Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **15** (2015) 025201 (166-171) AKU J. Sci. Eng. **15** (2015) 025201 (166-171)

DOI: 10.5578/fmbd.9125 **Araştırma Makalesi / Research Article**

Işın İzleme Tekniğinin Radyo Dalga Yayılım Modellerinde Kullanılması

Doruk Ayberkin, Mehmet Barış Tabakcıoğlu

Bayburt Üniversitesi Bayburt Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, Bayburt.

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bayburt.

doruk@bayburt.edu.tr

mbtabakcioglu@bayburt.edu.tr

Geliş Tarihi:17.06.2014; Kabul Tarihi:19.02.2015

Anahtar kelimeler
Işın izleme tekniği; Eğim kırınımı; Dışbükey zarf tekniği; Geometrik kırınım teorisi; Kırınım katsayısı; Algoritma

Özet

Daha güvenilir, zaman açısından verimli ve kesinliği yüksek elektromanyetik dalga şiddeti kestirimi yapmak için birçok yayılım modeli geliştirilmiştir. Bu modeller nümerik ve ışın izleme tekniği tabanlı olmak üzere iki kısımdır. Nümerik modellerin hesaplama zamanı ve kesinliği yüksektir. Buna karşın ışın izleme tekniği tabanlı modellerin hesaplama süresi daha kısadır. Vericiden çıkan ve alıcıda sonlanan tüm ışınların tespit edilmesi alıcı üzerindeki bağıl yol kaybının doğru hesaplanması için çok önemlidir. Bu çalışmada kısaca bazı yayılım modelleri hakkında bilgi verildikten sonra ışın izleme tekniği yazılımı açıklanacaktır ve karşılaştırmalar yapılacaktır.

Usage of Ray Tracing Technique in Radio Wave Propagation Models

Keywords
Ray tracing technique; Slope diffraction; Convex hull technique; Geometrical Theory of diffraction; Diffraction Coefficient; Algorithm.

Abstract

To make more reliable, time efficient and more accurate electromagnetic wave strength prediction a lot of propagation models have been introduced. These models are two kinds such as numerical and ray traced based. Accuracy and computation time of numerical models are higher. Unlike computation time of ray traced based models is less than numerical ones. The determination of all rays emanates from transmitter and end at the receiver is vital to calculate the relative path loss accurately. In this study, after a short brief about propagation model, ray tracing software is explained and comparisons are made.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

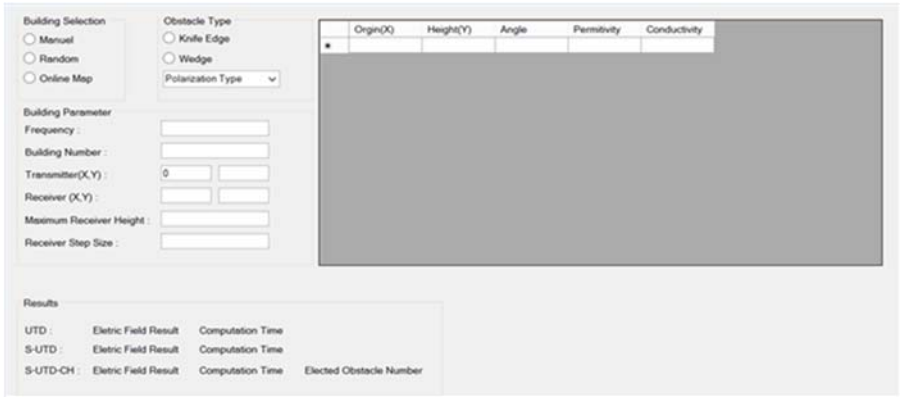
Dijital haberleşme sistemlerinde kapsama alanı kestirimi çok önemlidir. Bunun için nümerik ve ışın izleme tekniğine dayalı birçok elektromanyetik dalga yayılım modeli ileri sürülmüştür (Tabakcıoğlu ve Cansız 2014). Nümerik modellerin işlem karmaşıklığı ve hesaplama süresi ışın izleme tekniğine dayalı modellere göre daha fazladır (Tabakcıoğlu and Kara 2008). Birçok haberleşme sistemi istatistiksel yaklaşımlar kullanmaktadır (Int Kyn. 1). Bu yaklaşımlar ise daha fazla enerji tüketimi veya daha fazla baz istasyonu kurulumu manasına gelmektedir. Fazla enerji tüketimi yapmadan daha az sayıda baz istasyonuyla kaliteli bir haberleşme sistemi kurmak için ışın izleme tekniğine dayalı modeller kullanılmaktadır (Tabakcıoğlu and Kara 2009). Radyo haberleşmesinde yüksek frekanslar kullanıldığı için engeller bıçak kenarlı kama (knife-edge), iç açılı empedans kama (wedge) ve silindir şeklinde modellenebilmektedir (Andersen, 1997). Işın izleme tekniğine dayalı modellerden Uniform kırınım teorisi (UKT) Kouyoumjian ve Pathak (1974)'te ileri sürülmüştür. Bu model geçiş bölgelerinde hatalı sonuçlar vermektedir (Luebbers, 1984). Geçiş bölgesindeki hataları ortadan kaldırmak için eğim kırınımları Andersen (1994) engel sayısı az olduğu durumlarda UKT (UTD) modeline katılmıştır (Leandro and Jorge 2002). Engel sayısı fazla olduğu durumlarda bu model hatalı sonuçlar vermektedir (Rizk *et al*. 1998). Eğim kırınımı (EK) model çoklu bıçak kenarlı kama ve iç açılı empedans kama

yapılar için faz sürekliliği sağlanarak daha da geliştirilmiştir (Tzaras and Saunders 2001). Bina sayısı 10 ve daha fazla olduğu durumlarda model kesinliğini yitirmekte ve hatalı sonuçlar vermektedir (Kara *et al*. 2003). Eğim kırınımı (S-UTD) modelinin hatasını ortadan kaldırmak için Dışbükey zarf tekniğine dayalı eğim kırınımı (EKDZ) modeli ileri sürülmüştür (Tabakcioglu and Kara 2010). Bu modelde Bertoni ve Chung (2003)'teki fresnel kavramı kullanılarak Bucci ve ark. (2003)'teki dışbükey zarf oluşturulmuştur. Bu dışbükey zarf üzerinden eğim kırınımı modeli çalıştırılmıştır. Etkin olmayan binalar çıkarıldığı için kesinlikten ödün verilmeden hesaplama zamanı düşürülmüştür. Daha sonra eğim kırınımı modeli (Koutitas and Tzaras 2005)'te silindirik yapılara ve (Koutitas and Tzaras, 2006)'de art arda gelen değişik geometriler içeren yapılara uygulanmıştır. Tabakcıoğlu ve Cansız (2013)'te EK, UKT ve EKDZ (S-UTD-CH) modelleri hesaplama zamanı ve kesinlik açısından birbiriyle karşılaştırılmıştır. Yukarıda kısaca özetleri verilen modellerin tamamı ışın izleme tekniğine dayanmaktadır. Kaynaktan çıkan ve alıcıya ulaşan tüm ışınlar tek tek tespit edilir (Ayberkin ve Tabakcıoğlu 2014). Her bir ışının alıcı üzerindeki şiddeti hesaplanır. En sonunda tüm ışınların katkıları alıcı üzerinde toplanarak kaynaktan çıkan ve alıcıda sonlanan alan şiddeti kestirilmiş olur. Gelecek bölümlerde ışın izleme tekniği yazılımının nasıl çalıştığı, daha sonra alıcı üzerindeki bağıl yol kaybı nasıl hesaplandığı hakkında bilgiler verilerek örnek bir senaryo üzerinden diğer yayılım modelleriyle karşılaştırmalar yapılacaktır.

2. Işın İzleme Tekniği Yazılımı

2.1 Arayüz tanıtımı

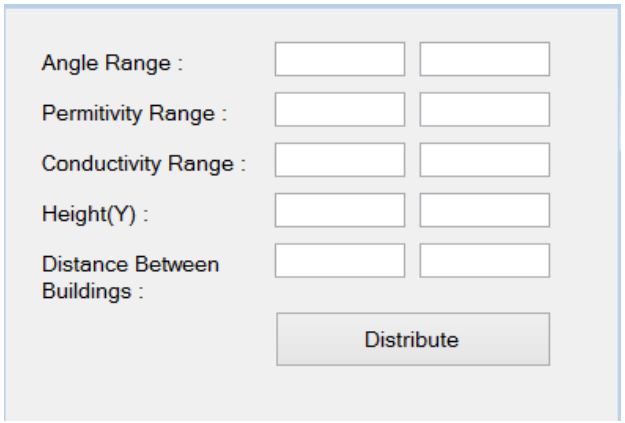
Işın izleme tekniği yazılımı C# ortamında geliştirilmiştir. Şekil 1'de geliştirilen programın ara yüzü verilmiştir. Şekil 1'den de görüleceği gibi program manuel giriş, rasgele atamayla giriş ve Google Earth haritalarından giriş olmak üzere 3 şekilde girdi alabilmektedir. Program çalıştırılırken ilk önce girdi şekli seçilmektedir. Programa girilecek girdiler ise baz istasyonunun yüksekliği ve lokasyonu, engellerin yüksekliği ve baz istasyonuna uzaklığı, engellerin bağıl elektrik geçirgenlik sabiti, engellerin iletkenliği, engellerin iç açısı, alıcının yüksekliği ve vericiye olan uzaklığıdır. İşlem frekansı, engel sayısı ve engelin tipi de kullanıcı ara yüzünde girilmelidir. Vericinin konumunu çalışmamızda referans (origin) olarak kabul edeceğiz. Binaların lokasyonlarını verici lokasyonuna göre belirleyeceğiz. Bağıl elektrik geçirgenliği ve iletkenlik binaların yapıldığı malzemelerin elektriksel özelliğidir. Örneğin kuru toprak için bağıl elektrik geçirgenliği 15, iletkenlik ise 0.0012 S/m dir. Engel iç açısı ise engel tipi iç açılı empedans kama olma durumunda geçerli bir parametredir. Google Earth haritalarından kırınım senaryosunda özellikle radyo ve televizyon yayıncılığında dağ ve tepelerin yükseklik ve referans noktasına göre uzaklık bilgileri alınacaktır. Dağ ve tepelerin iç açısı ise geometri kullanılarak hesaplanacak ve programa veri olarak gönderilecektir.



Şekil 1. Kullanıcı ara yüzü.

2.2. Rasgele (Random) girdi penceresi

Rasgele girdi penceresinde engellerin yükseklikleri ve vericiye olan uzaklıkları belirlenen iki sayı arasında rasgele atanmaktadır. Şekil 2'de rasgele girdi penceresi verilmiştir.

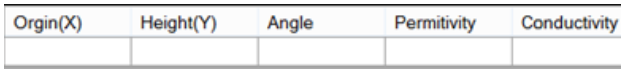


Şekil 2. Rasgele girdi penceresi.

Ayrıca bağıl elektrik geçirgenliği (permittivity), iletkenlik (conductivity) ve engel iç açısı (interior angle) gibi bina parametreleri de rasgele atanabilmektedir. Şekil 3'te bıçak kenarlı kama yapılar için örnek bir rasgele bina dağıtımı yapılmıştır. Şekil 3'te Random (Rasgele) seçilirse Şekil 2'deki pencere açılmaktadır. Bu açılan pencerede açı, geçirgenlik, iletkenlik, yükseklik ve binalar arası mesafeler için istenilen aralık girilmektedir. Bu aralıklar arasında binaların parametreleri Şekil 3'te görülebileceği gibi atanmaktadır. Şekil 3'ten de görülebileceği gibi kırınım senaryosunda alıcı ve verici dâhil 12 bina vardır. Verici yüksekliği 20 m, alıcı yüksekliği 1.5 m olup engel yükseklikleri 6 m ile 20 m arasında rasgele atanmıştır. Binalar arası mesafe sabit 12 m olarak seçilmiştir.

2.3. Manuel girdi penceresi

Manuel girdi penceresinde engel yükseklikleri, engellerin alıcıya uzaklıkları, alıcı ve verici anten yükseklik ve lokasyonları, bağıl elektrik geçirgenlik sabiti, iletkenlik ve engel iç açısı gibi bina parametreleri Şekil 4'te görüldüğü üzere manuel olarak girilmektedir. Şekil 3'te manule olarak girdi seçilirse Şekil 4'teki pencere açılır ve bina parametreleri tek tek girilir. Daha sonra bu parametreler Şekil 3'e aktarılır.



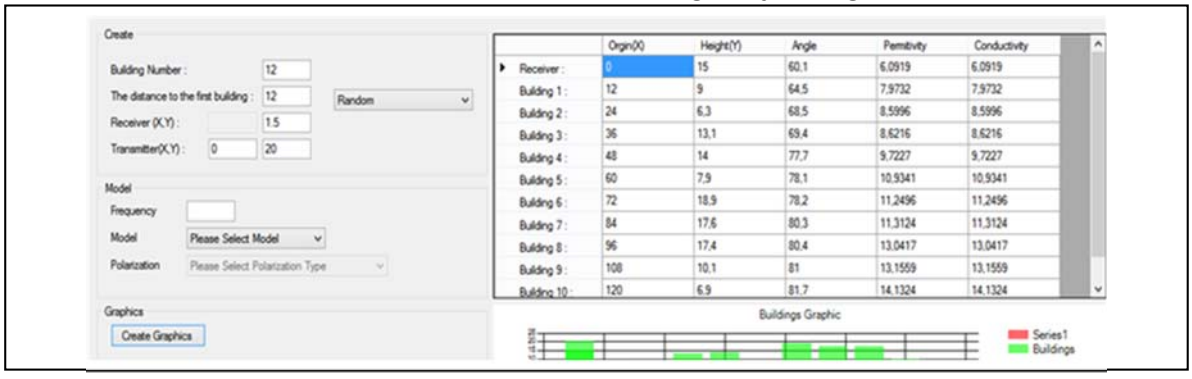
Şekil 4. Manuel girdi penceresi.

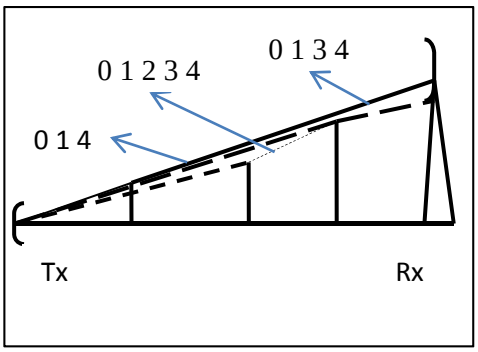
2.4. Işın izleme tekniği algoritması

Işın izleme tekniğini Şekil 5 üzerinden anlatacak olursak; alıcı ve verici antenler arasında 10 km vardır. Bu antenler arasında 4, 6 ve 8 km lerde 40, 50 ve 60 m yüksekliklerde üç engel bulunmaktadır. Işın izleme tekniği ilk önce doğrudan alıcıya ulaşan ışının olup olmadığını verilen iki nokta arası uzaklık ve eğim formülleriyle kontrol etmektedir.

$$y = (x - T_x)\left(\frac{R_y - T_y}{R_x - T_x}\right) + T_y \qquad (1)$$

Burada, T_x ve T_y verici lokasyonunun koordinatlarıdır. R_x ve R_y alıcı lokasyonunun koordinatlarıdır. x ve y bulmak istediğimiz doğrunun üzerindeki noktanın koordinatlarıdır. Engelin apsisi, alıcı ve verici koordinatları Denklem (1)'de yerlerine yazılırsa bu noktada doğrunun ordinatı bulunur. Eğer bu nokta engelin yüksekliğinden yüksek ise kesişme yoktur. Her bir engel için bu durum incelenir. Doğrunun üzerinde hesaplanan nokta engel yüksekliğinden yüksek ise doğru hiç bir engel tarafından bloke edilmemiştir.





Şekil 5. Işın izleme tekniği senaryosu.

Şekil 5'ten de görülebileceği gibi (0 2 ...) ile başlayan herhangi bir yol bulunmamaktadır. Çünkü bu yollar birinci engel tarafından bloke edilmiştir. Sonuç olarak yukarıdaki senaryo için alıcı üzerindeki toplam yol kaybına katkısı olan yollar (0 1 4), (0 1 3 4) ve (0 1 2 3 4) olmaktadır.

3. Bağıl Yol Kaybı Hesaplama

Bağıl yol kaybı hesaplanırken vericiden çıkan alıcıda sonlanan her bir ışın tek tek incelenir. Her bir ışın için bağıl yol kaybı hesaplanır. En sonunda bu ışın katkıları toplanır. Bağıl yol kaybını hesaplamak için (Tzaras and Saunders 2001) de verilen yayılma faktörü, kırınım katsayısı, geçiş fonksiyonu, uzaklık parametreleri gibi bazı parametrelerin her bir ışın için hesaplanması gerekmektedir.

$$E = [E_i D + \frac{\partial E_i}{\partial n} d_s \,] A(s) e^{-jks} \qquad (2)$$

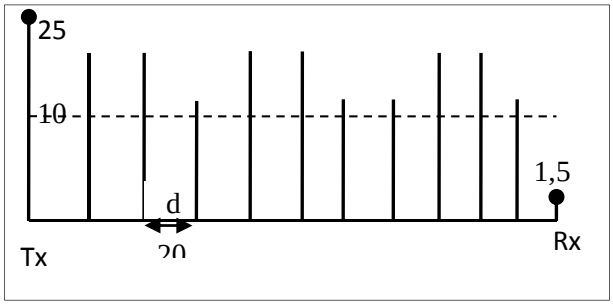
$$D = -\frac{e^{-\frac{j\pi}{4}}}{2\sqrt{2\pi k}\cos\frac{\alpha}{2}} F(x) \qquad (3)$$

$$x = 2kL\cos^2 \alpha/2 \qquad (4)$$

Yukarıdaki denklemlerde D kırınım katsayısı, d_s eğim kırınım katsayısı, A yayılma faktörü, F geçiş fonksiyonu ve L uzaklık parametresidir.

4. Karşılaştırmalar

UKT, EK ve EKDZ modellerinin avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymak için Şekil 6'da (Tabakcıoğlu ve Cansız 2014) verilen yayılım senaryosu incelendi.



Şekil 6. Yayılım senaryosu.

Bu senaryoda 10 tane bıçak kenarlı kama olarak modellenmiş yapı bulunmaktadır. Kırınım senaryosu için seçilen işlem frekansı 2100 MHz olarak atanmıştır. Ortalama bina yüksekliği 10 m olup, binalar 10±4 m olarak rastgele atanmıştır. Binalar arası mesafe ise 20 m olup, binalar arası mesafe 20±5 m olarak atanmıştır. Alıcı yüksekliği 1,5 m olup, verici yüksekliği 5, 10, 15, 20 ve 25 m olarak seçilmiştir. Her bir durum için 20 kez benzetimler yapılmış olup sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Benzetim sonuçları.

UKT (s)	EK (s)	EKDZ (s)	UKT-EK (dB)	EKDZ-EK (dB)	ELENEN	Tx
0,898	157,618	0,010	0,118	0,234	7,400	25
0,969	187,709	0,026	0,501	0,259	7,050	20
1,147	235,013	0,363	0,576	0,119	6,050	15
0,959	214,041	6,129	0,605	0,151	5,000	10
0,670	160,813	0,898	0,896	0,212	4,650	5

Tablo 1'den de görülebileceği gibi, sol üç sütunda modellerin hesaplama süreleri verilmiştir. Sonraki sütunda eğim kırınımı modelinin düzgün kırınım teorisi modeline katkısı verilmektedir. Daha sonra gelen sütunda EK ve EKDZ modellerinin farkı verilmektedir. Ayrıca EKDZ modelinde etkin olmayıp senaryodan çıkarılan bina sayısı ile verici yükseklikleri de Tablo1'de verilmektedir. EK modeli referans model olup hesaplama zamanı en yüksek olan modeldir. UKT modeli kısa hesaplama süresine sahip olup, en çok hata veren modeldir. Verici yüksekliği azaldığı durumlarda binalar birbirinin geçiş bölgesine girdiğinden, EK modelinin katkısı artmaktadır. Etkin olmayan binalar senaryodan çıkarıldığı için EK ile EKDZ modeli yaklaşık sonuçlar vermekte olup EKDZ modelinde hesaplama süresi oldukça düşüktür. Verici yüksekliği aşağı çekildiği durumlarda elenen bina sayısı azalmaktadır. EKDZ modeli hesaplama süresi ve kestirimdeki kesinlik açısından optimum bir modeldir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu makalede hâlihazırda kapsama alanı kestiriminde ve haberleşme sistemlerinde kullanılan elektromanyetik dalga yayılım modelleri ve bu modellerde kullanılan ışın izleme tekniği ve bağıl yol kaybı hesaplama yazılımı hakkında bilgi verilmiştir. Alıcı üzerindeki dalga şiddetini kesin bir şekilde kısa sürede hesaplamak haberleşme sistemlerindeki kalite açısından önemli bir faktördür. Işın izleme tekniğini kullanan EKDZ modeli yüksek kesinliği ve düşük hesaplama zamanıyla kestirim problemlerinde kullanılabilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Bayburt Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerini Destekleme Birimi tarafından 2013-1/14 proje numarasıyla desteklenmektedir.

Kaynaklar

Andersen, J.B., 1994. Transition zone diffraction by multiple edges. *IEE Proceedings - Microwaves, Antennas and Propagation*, **141**, 5, 382-384.

Andersen, J.B., 1997. UTD multiple edge transition zone diffraction. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **45**, 7, 1093-1097.

Bucci, O.M., Capozzoli, A., Curcio, C. and Delia, G., 2003. The experimental validation of a technique to find the convex hull of the scattering systems from field data. IEEE APS Procedings, 539-542.

Chung, H.K. and Bertoni, H.L., 2003. Application of Isolated Diffraction Edge (IDE) Method for Urban Microwave Path Loss Prediction. *IEEE Vehicular Technology Conference,* **1**, 205-209.

Kara, A., Bertoni, H.L. and Yazgan, E., 2003. Limit and application range of the slope diffraction method for wireless communications, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **51**, 9, 2512-2514.

Koutitas, G. and Tzaras, C., 2006. A Slope UTD Solution for a Cascade of Multishaped Canonical Objects *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **54**, 10, 2969-2976.

Koutitas, G. and Tzaras, C., 2005. A new UTD formulation for multiple cylindrical diffraction. *IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications Proceedings,* 45-48.

Kouyoumjian, R.G and Pathak, P., 1974. A uniform geometrical theory of diffraction for an edge in a perfectly conducting surface. *IEE Procedings*, **62**, 1448-1461.

Leandro, J-L, and Jorge, L.R., 2002. A UTD-PO solution for diffraction of plane waves by an array of perfectly conducting wedges. *IEEE Transactions on Antennas*

and Propagation, **50**, 9, 1207-1211.

Luebbers, R.J., 1984. Finite conductivity uniform GTD versus knife edge diffraction in prediction of propagation path loss. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **32**, 1, 70-76.

Rizk, K., Valenzuela, R., Chizhik, D. and Gardiol, F., 1998. Application of the slope diffraction method for urban microwave propagation prediction, IEEE Vehicular Technology Conference, **2**, 1150-1155.

Tabakcıoğlu, M.B. ve Cansız A., 2014. Çoklu kırınımlar içeren senaryolar için elektromanyetik dalga yayılım modelleri, Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, **19**, 1, 37-46.

Tabakcıoğlu, M.B. and Kara, A., 2008. Discussions of various UTD and PO solutions for multiple edge diffractions in urban radio propagation modeling. Electromagnetic Wave Scattering Workshop. 11, 1-6.

Tabakcıoğlu, M.B. and Kara, A., 2009. Comparison of improved slope uniform theory of diffraction with some geometrical optic and physical optic methods for multiple building diffractions. *Electromagnetics,* **29**, 1, 303-320.

Tabakcıoğlu, M.B. and Kara, A., 2010. Improvements on Slope Diffraction for Multiple Wedges. *Electromagnetics,* **30**, 3, 285-296.

Tabakcıoğlu, M.B. and Cansız, A., 2013. Application of S-UTD-CH Model into Multiple Diffraction Scenarios. *International Journal of Antennas and Propagation*, **2013**, 1-5.

Tabakcıoğlu, M.B. ve Ayberkin, A., 2014. Çoklu kırınım içeren senaryolarda kullanılan ışın izleme tekniği algoritması geliştirilmesi. *Akademik Bilişim Konferansları*.

Tzaras, C. and Saunders, S.R., 2001. An improved heuristic UTD solution for multiple-edge transition zone diffraction, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **49**, 12, 1678-1682.

İnternet Kaynakları

1- http://en.wikipedia.org/wiki/Hata_model_for_urban_areas, (19.02.2015)