

# EKDZ Modelinin Çoklu Kırınımlara Uygulanması

## Application of S-UTD-CH Model to Multiple Diffractions

Mehmet Barış Tabakcıoğlu<sup>1</sup>, Ahmet Cansız<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bayburt Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü  
Bayburt Üniversitesi  
mbtabakcioglu@bayburt.edu.tr

<sup>2</sup>Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
cansizahmet@hotmail.com

### Özet

Daha güvenilir radyo yayıncılığı için çok uzun zamanlardan beri nümerik ve ışın tabanlı elektromanyetik dalga yayılım modelleri geliştirilmiştir. Işın tabanlı modellerin kesinliği az buna karşın hesaplama süresi düşük olmaktadır. Dışbükey zarf tekniğine dayalı eğim kırınımı modeli hesaplama süresi ve kestirilen alanın kesinliği açısından optimum bir modeldir. Bu makalede kırınım modelleri zaman ve kesinlik açısından karşılaştırılacak, materyal özelliklerin ve kutuplanma türünün alana etkisi tartışılacaktır.

### Abstract

To make more reliable radio broadcasting numerical and ray based electromagnetic wave propagation models has been developed for a long time. Although accuracy of ray based models are less, computation time is less. Slope UTD with convex hull model is optimal for computation time and accuracy of predicted field. In this paper, diffraction models are compared with respect to computation time and accuracy. Moreover effects of material properties and polarization type are discussed.

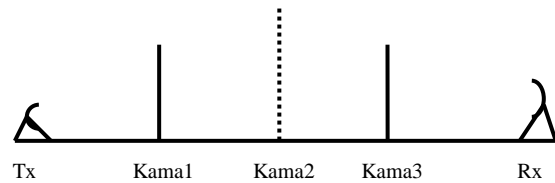
### 1. Giriş

Işın izleme tekniğine dayalı kırınım modelleri nümerik modellere göre daha hızlı bir şekilde kestirim yapmaktadır. Bu kırınım modellerinin kesinliği nümerik modellere göre daha düşüktür. Uniform Kırınım Teorisi (UKT) [1] alan kestirimini çok hızlı bir şekilde yapmaktadır. Eğer senaryodaki binaların yükseklikleri birbirine yakınsa başka bir deyişle binalar biri diğerinin geçiş bölgesindeyse bu teori alan kestirimi yaparken hatalı sonuçlar vermektedir. Eğer senaryoda sadece bir bina varsa veya binalar birbirinin geçiş bölgesinde değilse UKT modeli en hızlı modeldir. Aksi takdirde yine ışın izleme tekniğine dayalı model olan Eğim Kırınımı (EK) modeli kullanılır [2]. EK modeli çoklu kırınımlarda alanların türevlerini hesaplayıp toplam alana eklediği için geçiş bölgesi kırınımlarında referans bir modeldir [3]. EK modelinin kullanımı bina sayısı arttıkça zorlaşmakta, hesaplama süresi artmakta ve kesinlik azalmaktadır. 10 kırınımına kadar EK modeli referans bir modeldir. Dışbükey Zarf Tekniğine dayalı

Eğim Kırınımı (EKDZ) modeli çoklu kırınım içeren senaryolarda hesaplama zamanını düşürmek, 10 kırınımdan fazla kırınım içeren senaryolarda ise alıcı üzerine gelen alanın kestirimindeki kesinliği artırmak için kullanılabilir. EKDZ modeli Dışbükey Zarf modeline dayanmaktadır. Dışbükey zarf oluşturulurken alıcı üzerindeki toplam alana etkisi neredeyse olmayan binalar senaryodan çıkarılır. Bu işlem hesaplama zamanını düşürürken; hesaplamadaki kesinlikten ödün vermeyecektir [4,5]

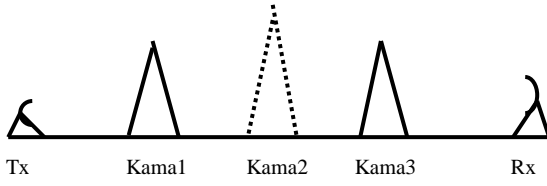
### 2. Modellerin Karşılaştırılması

Işın izleme tekniğine dayalı modellerin karşılaştırılmasında Şekil 1 ve Şekil 2'deki senaryolar kullanılacaktır. Bu senaryolarda bıçak kenarlı kama veya iç açılı empedans kama bulunmaktadır. Şekil 1'deki senaryo için işlem frekansı 100 MHz, alıcı ve verici anten yükseklikleri 0 m, birinci ve üçüncü bıçak kenarlı kamaların yüksekliği 100 m olup vericiden 10 ve 20 km uzaklıktadır. İkinci kama yüksekliği değişebilmekte olup 15 km uzaklıktadır.



Şekil 1: Bıçak Kenarlı Kama Senaryosu.

Şekil 2'deki senaryo için işlem frekansı 100 MHz, alıcı ve verici anten yükseklikleri 0 m, birinci ve üçüncü iç açılı kamaların yüksekliği 100 m olup vericiden 10 ve 20 km uzaklıktadır. İkinci kama yüksekliği değişebilmekte olup 15 km uzaklıktadır. Kamaların bağıl elektrik geçirgenlik sabitleri 15, 25, 250, 2500 olarak seçilebilmektedir. Polarizasyon türü yatay ve dikey olarak seçilebilmektedir. Kama açısı 15, 30, 60 ve 75° olabilmektedir. Ortadaki kamanın yükseklikleri 0, 50 ve 100 m olabilmektedir.



Şekil 2: İç Açılı Kama Senaryosu.

İç açılı empedans kamanın iç açısının değişimi alıcı üzerindeki bağıl yol kaybını etkilemektedir. Kamanın türü de iç açısı değişimi gibi bağıl yol kaybını değiştirmektedir. İç açılı kama yapılarında kamanın yüzeylerinden yansıyan ışınlar da hesaba katılmasından dolayı açı değişimine göre bağıl yol kaybı değişir. Bıçak kenarlı kama ve iç açılı kama için benzetimler yapılmış olup sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’den de görüleceği gibi ikinci bina yüksekliği, elektrik geçirgenliği, kutuplanma türü gibi parametreler sabit tutulup kama iç açısı değiştiğinde alıcı üzerindeki yol kaybı da değişmektedir. Kama açısı azaldıkça bıçak kenarlı kama yapıya benzemektedir. Açı arttıkça bağıl yol kaybı da artmaktadır. Yine Çizelge 1’den görülebileceği gibi EK ve EKDZ modeli hemen hemen aynı sonucu vermiştir. Kırınım sayısı 10’dan az olduğu için EK modeli referans olarak alınmıştır. En fazla 0,141 dB lik bir hata vardır. EK modelinin UKT modeline 1,2 dB den fazla katkısı olmaktadır.

İç açılı empedans kamanın bağıl elektrik geçirgenliğinin değişimi alıcı üzerindeki bağıl yol kaybını etkilemektedir. İç açılı kama yapılarında kamanın yüzeylerinden yansıyan ışınlar da hesaba katılmasından dolayı kamanın elektrik geçirgenliğine göre yansıyan ışınlar değişir, bu değişim de bağıl yol kaybını değiştirir. İç açılı kama için farklı geçirgenlik sabitleri için benzetimler yapılmış olup sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’den de görüleceği gibi ikinci bina yüksekliği, kama iç açısı, kutuplanma türü gibi parametreler sabit tutulup elektrik geçirgenliği değiştiğinde alıcı üzerindeki yol kaybı da değişmektedir. Bağıl elektrik geçirgenlik sabiti arttıkça bağıl yol kaybı da artmaktadır. Yine Çizelge 2’den görülebileceği gibi EK ve EKDZ modeli hemen hemen aynı sonucu vermiştir. En fazla 0,143 dB lik bir hata vardır. EK modelinin UKT modeline 1,4 dB den fazla katkısı olmaktadır.

İkinci kamanın yüksekliği kırınım senaryosunu değiştirmektedir. Binalar biri diğerinin geçiş bölgesindeyse UKT modeli hatalı sonuçlar vermektedir. Bu durumda gelen alanların türevleri de alınarak bağıl yol kaybına eklenir. Yukarıda verilen senaryo için ikinci binanın yüksekliğinin farklı durumları için benzetimler yapıldı, sonuçlar Çizelge 3’te verilmiştir. Çizelge 3’den de görüleceği gibi ikinci bina yüksekliği değişirken, kama iç açısı, kutuplanma türü ve bağıl elektrik geçirgenlik sabiti gibi parametreler sabit tutulunca alıcı üzerindeki yol kaybı da değişmektedir. İkinci bina yüksekliği diğer binalarla aynı seviyeye gelince, geçiş bölgesine girdiği için bu durumda 2,64 dB’lik EK katkısı görülmektedir. Binalar birbirinin geçiş bölgesinden çıkınca

EK modelinin katkısı da azalmaktadır. Yine Çizelge 3’den görülebileceği gibi EK ve EKDZ modeli herhangi bina elemesi olmadığı durumlarda aynı sonucu vermektedir. En fazla 0,144 dB lik bir hata vardır. EK modelinin UKT modeline geçiş bölgesinden çıkınca azalmaktadır.

Verici antenden yayılan elektromanyetik dalganın kutuplanmasının türü de alıcı üzerindeki bağıl yol kaybını etkilemektedir. Yatay ve dikey kutuplanma için benzetimler yapılmış olup sonuçlar Çizelge 4’te verilmiştir. Çizelge 4’ten de görüleceği gibi ikinci bina yüksekliği, kama iç açısı, geçirgenlik sabiti gibi parametreler sabit tutulup kutuplanma türü değiştirildiğinde alıcı üzerindeki yol kaybı da değişmektedir. Kutuplanma türü yatay yerine dikey olarak seçilirse bağıl yol kaybı da artmaktadır.

### 3. Sonuçlar

Işın tabanlı elektromanyetik dalga yayılım modelleri kesinliklerine göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca elektromanyetik dalganın kutuplanma türü, kamanın iç açısı, kamanın elektrik geçirgenlik sabiti, kamanın iç açılı veya bıçak kenarlı olma durumu ikinci binanın yüksekliğinin alıcı üzerindeki toplam bağıl yol kaybına etkileri incelenmiştir. Kamaların biri diğerinin geçiş bölgesinde olduğu durumda EK modelinin UKT modeline katkısı en fazla olmaktadır. Bu durumda kama üzerine gelen alanların türevleri alınıp yol kaybına eklenmektedir. Etkin olmayan binaların elenmesi durumunda EK ile EKDZ modeli neredeyse aynı sonucu vermektedir. Bağıl elektrik geçirgenlik sabiti, kama iç açısı kutuplanma türünün dikey olarak seçilmesi bağıl yol kaybını artırmaktadır.

### 4. Kaynaklar

- [1] Kouyoumjian, R. G. ve Pathak, P. H., “A uniform geometrical theory of diffraction for an edge in a perfectly conducting surface”, Proceedings of the IEEE, 1974, 1448–1461.
- [2] Rizk, K., Valenzuela, R., Chizhik, D. ve Gardiol, F., “Application of the slope diffraction method for urban microwave propagation prediction”, IEEE Vehicular Technology Conference, 1998, 1150–1155.
- [3] Andersen, J. B. “UTD multiple-edge transition zone diffraction”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 45, 1093–1097, 1997.
- [4] Tabakcioglu, M.B. ve Kara, A., “Comparison of Improved Slope UTD Method with UTD based Methods and Physical Optic Solution for Multiple Building Diffractions”, Electromagnetics, 29, 303-320, 2009.
- [5] Tabakcioglu, M.B. ve Kara, A., “Improvements on Slope Diffraction for Multiple Wedges”, Electromagnetics, 30, 285-296, 2010.

Çizelge1 İç açı değişiminin Bağlı Yol Kaybına Katkısı

İkinci bina yüksekliği (m)	Kama İç Açısı (°)	Elektrik Geçirgenliği	Kutuplanma türü	UKT (dB)	EK (dB)	EKDZ (dB)	EK katkısı	EKDZ farkı	Elenen binalar
0	0			-22,882	-21,669	-21,602	1,213	-0,067	1
0	15	15	H	-23,961	-22,675	-22,817	1,286	0,142	1
0	30	15	H	-23,846	-22,579	-22,72	1,267	0,141	1
0	60	15	H	-24,077	-22,799	-22,941	1,278	0,142	1
0	75	15	H	-24,023	-22,756	-22,899	1,267	0,143	1

Çizelge 2 Bağlı Elektrik Geçirgenliğinin Bağlı Yol Kaybına Katkısı

İkinci bina yüksekliği (m)	Kama İç Açısı (°)	Elektrik Geçirgenliği	Kutuplanma türü	UKT (dB)	EK (dB)	EKDZ (dB)	EK katkısı	EKDZ farkı	Elenen binalar
0	30	2500	S	-24,522	-23,105	-22,962	1,417	-0,143	1
0	30	250	S	-24,511	-23,095	-22,952	1,416	-0,143	1
0	30	15	S	-24,472	-23,061	-22,918	1,411	-0,143	1

Çizelge 3 İkinci Bina Yüksekliğinin Bağlı Yol Kaybına Etkisi

İkinci bina yüksekliği (m)	Kama İç Açısı (°)	Elektrik Geçirgenliği	Kutuplanma türü	UKT (dB)	EK (dB)	EKDZ (dB)	EK katkısı	EKDZ farkı	Elenen binalar
150	60	15	S	-10,345	-9,001	-9,001	1,344	0	0
100	60	15	S	-21,452	-18,818	-18,818	2,634	0	0
0	60	15	S	-24,531	-23,127	-22,983	1,404	-0,144	1

Çizelge 4 Kutuplanma Türünün Bağlı Yol Kaybına Etkisi

İkinci bina yüksekliği (m)	Kama İç Açısı (°)	Elektrik Geçirgenliği	Kutuplanma türü	UKT (dB)	EK (dB)	EKDZ (dB)	EK katkısı	EKDZ farkı	Elenen binalar
150	60	15	S	-10,345	-9,001	-9,001	1,344	0	0
150	0	0		-28,369	-24,186	-24,186	4,183	0	0
150	60	15	H	-26,026	-30,831	-30,831	-4,805	0	0