

IONOLAB-RAY – TEC ile Beslenebilen Düzgün Dağılmamış Yön Bağımlı İyonküre Modelinde Işın İzleme Algoritması

Esra ERDEM, Feza ARIKAN
Hacettepe Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara

esraerdem@aselsan.com.tr, arikan@hacettepe.edu.tr,

Özet: Bu bildiriye Kısa Dalga (KD) bandında iyonkürede dalga yayılımını modelleyen IONOLAB-RAY algoritması anlatılmaktadır. IONOLAB-RAY algoritmasında dalganın yayılımı ışın izleme yöntemi ile modellenmektedir. KD bandında dalganın yayıldığı ortam iyonküredir. İyonküre düzgün dağılmamış, yön bağımlı ve zamana göre değişken bir ortamdır. İyonkürenin parametreleri IRI-Plas-G yazılım aracı ile sağlanmaktadır. IRI-Plas TEİ (Toplan Elektron İçeriği) verisi ile beslenerek modeller iyileştirilmektedir. Böylece IONOLAB-RAY algoritmasıyla hem ortamın karmaşık yapısı, hem de bu ortamda KD bandındaki dalganın ilerlemesi detaylı bir şekilde benzetilmektedir. Algoritma, tasarımsal yapısıyla kullanıcıya kolaylık sağlayan ve işlemsel yükü azaltan özelliğe sahiptir. Algoritma çoklu koşullar yapılmasına ve çıktuların bilimsel analizlerde kullanılmasına uygundur.

Abstract: In this paper IONOLAB-RAY algorithm, which models High Frequency (HF) wave propagation, is presented. In IONOLAB-RAY wave propagation is modelled with ray tracing representation of wave. The medium for HF wave propagation is ionosphere. Ionosphere is an inhomogeneous, anisotropic and time dependent medium. The modeling parameters of ionosphere are obtained from IRI-Plas-G software tool. TEC data assimilation option is available to update ionosphere models. IONOLAB-RAY both represents the complex structure of the ionosphere and wave propagation in detail. The structure of the algorithm is user-friendly.

1. Giriş

Kısa Dalga (KD) bandında iletişim dalganın iyonküreden yansiyarak tekrar yeryüzüne dönmesi ile yapılabilmektedir. İyonküre KD bandındaki dalganın yayılma ortamıdır ve karmaşık fiziksel özelliklere sahiptir. İyonküre zamana göre değişim gösteren, düzgün dağılmayan ve yön bağımlı bir yapıdadır [1]. Dalganın izlediği yolun hesaplanabilmesi için dalganın yayılımının ve iyonkürenin uygun yaklaşımlar ile modellenmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak IONOLAB-RAY algoritması geliştirilmiştir [2], [3].

Bu algoritmada dalganın yayılımı, ışın izleme tekniklerinden Snell yasası kullanılarak hesaplanmaktadır. IONOLAB-RAY iyonküre modeline, iyonkürenin karmaşık yapısını tanımlayan tüm fiziksel özelliklerini modele dahil etmekte, bununla birlikte koşum zamanını makul seviyede tutmak üzere ışın izleme tekniği olarak Snell yasasını uygulamaktadır. Özellikle iyonkürenin ortalama değişiminden farklı davranış gösterdiği fırtınalı durumlarda daha iyi benzetilebilmesine yönelik olarak algoritma TEİ verisi ile beslenebilmektedir.

2. İyonküre Modeli

IONOLAB-RAY algoritmasında iyonküre 3 boyutlu küresel hücre yapısı ile modellenmektedir. Her bir hücreye karşılık iyonküre parametreleri IRI-Plas-G yazılım aracı ile hesaplanmaktadır. IRI-Plas-G aracı TEİ verileri ile beslenerek iyonküre modeli iyileştirilebilmektedir. Bu parametreler zaman ve konuma göre elektron yoğunluğu, iyon ve elektron sıcaklığı, iyon bileşenleri ve toplam elektron içeriğidir. Böylece iyonkürenin düzgün dağılmama özelliği sağlanmaktadır. IRI, İyonosfer'in yoğunluk ve sıcaklık parametrelerini aylık ortalamalar olarak tanımlamak amacıyla geliştirilmiş uluslararası standart modeldir [4]. IRI-Plas, IRI modeline atmosferin 20.200 km yüksekliğine kadar olan plazma kısmının da dahil edilmesi ile ortaya çıkmıştır [5]. IRI-Plas yazılımı, kullanım ihtiyaçları doğrultusunda çoklu enlem, boylam ve zaman girdilerine karşılık çıktı veren IRI-Plas-G yazılımı haline getirilmiştir [6]. İyonküre parametreleri her bir hücre için her bir tarih ve zaman girdisine karşılık ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Böylece iyonkürenin zamana göre değişimi modele yansıtılmaktadır. Kırılma indisi her adımda dünyanın manyetik alanını da içeren tüm bileşenleri ile hesaplanmakta ve böylece iyonkürenin yön bağımlılık özelliği kapsamaktadır. IONOLAB-RAY algoritması kullanıcıya seçenek olarak senaryoya özel otomatik TEİ verisi indirme imkanı sunmaktadır [7], [8].

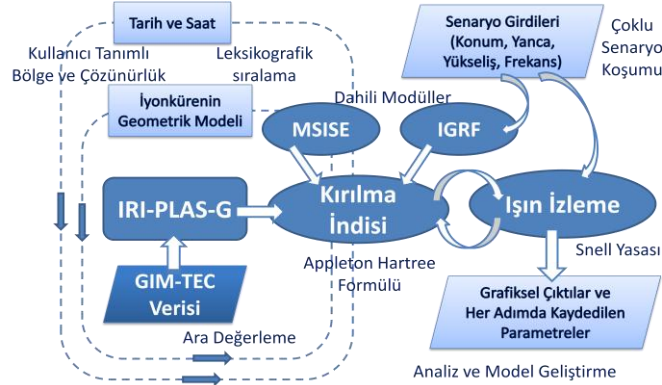
3. Işın İzleme Modeli

Işın izleme Snell yasası ile uygulanmaktadır. Kaynaktan gelen dalga iyonküreye girdiğinde sıradan ve sıra dışı dalga olarak ikiye ayrılmakta ve her iki dalganın izlediği yol ayrı ayrı hesaplanmaktadır. 3 boyutlu küresel hücre

yapısında dalganın ilerlediği her adımda yanal ya da radyal yüzeylerde kesişim noktaları hesaplanmakta ve ilgili yüzeyin yüzey normaline göre kırılan ya da yansıyan ışın hesaplanmaktadır. Işın izleme için ihtiyaç duyulan en kritik parametre kırılma indisidir. IONOLAB-RAY algoritmasında kırılma indisi Appelton-Hartree formülü ile hesaplanmaktadır. Appleton – Hartree formülüne göre kırılma indisi, elektron yoğunluğu, elektron plazma frekansı, ilerleyen dalganın frekansı, dünyanın manyetik alanı, elektronun parçacıklarla çarpışma frekansı, elektronun dönme frekansının fonksiyonudur [9]. IONOLAB-RAY algoritmasında dünyanın manyetik alanı IGRF modülü ile hesaplanmaktadır. Çarpışma ve dönme frekanslarının hesaplanmasında IRI-Plas-G çıktısı olan iyon yoğunlukları değerleri kullanılmaktadır.

4. IONOLAB-RAY Algoritması

IONOLAB-RAY algoritması ön koşul ve ana koşul olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Algoritmanın akış şeması Şekil 1'de verilmektedir.



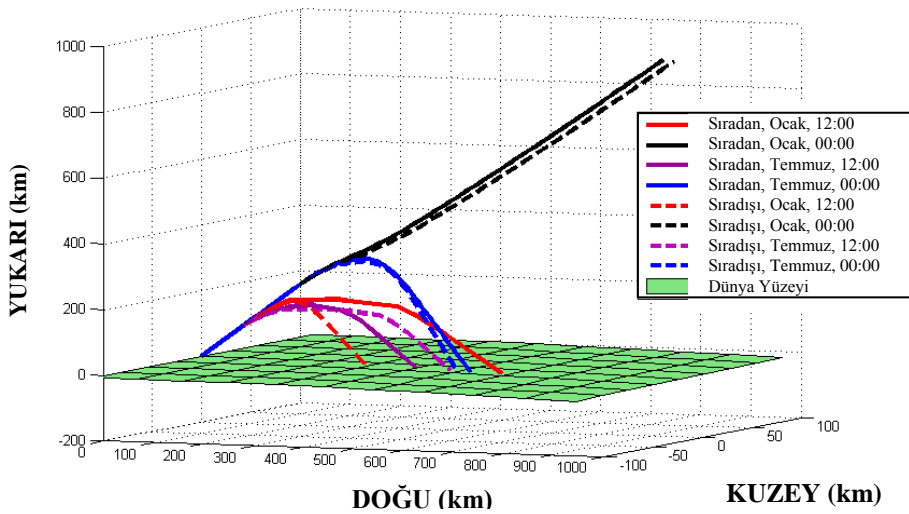
Şekil 1. IONOLAB-RAY algoritması

Ön koşulda kullanıcı tarafından tanımlanan ilgi alanı bölgede oluşturulan her bir hücre için kullanıcı tarafından girilecek tarih ve zamanlara karşılık iyonküre parametreleri önceden hesaplanarak leksikografik sıraya dizilmektedir. Ana koşulda senaryo koşullarında ilgili değerler çekilerek ışın izleme hesaplanmaktadır.

5. Çıktılar

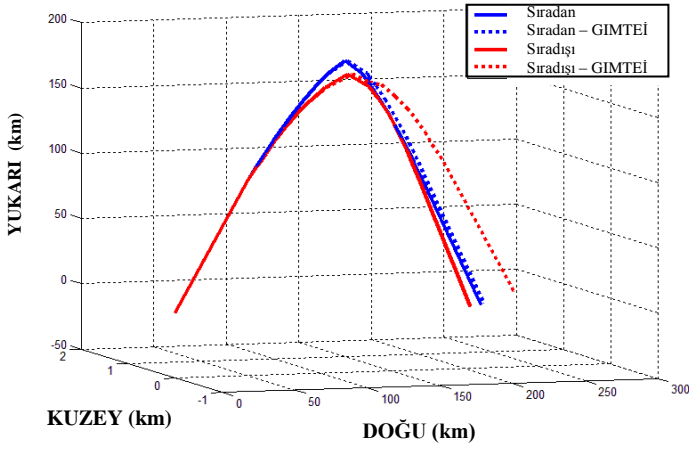
IONOLAB-RAY algoritması kullanılarak çeşitli girdi parametrelerinin değişimine karşılık ışının ilerleme yolu incelenmiştir. Bildirideki sayfa kısıtı nedeni ile iki analiz sunulmaktadır.

Işın yolunun tarih ve gün içindeki zamana göre değişimi Şekil 2'de verilmektedir. Senaryolar 6 MHz kaynak 39°N, 40°E konumunda, 45° yükseliş açısıyla doğuya doğrudur. Kışın gece elektron yoğunluğunun az olması nedeni ile dalga iyonküreden yansımamaktadır. Yazın gece yansıma meydana gelmektedir ancak iyonkürenin gündüz senaryolarına göre daha yüksek katmanından yansıma olmaktadır. Gece senaryolarında iyonkürenin yönbağımlılığı daha az etkin olmakta ve sıradan ve sıra dışı dalgalar birbirine yakın yollar izlemektedir. Öğlen elektron yoğunluğu geceye göre fazla olmakta ve yansıma iyonkürenin daha alçak katmanlarından meydana gelmektedir. Yönbağımlılığın etkisi ile sıradan ve sıra dışı dalgaların izlediği yollar farklılık göstermektedir.

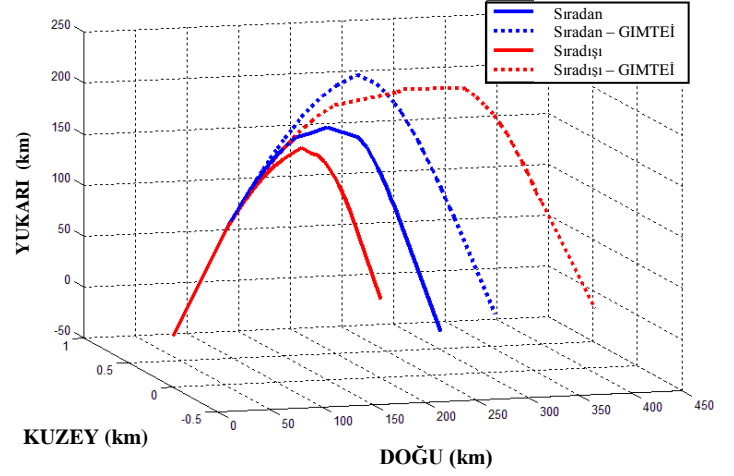


Şekil 2. Tarih ve zamana göre sıradan ve sıra dışı dalgaların izlediği yollar

IONOLAB-RAY algoritması ile iyonküre modelinin TEİ verisi beslendiği ve beslenmediği durumlarda sakin ve fırtınalı günler için elde edilen grafikler Şekil 3'de verilmektedir. Senaryolar yukarıdaki örnekteki koşullarda oluşturulmuştur. Fırtınalı gün için TEİ verisi ile besleme iyonküre modeli üzerinde daha farklı bir güncelleme sağladığından çıktılar arasındaki fark daha fazla olmaktadır.



(a) 25 Nisan 2011 – Sakin gün



(b) 06 Ağustos 2011 – Fırtınalı gün

Şekil 3. İyonküre modelinin TEİ verisi ile beslemenin sakin ve fırtınalı günlerdeki ışın izleme üzerindeki etkisi

6. Sonuç

Bu çalışma ile TEİ ile beslenebilen 3 boyutlu küresel hücre yapılı iyonküre modeli üzerinden ışın izleme ile KD bandında dalga yayılım yolunu hesaplayan IONOLAB-RAY algoritması anlatılmıştır. IONOLAB-RAY algoritmasında iyonkürenin düzgün dağılmayan, yönbağımlı ve zamana göre değişim gösteren yapısı modellenmektedir. Algoritma ön koşul özelliği sayesinde önceden yapılabilecek hesaplamaların yapılmasını ve senaryo koşullarında kullanıma hazır bir şekilde sıralanmasını sağlamaktadır. Algoritmanın kullanımında kullanıcının önceden veri hazırlığı yapmasına gerek olmamakta, tüm parametre ve bileşenler otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

IONOLAB-RAY algoritması kullanılarak çeşitli girdi parametrelerinin değişimine karşılık çıktılar analiz edilmiş ve iki örnek analiz bu bildiriye sunulmuştur.

Gelecek çalışmalarda bu algoritmanın bir yazılım aracına dönüştürülmesi ve KD iletişiminde kanal modelinin geliştirilmesine yönelik güncellemelerin yapılması planlanmaktadır.

7. Teşekkür

Bu çalışma TUBİTAK 114E092, TUBİTAK 115E915 ve AS CR14/001 projeleri tarafından desteklenmektedir.

8. Kaynaklar

- [1] Budden, K.G., The propagation of radio waves, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- [2] Erdem E, Arıkan F, Deviren MN, Cor I. A Model Based Ray Tracing Algorithm for Anisotropic and Inhomogeneous Ionosphere with GIM-TEC Assimilation. 7th Conference on RAST, 2015 June 16-19.
- [3] E. Erdem, F. Arıkan, M.N. Deviren. İyonkürenin Küresel Izgara Modelinde Işın İzleme, VII. URSI Türkiye Bilimsel Kongresi-Ulusal Genel Kurul Toplantısı, 2014
- [4] Bilitza D, Altadill D, Zhang Y, Mertens C, Truhlik V, Richards P, McKinnel L, Reinisch B. The International Reference Ionosphere 2012 – a model of international collaboration. J. Space Weather Space Clim. 2014;4:1-12.
- [5] Gulyaeva TL, Huang X, Reinisch BW. Plasmaspheric extension of topside electron density profiles. Adv. Space Res. 2002;29:825-831.
- [6] Deviren, M. N., F. Arıkan, T. Gulyaeva, IRI-Plas-G ve Evrensel Krigleme Kullanılarak Orta Enlem İyonküre Parametrelerinin 2-B Görüntülenmesi, URSI Türkiye, VII. Bilimsel Kongresi, Elazığ, Türkiye 2014
- [7] Gulyaeva, T.L., F. Arıkan, M. Hernandez-Pajares, I. Stanislawski, GIM-TEC adaptive ionospheric weather assessment and forecast system, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 102, 329-340, 2013
- [8] Sayin I, Arıkan F, Arıkan O, Regional TEC mapping with Random Field Priors and Kriging. Rad. Sci., 2008;43, no.5, Oct.
- [9] Shkarofski P. Generalized Appleton-Hartree Equation for any degree of Ionization and Application to the Ionosphere, Proc. IRE 1961;49:1857-1871.