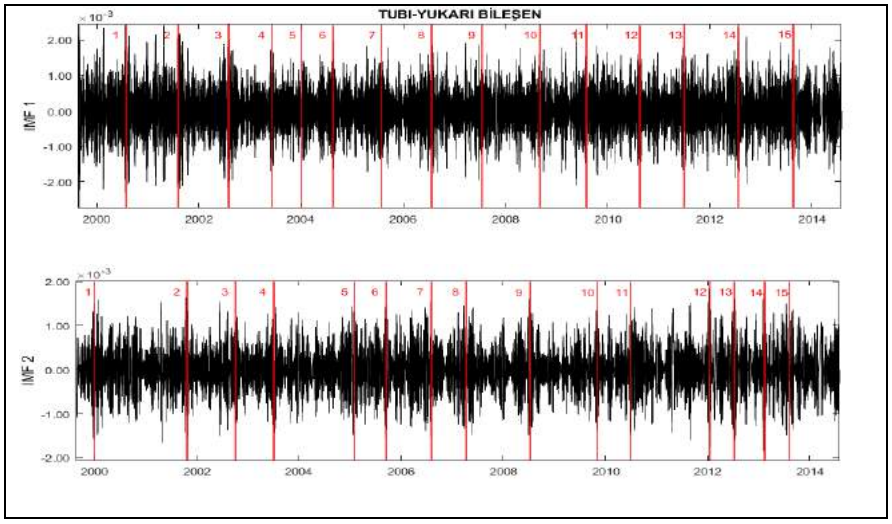
1999-2014 yıllarını kapsayan koordinat serisi üzerinde EMD yöntemi uygulandığında ise 11 IMF bileşeni elde edildi. IMF bileşenlerinin ilk üçünde yüksek frekans özelliği gözlenmiştir. IMF4, IMF5 ve IMF6'da dalga boyları artmaya frekans özelliği azalmaya başlamıştır. IMF7'de 2006 ve 2012 yılları arasında dalga şiddetleri büyümüş yaklaşık bir yıllık periyotlu dalgalar meydana gelmiştir. IMF11'de bir tepe ve iki çukur noktasına sahip dalga elde edilmiştir. r artık ise verinin sergilediği genel eğilime uygun olarak elde edilmiştir (Şekil 3).





Şekil 3. TUBI Yukarı Bileşende Elde Edilen IMF'ler

Şekil 2 ve Şekil 3'ün r artık verisi karşılaştırıldığında benzerlik gözlenmektedir. Bu durumda EMD yönteminden elde edilen r artık verisinin Şekil 2'ki zaman serisinin trendini temsil ettiğini söylemek mümkündür. İklimsel açıdan değerlendirme yapmak için IMF1 ve IMF2 bileşenleri ele alınmıştır. Dalga şiddetlerinin yüksek olduğu noktalar numaralandırılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. IMF1 ve IMF2'nin İklimsel Olarak İncelenmesi

Şekil 4'de numaralandırılmış noktalar incelendiğinde IMF1 ve IMF2 bileşenlerinde dalga şiddetlerinin genellikle sıcaklığın arttığı yaz aylarına parallel olarak bir artış içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. IMF1 ve IMF2'nin İklimsel Olarak İncelenmesi

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

4. Sonuçlar

Konumları sabit olarak tesis edilen IGS istasyonları yeryüzündeki değişimlere bağlı olarak zamanla trend ve mevsimsellik gibi farklı davranışlara sahip olmaktadır. Bu farklı davranışlara neden olan faktörlerden biri de genellikle mevsimsel etkilerin meydana gelmesinde etkili olan iklimsel değişimlerdir. EMD yöntemi ile alt sinyallere ayrıştırılan koordinat serilerinde de bu etkiler IMF1 ve IMF2 bileşenlerinde kabaca gözlenmiştir. Zaman serilerinde mevsimselliğin hassas olarak belirlenmesinde spektral analizlerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada özellikle doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde trend özelliği ortaya çıkarma üzerinde durulduğu için spektral analiz yapılmamıştır. Ancak gelecek çalışmalarda IGS istasonlarında mevsimsellik spektral analiz ile irdelenecektir.

5. Referanslar

[1] King, M.A. and C.S. Watson. 2010. Long GPS coordinate time series: multipath and geometry effects. Journal Of Geophysical Research. Vol. 115

[2] Dong, D. Fang, P. Bock, Y. Cheng, M.K. and S. Miyazaki. 2002. Anatomy of apparent seosonal variations from GPS-derived site position time series. Journal Of Geophysical Research. 107. B4

[3] Elbi, M.D. 2013. Hilbert Huang Dönüşümü ile zaman serilerindeki gürültü bileşenlerinin ayrıştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

[4] Huang, N.E. and S.S.P. Shen. 2005. Hilbert-Huang transform and its application. World Scientific.

[5]Torun, E. 2012. HHT analizine ilişkin yeni yaklaşımlar: sermaye piyasası üzerine bir uygulama. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

[6] Wu, Z. and N.E. Huang. 2004. A study of the characteristics of white noise using the empirical mod decomposition method. Proc. Roy. Soc. London. 460A: 1597-1611

[7] Giron-Sierra, J.M. 2016. Digital signal processing with matlab examples, volume 1: signals and data, filtering, non-stationary signals, modulation. Springer.