

YERKÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMİ KULLANILARAK İYONKÜREDE GÖZLENEN DALGA BENZERİ BOZUKLUKLARIN FREKANS BÖLGESİNDE İNCELENMESİ

Ayşenur Yarıcı*, Emre Efendi, Feza Arıkan
Hacettepe Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara

aysenur.yarici@gmail.com, emrefendi@gmail.com, arikan@hacettepe.edu.tr

Özet: Uzun vadede yapılan gözlemler neticesinde, güneşteki değişimler, jeomanyetik fırtınalar, sismik aktiviteler ve dünyanın yerçekiminin, iyonkürenin sakin olduğu dönemlerde bazı sapmalara neden olduğu görülmüştür. Bu sapmalar, iyonküre içinde bozulmalar olarak saptanmıştır. Hareket halinde olan iyonküre bozulmaları (TIDs-Traveling Ionospheric Disturbances) dalgalanmalar olarak tanımlanmaktadır [1,2]. İyonkürede gözlenen bu bozulmalar uzay tabanlı haberleşme, yayın, konumlandırma, seyir, güdüm ve uzaktan algılama sistemlerini etkilemektedir. Bu çalışmada, iyonkürede gözlenen dalga benzeri bozulmaların periyot ve frekans kestirimi için Fourier Dönüşümü tabanlı I-FFT (Ionospheric Fast Fourier Transform) adında yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemle dalga benzeri bozulmaların periyot ve frekansı %80 doğrulukla kestirilmektedir.

Abstract: It has been observed that solar, geomagnetic, seismic and gravitational activities can cause disturbances in the ionosphere. A group of disturbances, namely, Traveling Ionospheric Disturbances (TIDs) are irregularities of the ionosphere that propagate as wave-like oscillations. TIDs manifest a spatio-temporal variability as distortion and disruption on space-based communications, positioning, navigation systems and HF broadcasting. In this study, a new method, namely Ionospheric-Fast Fourier Transform (I-FFT), is developed to estimate period and frequency of TIDs. It is observed that I-FFT method can estimate the frequency and duration of TIDs with 80% or more accuracy.

1. Giriş

İyonkürenin zamansal ve konumsal değişimleri genel olarak yerkürenin dönüşüne ve yerkürenin manyetik alanının dağılımına bağlıdır. Yerküre Manyetik Alanı (YMA), bir jeomanyetik fırtına yoksa sakin olarak kabul edilir. Bu yönsemeler ve periyodik değişimler, “sakin iyonküre” olarak bilinen iyonküreyi şekillendirir. Uzun vadede yapılan gözlemler neticesinde, güneşteki değişimler, jeomanyetik fırtınalar, sismik aktiviteler ve dünyanın yerçekiminin, iyonkürenin sakin durumundan bazı sapmalara neden olduğu görülmüştür. Bu sapmalar, iyonküre içinde bozulmalar olarak saptanmıştır. Hareket halinde olan iyonküre bozulmaları (TIDs-Traveling Ionospheric Disturbances) zamanla sönmölenen dalgalanmalar olarak tanımlanıp, iyonkürenin üst katmanında gözlemlenmektedir. Bu bozulmaların kesin olarak neden kaynaklı olduğu bilinmese de, atmosferik yerçekimi dalgalarının, sismik hareketlerin, jeomanyetik ve güneş fırtınalarının dalga benzeri bozulmalara sebep olduğu düşünülmektedir. TIDs hız, dalga boyu, periyot gibi dalga parametrelerine göre iki tip olarak sınıflandırılmaktadır: büyük ölçekli (Large Scale TIDs, LSTIDs) ve orta ölçekli (Medium Scale TIDs, MSTIDs) [1, 2].

İyonkürenin karakteristiğini ifade eden önemli parametrelerden Toplam Elektron İçeriği (TEİ), bir işaret yolu boyunca hesaplanan toplam elektron miktarı olarak ifade edilir. TEİ'nin birimi TECU olup, 1 TECU metrekarede 10^{16} elektrona eşittir [3]. Yerküresel Konumlama Sistemi (YKS-Global Positioning System, GPS), TEİ hesaplamada ve iyonküresel değişimleri incelemede yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Bu çalışmada, YKS uydusu ve yerküre üzerindeki alıcısı arasındaki işaretler kullanılarak elde edilen Eğik TEİ (ETEİ-Slant Total Electron Content, STEC) verileri kullanılarak TID periyot ve frekans kestirimini yapılması amaçlanmıştır, bu doğrultuda I-FFT (Ionospheric Fast Fourier Transform) adında yeni bir yöntem geliştirilmiştir. I-FFT yönteminin sınırlarının belirlenmesi amacıyla yöntem sentetik veriler üzerinde uygulanmış ve çalışmanın sonucunda %80 doğrulukla TID periyot ve frekans kestirimini yapıldığı gözlemlenmiştir. I-FFT yöntemi çeşitli tarih ve istasyonlardan alınan ETEİ verileri üzerinde uygulanmış, 10 dakikadan uzun süren TID frekansının 0,6 mHz'den 2,4 mHz'e kadar, 75 dakikadan uzun süren TID frekans kestiriminin 0,3 mHz'den 0,6 mHz'e kadar

%80 doğrulukla; frekansı 0,3 mHz'den büyük ve 25 dakikadan uzun süren TID periyodunun %80 doğrulukla kestirilebildiği gözlemlenmiştir. I-FFT yöntemi 2. Bölümde anlatılmıştır. 3. Bölümde bulgular yer almaktadır.

2. I-FFT Yöntemi

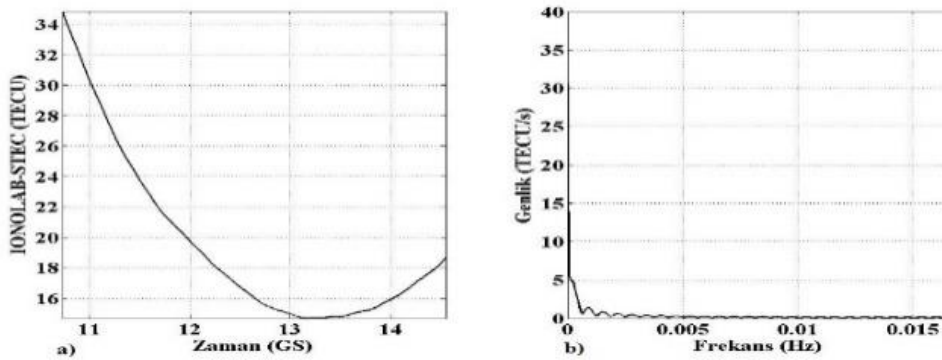
I-FFT yönteminin algoritması aşağıda verilmiştir.

1. Belirlenen gün, uydu ve istasyon için eğim açısı 40° derecenin üzerindeki STEC verisi girdi olarak alınır.
2. STEC verisine kayan pencere ortanca süzgeci uygulanır.
3. Süzgeç uygulanmış STEC verisi ve girdinin farklarının türevi alınır.
4. Türevi alınmış verinin mutlak değerinde enbüyük değerinin %10'u türevi alınmış veriden çıkartılır ve verinin boyu periyot bilgisini verir.
5. Türevi alınmış veriye Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT-Fast Fourier Transform) uygulanır.
6. Frekans bölgesinde bulunan veriler genliklerine göre büyükten küçüğe sıralanır; sıralanmış verilerin faz bilgisi ve frekans bilgisi elde edilir.
7. Sıralanmış verilerin faz bilgileri ve frekans kullanılarak sinüs dalgaları oluşturulur.
8. Türevi alınmış veri ve oluşturulan sinüs dalgaları sırası ile toplanarak hata kestirimi yapılır.
9. FFT uygulanmış veride enbüyük nokta ve enbüyük noktanın frekans bölgesindeki konumu bulunur.
10. Eğer bulunan konumdaki hata oranı %30'un altında ise işlemler bitirilir.
11. Eğer bulunan konumdaki hata oranı %30'un altında değilse, enbüyük nokta ve frekans bölgesindeki konum bilgisi kullanılarak bir $\sin x/x$ verisi oluşturulur.
12. Oluşturulan $\sin x/x$ verisi FFT uygulanmış veriden çıkarılır ve adım 9'a gidilir.

I-FFT algoritması değişik YKS istasyonları için çeşitli STEC verilerine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Bölüm 3'te verilmiştir.

3. Sayısal Sonuçlar

I-FFT yönteminin başarımını belirlemek için ilk olarak jeomanyetik indislere bakılarak iyonkürenin sakin olduğu bir gün belirlenip, bu günün [3,4,5]'de detaylı olarak anlatılan IONOLAB-STEC verisi üzerine çeşitli genlik, frekans ve periyotta sinüs yapısı ile sentetik olarak üretilen bozulmalar eklenmiştir. Sentetik uygulama sonucunda I-FFT yönteminin sentetik bozulmanın genliğine, frekansına ve periyoduna bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Sakin gün STEC verisi olarak Japonya'da $39,14^\circ$ K, $141,13^\circ$ D koordinatlarında bulunan mizu istasyonu ve uydu numarası (PRN) 3 için 26 Nisan 2011'de elde edilmiş IONOLAB-STEC verisi kullanılmıştır. Sakin gün IONOLAB-STEC verisi ve frekans bölgesinde gösterimi Şekil 1'de gösterilmiştir.

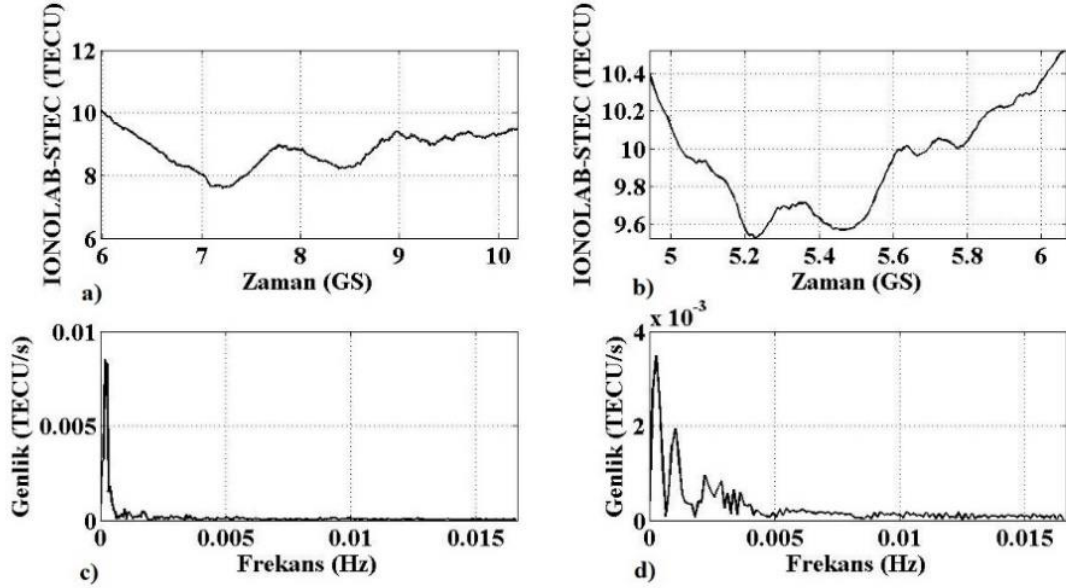


Şekil 1. 28 Nisan 2011, mizu istasyonu, PRN 3 için a) IONOLAB-STEC ve b) IONOLAB-STEC'in frekans bölgesi gösterimi.

Sentetik incelemeler sonucunda frekans periyot ve genliğe bağlı hata yüzeyleri elde edilmiş, TID periyot ve frekans kestirimi için yöntemin sınırları belirlenmiştir.

Sentetik incelemelerde belirlenen I-FFT yönteminin sınırlarını kontrol etmek için LSTID ve MSTID görüldüğü günler ve istasyonlar belirlenmiş ve bu günler için kestirilmiş IONOLAB-STEC verileri ile I-FFT yönteminin incelenmesi yapılmıştır. Kuzey Amerika'da $39,97^\circ$ K, $118,21^\circ$ B koordinatlarında bulunan lbch istasyonu ve PRN

21 için 29 Ekim 2003 tarihinde 06.20 ile 08.00 GS (Greenwich Saati) arasında LSTID, benzer şekilde yine Kuzey Amerika'da 38,803° K, 104, 52° B koordinatlarında bulunan amc2 istasyonu ve PRN 9 için 20 Temmuz 2006 tarihinde 03.30 ile 06.10 GS arasında MSTID gözlenmiştir [1, 2]. Bu tarih, istasyon ve uydu için IONOLAB-STEÇ verisi I-FFT yöntemi ile incelenmiş ve elde edilen bulgular Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. IONOLAB-STEÇ verileri ve I-FFT yöntemiyle elde edilen frekans bölgesi gösterimi, a) 29 Ekim 2003; lbch istasyonu; PRN 21, b) 20 Temmuz 2006; amc2 istasyonu; PRN 9, c) 29 Ekim 2003; lbch istasyonu; PRN 21 ve d) 20 Temmuz 2006; amc2 istasyonu; PRN 9.

Şekil 2.a'da gösterilen 29 Ekim 2003'te 06.20 ile 08.00 UT arasında PRN 21 ve lbch istasyonunda gözlenen LSTID periyodu 207 dakika ve frekansı 0,19 mHz olarak kestirilmiştir. Benzer şekilde Şekil 2.b'de gösterilen 20 Temmuz 2006 tarihinde 03.30 ile 06.10 UT arasında PRN 9 ve lbch istasyonunda gözlenen MSTID periyodu 63 dakika ve frekansı 0,26 mHz, 1 mHz, 2,2 mHz ve 2,8 mHz olarak kestirilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, iyonkürede gözlenen dalga benzeri bozulmaların periyot ve frekansı I-FFT yöntemi geliştirilerek kestirilmiştir. Sentetik bozulmalar ve [5,6]'da detaylı olarak anlatılan bozulmalar kullanılarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda I-FFT yönteminin, 10 dakikadan uzun süren TIDs frekans kestiriminin 0,6 mHz'den 2,4 mHz'e kadar, 75 dakikadan uzun süren TIDs frekans kestiriminin 0,3 mHz'den 0,66 mHz'e kadar %80 doğrulukla; frekansı 0,3 mHz'den büyük ve 25 dakikadan uzun süren TIDs periyodunun %80 doğrulukla kestirilebildiği gözlemlenmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TUBITAK EEEAG 115E915 tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Tsugawa, T., Otsuka, Y., Coster, A.J., Saito, A., 2007, Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances Detected with Dense and Wide TEC Maps Over North America, Geophysical Research Letters, 34, L22101, doi:10.1029/2007GL031663.
- [2] Ding, F., Wan, W., Ning, B., Wang, M., 2007, Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances Observed by GPS Total Electron Content During The Magnetic Storm Of 29–30 October 2003, Journal of Geophysical Research, 112, A06309, doi:10.1029/2006JA012013.
- [3] Nayir, H., 2007, Yerküresel Konumlama Sistemi İşaretleri Kullanarak İyonküre Toplam Elektron İçeriği Kestirimi, *Yüksek Lisans Tezi*, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [4] Arikan, F., Erol, C.B., Arikan, O., 2003, Regularized estimation of vertical total electron content from Global Positioning System data, Journal of Geophysical Research.
- [5] Arikan, F., Cemil, B.E., Arikan, O., 2004, Regularized estimation of Vertical Total Electron Content from GPS Data for a Desired Time Period, Radio Science, cilt no. 39.