

Yer Bağımlı Toplam Elektron Miktarı (TEC) Genlik Dalgalanma İndisi ile İyonosferik Bozan Etkenlerin Kestirimi

Cemil B. Erol ve S. Gökhan Tanyer*
Başkent Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
Bağlıca, Ankara
cemil@baskent.edu.tr

*TÜBİTAK-UEKAE (Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü)
İleri Teknolojiler Araştırma Grubu
Kavaklıdere, Ankara
gokhun@tubitak.gov.tr

Özet: Bu çalışmada, TID oluşumlarını kestirmek amacıyla GPS kullanımı önerilmiştir. Bu amaçla, dörderli gruplar halinde altı farklı yörüngede dönmekte olan GPS uydularına ait uydu numarası, yörünge numarası ve zamanın fonksiyonu olan genlik dalgalanma indisi (f_a) tanımlanmıştır. Bu indis dakikalık eğik TEC değerlerine ait değişimlerin mutlak değerinin ortancası olarak 15 dakikalık süreler içerisinde incelenmektedir. Daha sonra, f_a değerleri kullanılarak her bir yörünge için saatlik değişimleri veren F_a indisi hesaplanmıştır. Sonuçlar F_a değerinin 1,5'den büyük olması durumunda çok kuvvetli TEC değişimlerinin meydana geldiği ve sinyal kayıplarının yüksek olduğu; 0,5–1,0 arasında sinyal kayıplarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu ve son olarak F_a değerinin 0,5'ten küçük olduğu durumlarda ise haberleşme için ideal şartların var olduğunu göstermektedir.

1. Giriş

Yüksek enlemlerde meydana gelen iyonosferik düzensizlikler özellikle uydu haberleşmesi alanında çalışanlar için önem taşımaktadır. Ayrıca, iyonosferik aktivitelerin arttığı bu dönemlerde Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System : GPS) kullanıcılarının, özellikle hassas konumlama sistemlerinin [1], hata oranları da artmaktadır. Bu nedenle, dünya üzerinde şu anda yaklaşık 200 alıcısı bulunan GPS ağından faydalanarak, Gezgin İyonosferik Bozan Etkenlerin (Travelling Ionospheric Disturbances : TID) kestirimi ve her alıcı noktası için kuvvetli değişimlerin olduğu saat ve yönlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

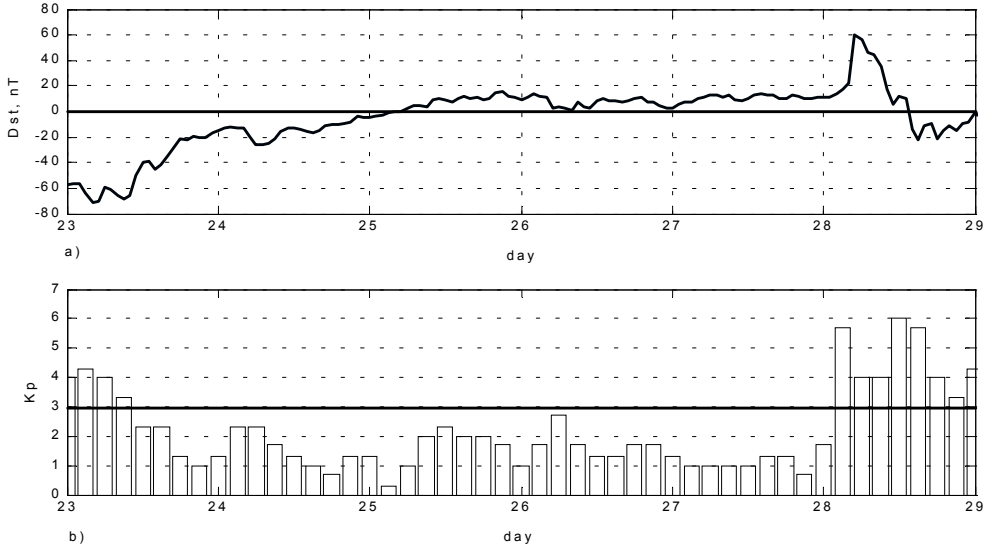
İlk olarak 15 dakikalık genlik dalgalanma indisi, f_a , tanımlanmıştır. Bu indis zaman, yörünge numarası, uydu numarası ve saat periyodu numarasının fonksiyonudur. f_a kullanılarak saatlik dalgalanma indisi, F_a , tanımlanmıştır. F_a sadece saat ve yörünge numarasının fonksiyonudur. Önerilen indisler 23-28 Nisan 2001 yılında Ankara GPS alıcısı tarafından ölçülen değerler kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Ankara için haberleşme açısından eşik değerleri ve her saat için uygun yönleri açıkça göstermektedir

2. Manyetik Fırtınalar

Bu çalışmada 23-28 Nisan 2001 tarihlerinin kullanılmasının nedeni yoğun güneş faaliyetlerinin görülmesidir. Polonya Bilimler Akademisi Uzay Araştırmaları Merkezi tarafından 23 Nisan 2001 Nisan ayının en negatif bozgun günü, 28 Nisan 2001 ise yine Nisan ayının en pozitif bozgun günü olarak belirlenmiştir. 25 Nisan 2001 ise ayın beşinci en durağan günüdür. Seçilen günler için Dst ve Kp indislerinin değişimi Şekil-1 de gösterilmiştir.

3. Toplam Elektron Miktarının Hesaplanması

GPS uyduları tarafından eş zamanlı iki sinyal, f_1 (1575.42 MHz) ve f_2 (1227.60 MHz), her 30 saniyede bir alıcılar tarafından kaydedilmektedir. Bu sinyaller kullanılarak her uydu için sanal mesafe, uydu ile aracı arasındaki uzaklık, (pseudorange (P)) ve taşıyıcı faz bilgileri (L) hesaplanarak tüm alıcıların kullandığı ortak formatta (RINEX) kaydedilmektedir. Eş zamanlı ancak farklı frekanstaki sanal mesafe ölçümleri arasındaki



Şekil 1. 23-28 Nisan 2001 tarihleri arasında Dst ve Kp indislerinin değişimi

zaman veya mesafe cinsinden fark meydana gelmektedir. Bu farkın meydana geliş sebebi sinyallerin iyonosferi geçerken farklı bölgelerden geçmeleridir. Bu bilgiden faydalanarak uydu ile alıcı arasındaki toplam elektron miktarı (STEC) hesaplanabilir:

$$\text{STEC} = 9,52 \times (P2 - P1) + \text{gürültü} \quad (1)$$

Bu bağıntıda P2 ve P1 sırası ile f_1 ve f_2 frekanslarında ölçülen sanal mesafeleri, gürültü ise ölçüm gürültüsü ve donanım hatalarının toplamını göstermektedir. Böylece aynı anda 12 uydudan gelen sinyalleri takip edebilen bir GPS alıcısı ile 30 sn de bir uydu-alıcı arasındaki 12 farklı yönde toplam elektron miktarı hesaplanabilir.

4. Analiz Metodu

Uygulamada saatlik indisler yerine çok daha kısa süreli analizlere de imkan veren indislere ihtiyaç olduğu açıktır[2]. Bu amaçla 15 dakikalık zaman ve konum hassasiyetine sahip f_a indisi tanımlanmıştır. Bu indis bir uydudan 15 dakika boyunca toplam elektron miktarında meydana gelen değişimlerin ortancası olarak tanımlanmıştır.

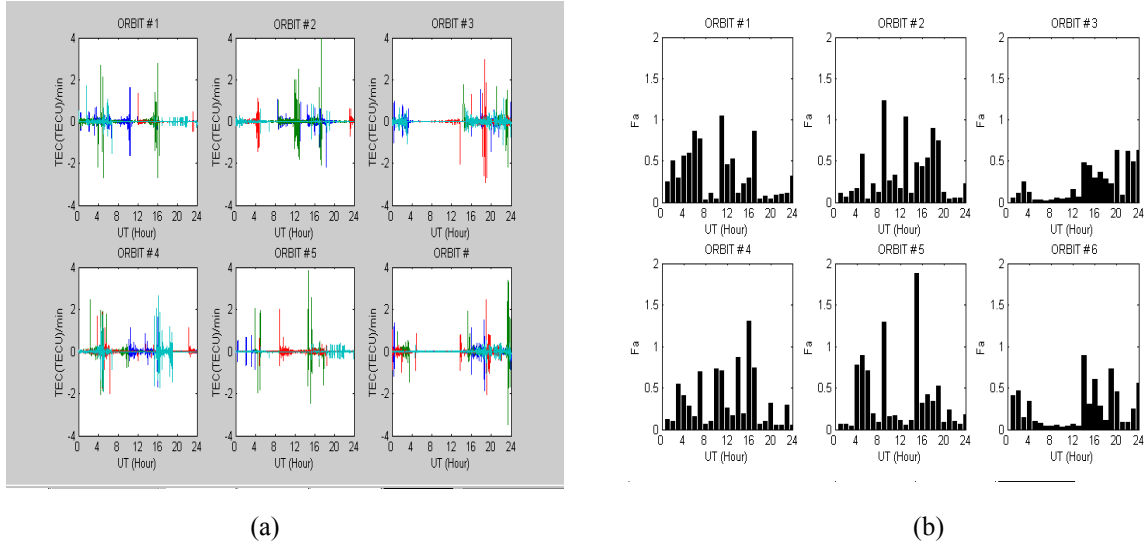
$$f_a(n, hr, i, j) = \text{ortanca}(\Delta\text{TEC}/\text{dakika}) \quad (2)$$

Bu bağıntıda n, hr, i ve sırası ile uydu numarası, saati, o saatteki zaman aralığını ($i = 1, 2, 3, 4$) ve orbit numarasını göstermektedir. Bu indis kullanılırken hesaplanan toplam elektron miktarı değişimleri 23 ve 28 Nisan 2001 günleri Ankara için Şekil 2 de gösterilmiştir.

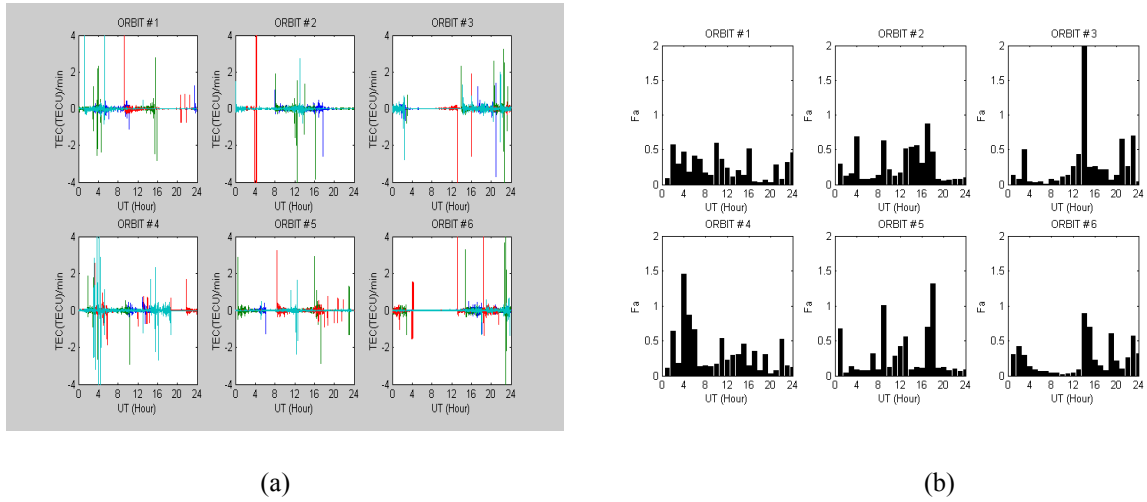
f_a indisinin bir yörüngede bir saat boyunca gösterdiği değişimi hesaplamak için F_a indisi şu şekilde tanımlanmıştır

$$F_a(hr, j) = \frac{\sum_n^{nsat} \sum_i^k f_a(n, hr, i, j) / k}{nsat(hr)} * 100 \quad (3)$$

Burada nsat o saatte alıcı tarafından gözlenen alıcı sayısı; k, f_a sayısını göstermektedir. Katsayı olarak 100 değeri seçilmiştir. Bu indisin değişimi Şekil 3 de gösterilmiştir.



Şekil 2. 23 Nisan 2001 Ankara da 6 farklı yönde TEC (a) ve F_a indis (b) değişimi



Şekil 3. 28 Nisan 2001 Ankara da 6 farklı yönde TEC (a) ve F_a indis (b) değişimi

5. Sonuçlar

Kaynaklar

- [1]. Borenstein J., Everett H. R., ve Feng L., Navigating Mobile Robots. A K Peters, Ltd., Wellesley, Massachusetts, A.B.D., 1996.
- [2]. Hong M. L. ve Kleeman L., "A low sample rate 3-D sonar sensor for mobile robots," Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, Mayıs 1995, Nagoya, Japonya, s.3015-3020.
- [3]. Leonard J. J., Directed Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation. Doktora tezi, University of Oxford, Department of Engineering Science, Oxford, İngiltere, 1990.
- [4]. Peremans H., Audenaert K. ve Van Campenhout J. M., "A high-resolution sensor based on tri-aural perception", IEEE Trans. on Robotics and Automation, 9(1), s.36-48, 1993.