

İstenen Periyod İçin Düzgünleştirilmiş TEC Kestirimi

Feza Arıkan*, Cemil B. EROL Orhan Arıkan**

*Hacettepe Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Beytepe, Ankara
arikan@hacettepe.edu.tr

TÜBİTAK –UEKAE / İLTAREN
Kavaklıdere, Ankara
cemil.erol@iltaren.tubitak.gov.tr

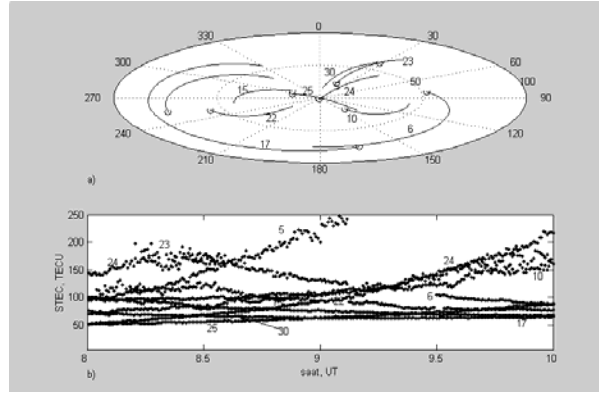
**Bilkent Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilkent, Ankara
oarikan@ee.bilkent.edu.tr

Özet: Çalışmamızda, GPS uydularından alınan tüm sinyalleri kullanarak, istenilen zaman aralığı için, dik TEC değerlerinin hesaplanması için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Belirli bir zaman aralığında ölçülen ve ön inceleme ve elemeyen geçirilen tüm sinyaller yerel başucu açısı ile orantılı ağırlık katsayısı ile çarpılmıştır. Daha sonra bu sinyalleri istenilen zaman aralığı için bir araya getiren ve pürüzsüz dik TEC değerlerini veren iki basamaklı bir düzensizleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan kestirim algoritması, iyonosferdeki sakin, eksi bozulma ve artı bozulma evrelerinin görüldüğü günler için denenmiş ve kestirim yordamının değişik zaman boyutlarındaki bozan-etken ve düzensizliklerin belirlenmesinde yüksek doğruluğa sahip olduğu görülmüştür.

1. Giriş

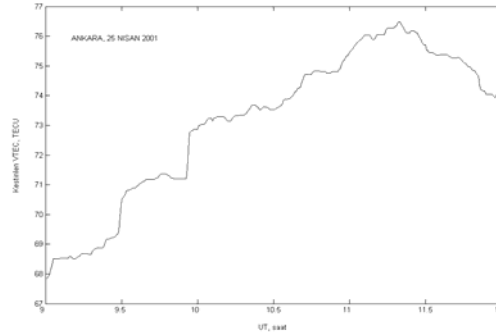
Radyo dalgasının izlediği yolun üzerindeki bir metrekaare alanda bulunan serbest elektronların sayısı olarak tanımlanan Toplam Elektron Miktarı (Total Electron Content : TEC) iyonosfer ve üst atmosferin yapısını inceleyebilmek için kullanılan önemli değişkenlerden birisidir. TEC değerleri ile iyonosferdeki kısa ve uzun vadeli değişimleri, iyonosferik düzensizlikler ve bozan-etkenler ile birlikte incelemek mümkündür. Son yıllarda Küresel Konumlama Sisteminde (Global Positioning System : GPS) yer alan uydulardan gelen eşzamanlı çift sinyal kullanılarak bölgesel ve küresel TEC değerleri tahmin edilebilmektedir. GPS uydularından gelen sinyallerin kullanılmasının avantajları olarak aktif 24 uydunun yaklaşık 20.000 km yükseklikte olması (böylece tüm iyonosfer hatta protonosfer hakkında bilgi sahibi olabiliriz), sistemin dünya çapında kapsama alanına sahip bulunması ve mevcut alıcılar ile ek bir maliyet getirmeden ölçüm yapılabilmesi sayılabilir. Bunlara ek olarak kullanılan sinyallerin iyonosferdeki soğurmadan ve Dünyanın manyetik alanından etkilenmeyecek kadar yüksek frekanslı olması iyonosfer fiziği açısından sistemin en önemli özelliğidir. Teorik olarak GPS alıcıları tarafından ölçülen P1 ve P2 sanal-mesafe bilgileri ile TEC değerleri hesaplanabilir. Analitik olarak TEC değerinin, P2 ve P1 değerlerinin farkı ile bir sabit katsayı çarpımına eşit olduğu kolayca bulunabilir. Ancak teorik olarak bu kadar kolay gibi görünen sonuçlar deneysel veriler analiz edilmeye başlandığında oldukça karmaşık hale gelmektedir. GPS alıcıları aynı anda 12 uydudan gelen sinyalleri alabilmektedir ve bu uydular farklı yörüngelerde oldukları için iyonosferin farklı bölgeleri için bilgiler taşımaktadırlar. Literatürdeki bir çok çalışmada TEC değerleri tahmin edilirken alıcı üzerindeki ve çevresindeki iyonosfer düzgün dağılmış olarak kabul edilip, en az 15 dakika boyunca değişmediği varsayılar, alıcı üstündeki TEC değerini uydulardan elde edilen eğik TEC değerleri yardımı ile hesaplamaktadırlar. Tüm bu varsayımların doğru olabilmesi için çok dar zaman aralıklarında ve sadece bir uydu kullanılarak analizlerin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, herhangi bir anda, herhangi bir alıcı tarafından ölçülen tüm sinyalleri kullanarak istenilen zaman aralığı için, hiçbir bilgiyi kaybetmeden dik TEC değerlerinin hesaplanmasında kullanılacak bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmada GPS alıcıları tarafından ölçülen ham veriler Internet üzerinden Uluslararası Yerdinamiği Servisi (International Geodynamics Service, [http:// www.igs.egn.fr](http://www.igs.egn.fr)) adresinden alınmıştır. Alınan veriler uydu, alıcı veya çok-



Şekil 1. a) 23 Nisan 2001 tarihinde saat 8 –10 UT arasında Ankara da gözlenen uyduların izlediği yollar b) Bunlara karşılık gelen STEC değerleri

Tüm uydulardan gelen sinyaller bir ağırlık fonksiyonu ile çarpılmıştır. Bu ağırlık fonksiyonu görüş açısı 60° den büyük olan sinyalleri 1 ile , görüş açısı 10° ile 60° olan sinyalleri gauss fonksiyonu ile çarpılmaktadır. Daha sonra [3] de verilen yöntemle göre hesaplanan VTEC değerlerine alıcı hataları eklenmektedir. Buna ek olarak kestirilen VTEC değerleri kayan pencere ortanca süzgecinden geçirilerek geriye kalan düzensizlikler giderilmiştir. Şekil 2. de 25 Nisan 2001 Ankara da 09:00 – 12:00 UT arasındaki verilerin süzgeç uzunluğu 17 olan ortanca süzgecinden geçmiş hali gösterilmiştir. Çalışmamızda iyonosfer yerel başucu açısına göre yatay düzlemde homojen kabul edilmiştir.



Şekil 2. 25 Nisan 2001 Ankara için ortanca süzgeçten geçirilmiş VTEC değerleri

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, herhangi bir anda GPS alıcısı tarafından görülen tüm uydulardan gelen sinyalleri alarak, hiçbir önemli özelliği kaybetmeden 24 saatlik VTEC değerlerini düzenleme tekniği ile kestiren yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma yüksek geçirgen ceza işlevcisi içeren maliyet fonksiyonun en aza indirgenmesi esasına dayanmaktadır. Algoritma güneş değişimlerinin en fazla olduğu 23-28 Nisan 2001 tarihleri arasında çeşitli alıcılar tarafından kaydedilen veriler kullanılarak test edilmiştir. Çalışmanın sonunda kestirim yordamının değişik zaman boyutlarındaki bozan-etken ve düzensizliklerin belirlenmesinde yüksek doğruluğa sahip olduğu görülmüştür.

5. Kaynakça

- [1] Jakowski N., “Generation of TEC maps over the COST 251 area based on GPS measurements”, Proceedings of the 2nd COST 251 Workshop, COST 251 TD (98)005, CLRC Rutherford Appleton Laboratory, 30-31 March 1998, Side, Turkey, s.51-57.
- [2] Schaer, S., Mapping and predicting the Earth’s ionosphere using the global positioning system, Doktora tezi, *University of Bern*, İsviçre, 1999.
- [3] Goodwin G.L. ve Breed A.M., “Total electron content in Australia corrected for receiver/satellite bias and compared with IRI and PIM predictions”, *Adv. Space Res.*, 27(1), s. 49-60, 2001.