

ERZURUM ÜZERİNDEKİ TEİ DEĞERLERİNİN GÜNEŞ VE JEOMANYETİK PARAMETRELERE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Hakan Çelik, Selçuk Sağır, Ramazan Atıcı
Muş Alparslan Üniversitesi
Fizik Bölümü
Muş

hakan252349@gmail.com, s.sagir@alparslan.edu.tr, r.atici@alparslan.edu.tr,

Özet: Dünya iyonosferini etkileyen en temel etken Güneş ve jeomanyetik süreçlerdir. Bu çalışmada Erzurum/Türkiye(40.39 K, 40.42 D) için ölçülmüş TEİ değerleri üzerindeki Güneş (IMF-Bz ve F10.7) ve jeomanyetik (kp ve Dst) indislerinin etkisi incelendi. İnceleme 24 solar devrin alçalan fazı için yapıldı. Analiz yöntemi olarak lineer regresyon analizi kullanıldı. Analiz sonuçlarında Erzurum istasyonu için hem Güneş hem de jeomanyetik parametrelerin ölçülmüş TEİ değerleri üzerinde etkili oldukları belirlendi. Bu etki oranlarında kp nin Dst den çok daha fazla TEİ değerlerini etkilediği belirlendi. Ayrıca TEİ değerleri üzerinde IMF-Bz nin de F10.7 den daha etkili olduğu belirlendi.

Abstract: The main factors affecting the Earth's ionosphere are the solar and geomagnetic processes. In this study, the effect of Solar (IMF-Bz and F10.7) and geomagnetic (kp and Dst) the index on the TEC values measured for Erzurum/Turkey(40.39 N, 40.42 E) examined. The investigation was made for the descending phase of 24 solar cycles. Linear regression analysis was used as the analysis method. In the analysis results, it was determined that both solar and geomagnetic parameters for Erzurum station were effective on measured TEC values. It was determined that kp affects TEC values much more than Dst in these effect rates. In addition, it was determined that IMF-Bz was more effective than F10.7 on TEC values.

1. Giriş

İyonosferin önemi keşfedildiği yıldan itibaren sürekli olarak artmaktadır. Bu artışın sebebi gelinen noktada bilim dünyasının uzay a olan ilgisidir. Uzay ile iletişim ve haberleşme kanalı üzerinde yer alan iyonosfer temel olarak Güneş ve kozmik ışınlardan kaynaklı iyonlaşmalar sonucunda oluşmuş olan bir atmosfer bölgesidir [1]–[3]. Güneş'ten gelen farklı dalga boyuna sahip ışınlar iyonosfer içerisinde farklı yoğunluklara sahip bölgeler meydana getirmektedir. Bu bölgeleri ve iyonosferi karakterize eden en temel parametre elektron yoğunluğudur[1], [4]. İyonosfer içerisinde elektron yoğunluğu dağılımı jeomanyetik alan tarafından düzene konur. Bu nedenle iyonosferik çalışmalarda yerin manyetik alanının da önemi oldukça büyüktür[5].

Bu çalışmada Erzurum üzerindeki TEİ değerlerin değişimi üzerinde Güneş indisleri olan F10.7 ve IMF–Bz ile jeomanyetik indisler olan (kp ve Dst) değerlerinin etkisi incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde bu incelemede kullanılan yöntem, üçüncü bölümünde elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

2. Materyal Metot

İyonosferik ölçüm cihaz türündeki azlık ve kurulum maliyetindeki yüksek oranlardan dolayı ölçüm cihazı(iyonosonda, saçılma radarı vb..) sayısı oldukça azdır. Bu nedenle iyonosferin modellenmesi üzerin pek çok çalışma vardır. Bu modellerin bazıları(IRI, IRI plus ve NeQuick 2 vb..) yarı deneysel iken bazıları da tamamen istatistiksel modellere (AR-MA, Ampirik ortogonal fonksiyonlar, uzaktan algılama, regresyon vb..) dayanmaktadır[2], [6]–[10].

TEİ verileri, TUSAGA-AKTİF sisteminden alınmıştır. Ardından bu veriler Hacettepe Üniversitesi Elektrik Elektronik Bölümü bünyesinde kurulan ve internet ara “<http://www.ionolab.org/>” olan sistem üzerinden düzenli veri haline getirilmiştir. Güneş ve jeomanyetik indisler ise NASA bünyesinde faaliyetleri yürütmekte olan <https://omniweb.gsfc.nasa.gov> adresinden alınmıştır[11].

Bu çalışmada aşağıda açıkça ifade edilen Sagir vd., 2015 te D bölgesi nört yoğunluk değeri için kurulan regresyon denklemi referans alınarak yeni kurulan ve denklem 2 de verilen regresyon denklemi sonuçları elde edilmiştir[12].

$$N_n D_t = c + \beta_1 D(QBO_t) + \beta_2 DummyW_t + DummyE_t + \varepsilon \quad (1)$$

Bu modelde güncelleme yapılmadan önce denklemlerde yer alan bağımlı (TEİ) ve bağımsız değerlerin (kp, Dst, F10.7, ve IMF-Bz) durağanlıkları analiz edilmiştir. Bu analiz sonuçları dikkate alınarak Denklem (1), çalışmamızda Güneş ve jeomanyetik etki olmak üzere iki aşamalı olarak düşünülmüş ve aşağıdaki şekilde bu çalışma için modellenmiştir.

Jeomanyetik parametrelere bağlı durumu analiz etmek için;

$$TEİ = \beta_0 + \beta_1(Kp) + \beta_2(Dst) + \varepsilon \quad (2)$$

Güneş indislerine bağlı durumu analiz etmek için ise;

$$TEİ = \alpha_0 + \alpha_1(F10.7) + \alpha_2(IMF - Bz) + \varepsilon \quad (3)$$

denklemler kurulmuştur. Burada β_0 ve α_0 regresyon sabiti, β ve α lar regresyon katsayılarını ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

24. Güneş devri azalan fazının başlangıcı olan 2015 yılı için Denklem (2) ve (3) kullanılarak Erzurum üzerinde elde edilen TEİ değerleri üzerinde Güneş ve jeomanyetik parametrelerin etkisi analiz edilmiştir. Yapılan analizle bu denklemde yer alan katsayı değerleri Tablo 1 de verilmiştir. Kullanılan yöntemi olan En Küçük Kareler Yöntemi için gerekli olan koşulların sağlandığı tabloda görülmektedir. Tabloda verilen ilk iki satırdaki değerlerden de görülebileceği üzere, Prob(F istatistik) değeri 0.05 ten küçük ve Durbin Watson değeri ise 1.5 ile 2.5 aralığında olduğu için kurulan regresyon modeli doğrudur [13].

Tablo 1. Regresyon analiz sonuçları

Testler/Katsayı Değeri	Jeomanyetik Durum	Güneş Durumu
Prob(F-istatistik)	0.000	0.000
Durbin Watson	2.03	1.61
Adjusted R ²	0.74	0.68
β_0/α_0	36.97 (0.000)*	19.78 (0.000)*
β_1/α_1	0.12 (0.000)*	0.13 (0.000)***
β_2/α_2	0.03 (0.04)**	0.43 (0.000)*

Denklem (1) de verilen regresyon katsayı sonuçlarına göre kp değerindeki 1 birimlik artış/azalma TEİ değerleri üzerinde 0.12 TECU luk bir artışa/azalmaya sebep olmaktadır. Dst değerinden ise 1 nT luk artma/azalma TEİ değerleri üzerinde 0.03 TECU kadar artma/azalmaya neden olmaktadır. TEİ değerlerindeki değişimlerin açıklanabilirlik oranı (Adjusted R²) ise 0.74 tür. Bu sonuçlar [14] de elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında Dst için elde edilen sonuç aynı iken, kp için elde edilen sonucun ise arttığı görülmektedir.

Denklem (2) kullanılarak hesaplanan regresyon sonuçları Tablo 1 de 3. sütunda verilmiştir. Bu sonuçlara göre; F10.7 de meydana gelen 1 W/m²Hz artma/ azalma TEİ değerleri üzerinde 0.13 TECU luk artma/ azalmaya neden olurken, IMF-Bz değerlerindeki 1nT artma/ azalma TEİ değerleri üzerinde 0.43 TECU luk artma/ azalmaya neden olmaktadır. Denklem 2 deki bağımlı değişken TEİ deki değişimlerin bağımsız değişkenler (F10.7 ve IMF-Bz) ile açıklanabilirlik oranı 0.68 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, [14] de yapılan saat 1200 sonuçları ile oldukça benzerdir.

4.Sonuçlar

TEİ değerlerinin Güneş ve jeomanyetik alan indislerine bağlı olarak değişiminin analiz edildiği çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- TEİ değerlerinin incelenen yıl için, jeomanyetik indislerle açıklanabilirliğinin Güneş indislerinden daha büyük olduğu,
- Dst indisinin kp indisinden daha az TEİ üzerinde etkili olduğu,
- IMF-Bz indisinin F10.7 indisinden daha fazla TEİ üzerinde etkili olduğu görüldü.

Elde edilen sonuçlar, uydu haberleşmesinde Bir ışın yolu üzerindeki elektron yoğunluğu değerlerini analiz ederken Güneş ve Jeomanyetik indislerin göz önüne alınması gerekliliğini ifade etmektedir.

Kaynaklar

- [1] H. Rishbeth ve O. K. Garriot, "Preface", içinde *Introduction to Ionospheric Physics*, c. 14, H. Rishbeth ve O. K. Garriott, Ed. Academic Press, 1969, ss. v-vi.
- [2] M.-L. Zhang, L. Liu, ve Q. Li, "Modeling the global ionospheric electron densities based on the EOF decomposition of the ionospheric radio occultation observation", *Advances in Space Research*, 2020.
- [3] I. Usoskin vd., "Ionization of the Earth's atmosphere by solar and galactic cosmic rays", *Acta Geophysica*, c. 57, ss. 88-101, 2008, doi: 10.2478/s11600-008-0019-9.
- [4] R. Atıcı ve S. Sağır, "The Investigation of Relationship between Solar Parameters and Total Electron Content over Mid-Latitude Ionosphere", *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 13, sy 3, ss. 707-716, 2017.
- [5] P. Song vd., "Electron Density Images of the Middle and High Latitude Magnetosphere in Response to the Solar Wind", *J. Geophys. Res.*, c. 110, 2005, doi: 10.1029/2005JA011328.
- [6] R. Atıcı ve S. Sağır, "Comparison with IRI-PLUS and IRI-2012-TEC values of GPS-TEC values", *41st COSPAR Scientific Assembly*, c. 41, s. C1. 4-19-16, 2016.
- [7] R. Atıcı ve S. Sağır, "Global investigation of the ionospheric irregularities during the severe geomagnetic storm on September 7–8, 2017", *Geodesy and Geodynamics*, c. 11, sy 3, ss. 211-221, 2020.
- [8] R. Atıcı, S. Sağır, ve E. Güzel, "Investigation of TEC Variations over Mid-Latitude during Quiet and Disturbed Days of March 2015", *41st COSPAR Scientific Assembly*, c. 41, s. C1. 4-4-16, 2016.
- [9] P. Jamjareegulgarn, K. Ansari, ve A. Ameer, "Empirical orthogonal function modelling of total electron content over Nepal and comparison with global ionospheric models", *Acta Astronautica*, Haz. 2020, doi: 10.1016/j.actaastro.2020.07.038.
- [10] S. Brown, D. Bilitza, ve E. Yiğit, "Improvements to Predictions of the Ionospheric Annual Anomaly by the International Reference Ionosphere Model", *Annales Geophysicae Discussions*, ss. 1-22, Ağu. 2018, doi: 10.5194/angeo-2018-97.
- [11] M. N. Deviren, F. Arıkan, ve O. Arıkan, "Spatio-temporal interpolation of total electron content using a GPS network", *Radio Science*, c. 48, sy 3, ss. 302-309, 2013, doi: <https://doi.org/10.1002/rds.20036>.
- [12] S. Sağır, R. Atıcı, O. Özcan, ve N. Yüksel, "The effect of the stratospheric QBO on the neutral density of the D region", *Annals of Geophysics*, c. 58, sy 3, s. 0331, 2015.
- [13] O. Özcan, S. Sağır, ve R. Atıcı, "The relationship between TEC and Earth's magnetic field during quiet and disturbed days over Istanbul, Turkey", *Advances in Space Research*, c. 65, sy 9, ss. 2167-2171, 2020.
- [14] R. Atıcı, A. Aytaş, ve S. Sağır, "The effect of solar and geomagnetic parameters on total electron content over Ankara, Turkey", *Advances in Space Research*, c. 65, sy 9, ss. 2158-2166, 2020.