

JEOMANYETİK FIRTINA SÜRECİNDE NEQUICK MODELİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şerife Erbay, Selçuk Sağır, Hakan Çelik
Muş Alparslan Üniversitesi
Fizik Bölümü
Muş

erbayserife@gmail.com, s.sagir@alparslan.edu.tr, hakan252349@gmail.com,

Özet: Jeomanyetik alanın iyonosfer üzerindeki etkisi sakin ve tedirgin günler için ayrı ayrı incelenmektedir. Bu çalışmada Ankara/Türkiye (39.57 K, 32.53 D) için ölçülmüş toplam elektron içeriği (TEİ) değerleri ve NeQuick model değerleri şiddetli jeomanyetik fırtına sürecinde karşılaştırıldı. Karşılaştırma Ortalama Mutlak Hata (MAE), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metrikleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan incelemelerde, modelin özellikle fırtınanın ana fazı ve geri dönüş fazında hala geliştirmeye muhtaç olduğu, fırtına fazının öncesi ve sonrasında yani TEİ değerlerinin normale döndüğü süreçlerde ise daha başarılı olduğu görülmüştür.

Abstract: The effect of the geomagnetic field on the ionosphere is examined separately for quite and disturbed days. In this study, Ankara / Turkey (39.57 N, 32.53 E), total electron content (TEC) for the measured values and NeQuick model values were compared in severe geomagnetic storm process. The comparison was made using the Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) metrics. It has been observed that the model is still in need of improvement especially in the main phase and return phase of the storm, and it is more successful in the periods before and after the storm phase, that is, in the processes when TEC values return to normal.

1. Giriş

İyonosfer, dünya atmosferinde yaklaşık 50 km yükseklikten başlayıp 1000 km yüksekliğe kadar uzanan bölgedir. Bu bölge saçılma radarı, ionosonda ve uydu-GPS gibi ölçüm teknolojileri ile ölçülmektedir. Bunların yanı sıra IRI ve NeQuick gibi yarı deneysel modeller ve ARIMA, makine öğrenmesi, derin öğrenme, deneysel ortogonal analiz gibi pek çok model ile modellenmektedir[1]–[6].

NeQuick model DGR modeline dayanır. Bu model Di Giovanni and Radicella (1990) tarafından üretilmiştir[3]. NeQuick model istenen enlem ve boylam değeri girilerek belirlenen yüksek değeri için elektron yoğunluğu değerlerini sağlar. Aynı zamanda belirli enlem ve boylam değeri için, uydu ile GPS arasında bir ışın yolundaki toplam elektron içeriği (TEİ) değerlerini de sağlar. Tüm bu değerler için güneş lekesi sayısını ve F10.7 güneş akısı değerlerini de işleme dahil eder[7].

Herhangi bir modelin performansı değerlendiren pek çok model vardır. Bu çalışmada 2015 yılı için Ankara/Türkiye (39.57 K, 32.53 D) için GPS aracılığı ile ölçülmüş TEİ değerleri ile NeQuick 2 modelinden elde edilen TEİ değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma iyonosferik model karşılaştırmalarında yaygın olarak kullanılan Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error-MAE), Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Square Error-RMSE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error-MAPE) yöntemleri kullanılarak yapılmıştır[8], [9].

2. Materyal Metot

NeQuick modelin fırtına sürecindeki performansını değerlendirmek için 2015 yılı haziran ayı içerisinde yer alan şiddetli jeomanyetik fırtınanın (Dst = -204 nT; kp=7.7) ana fazının 72 saat öncesi ve 72 saat sonrası değerlendirmeye alınmıştır.

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[10]. Güneş ve jeomanyetik indisler ise NASA bünyesinde faaliyetleri yürütmekte olan <https://omniweb.gsfc.nasa.gov> adresinden alınmıştır. NeQuick model verileri modelin internet ara yüzü olan <https://t-ict4d.ictp.it/nequick2> adresinden alınmıştır.

NeQuick model sonucunun değerlendirilmesi için aşağıda verilen istatistiksel yaklaşımlar kullanılmıştır.

Ortalama Mutlak Hata:

$$MEA = \frac{1}{n} \sum_j^n |e_j| \quad (1)$$

Kök Ortalama Kare Hata

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_j^n e_j^2}{n}} \quad (2)$$

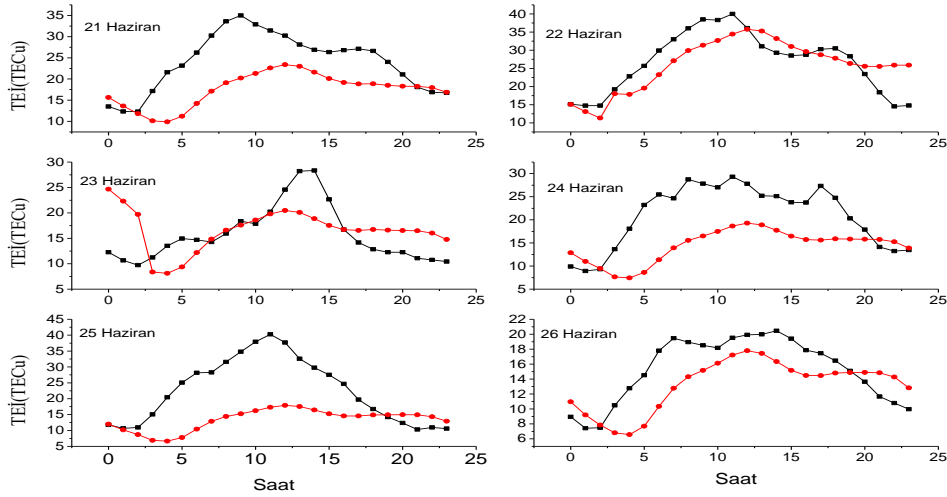
Ortalama Mutlak Yüzde Hata:

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_j^n \frac{|e_j|}{|A_j|} \quad (3)$$

Bu denklemde n örneklem sayısını, e_j ölçüm değerinin model değerinden farkını ve A_j ölçüm değerini ifade eder[8], [11].

3.Bulgular ve Tartışma

2015 yılı için Denklem (1), (2) ve (3) kullanılarak Ankara üzerinde elde edilen TEİ değerleri ile NeQuick değerleri 24 Haziran şiddetli fırtına sürecinin 72 saat öncesi ve sonrası için karşılaştırılmıştır. Bu değerler Şekil 1 de verilmiştir. Şekilde kırmızı renkte verilen eğriler NeQuick model değerlerini, siyah renkte verilenler ise ölçülmüş TEİ değerlerini göstermektedir. NeQuick değerlerini değişimi genel olarak tüm incelenen zaman için benzer dağılım sergilemektedir. Bununla birlikte özellikle fırtınanın ana fazını içeren 24 Haziran da ölçülmüş değerlerde bazı normalden sapmalar söz konusudur. Karşılaştırma günlük olarak yapılmış ve bu denklem sonuçları Tablo 1' de verilmiştir.



Şekil 1. İncelenen TEİ değerlerinin zamanla değişimi.

Tabloda verilen MAE değeri gerçek değer ile veriye en iyi uyan çizgi arasındaki ortalama dikey mesafeyi temsil ettiği için bu değerın sifira yakın olması gerekmektedir. Bu nedenle ölçülmüş ve NeQuick model değerleri arasındaki en kötü ilişki 25 Haziran'dadır. Bu durumun ana sebebi fırtına ana fazı içerisinde yer almasıdır. En iyi değer ise fırtınanın etkisinin ortadan kalktığı 26 Haziran'dadır. RMSE değeri ise tahmin edici modelin hatalarının ölçüsüdür. Bu değer incelendiğinde ise yine en iyi değerin 26 Haziran'da olduğu görülmektedir. MAPE değeri < 10 ise bu mükemmel bir modele, eğer değer < 20 ise iyi bir model sonucu göstergesi olarak kabul edilir[8]. Buna göre en iyi değer 22 Haziran yani fırtına öncesi değer iken en kötüsü de 25 Haziran da elde edilen değerdir.

Tablo1. İstatistiksel karşılaştırma sonuçları

	21 Haziran	22 Haziran	23 Haziran	24 Haziran	25 Haziran	26 Haziran
MAE	6.93	4.34	4.60	7.28	10.33	3.31
RMSE	8.32	5.28	5.77	8.49	12.77	3.82
MAPE	26.27	18.84	33.79	32.09	39.61	22.26

4.Sonuçlar

24 Haziran 2015 fırtına süresi, öncesi ve sonrasında NeQuick modelden elde edilen TEİ değerleri MAE, RMSE ve MAPE metrikleri yardımıyla incelendi. Yapılan incelemelerde, modelin özellikle fırtınanın ana fazı ve geri dönüş fazında hala geliştirmeye muhtaç olduğu, fırtına fazının öncesi ve sonrasında yani TEİ değerlerinin normale döndüğü süreçlerde ise daha başarılı olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] Bilitza D., *vd.*, “International Reference Ionosphere 2016: From ionospheric climate to real-time weather predictions”, *Space Weather*, c. 15, sy 2, ss. 418-429, doi: <https://doi.org/10.1002/2016SW001593>, 2017.
- [2] Jakowski N., Heise S., Stankov S. M., ve Tsybulya K., “Remote sensing of the ionosphere by space-based GNSS observations”, *Advances in Space Research*, c. 38, sy 11, ss. 2337-2343, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.07.015>.
- [3] Radicella S. ve Nava B., “NeQuick model: Origin and evolution”, , ss. 422-425, 2010, doi: 10.1109/ISAPE.2010.5696491.
- [4] Zhang Z. ve Moore J. C., “Chapter 6 - Empirical Orthogonal Functions”, *Mathematical and Physical Fundamentals of Climate Change*, Z. Zhang ve J. C. Moore, Ed. Boston: Elsevier, ss. 161-197, 2015.
- [5] Cooper C., Mitchell C. N., Wright C. J., Jackson D. R. ve Witvliet B. A., “Measurement of Ionospheric Total Electron Content Using Single-Frequency Geostationary Satellite Observations”, *Radio Science*, c. 54, sy 1, ss. 10-19, 2019, doi: <https://doi.org/10.1029/2018RS006575>.
- [6] Atıcı R., Sağır S., ve Güzel E., “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.
- [7] Nava B., Coisson P., ve Radicella S. M., “A new version of the NeQuick ionosphere electron density model”, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, c. 70, sy 15, ss. 1856-1862, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2008.01.015>.
- [8] Atıcı R., Sağır S., Emelyanov L. Y., ve Yashenko M. L., “Investigation of Ionospheric Electron Density Change During Two Partial Solar Eclipses and Its Comparison with Predictions of NeQuick 2 and IRI-2016 Models”, *Wireless Personal Communications*, Oca. 2021, doi: 10.1007/s11277-021-08122-x.
- [9] Jamjareegulgarn P., Ansari K. ve Ameer A., “Empirical orthogonal function modelling of total electron content over Nepal and comparison with global ionospheric models”, *Acta Astronautica*, c. 177, ss. 497-507, 2020.
- [10] Deviren M. N., Arikan F., ve Arikan O., “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>.
- [11] Chai T. ve Draxler R., “Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?”, *Geosci. Model Dev.*, c. 7, 2014, doi: 10.5194/gmdd-7-1525-2014.