

THE USE OF DIFFERENT INTERPOLATION METHODS IN ESTIMATING ELECTROMAGNETIC POWER DENSITY

Uğur SORGUCU*¹, İbrahim DEVELİ², S. Savaş DURDURAN³

¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, BARTIN

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ

³Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, KONYA

Received/Geliş: 18.04.2011 Revised/Düzeltilme: 24.05.2011 Accepted/Kabul: 31.05.2011

ABSTRACT

With the development of technology the use of power-based working devices has rapidly become widespread. However, the biggest problem of the technological innovations which brought about is electromagnetic pollution continues to affect our lives in the same speed. Although we know from the literature that sources of electromagnetic pollution exist in every region of the electromagnetic frequency band, base stations have been shown to be the biggest cause of pollution. One of the most important reasons of the level of interference from electromagnetic pollution is the distance from the source of electromagnetic pollution. In this context, electromagnetic measurements are based on a limited number of measurements which are obtained at different distances from the source of the electromagnetic radiation. In this study, measurements which were taken at different distances from the base stations were examined. However, from a practical point of view, it was not possible to take measurements from different distances for each of the base stations. Therefore, to solve this problem, we used the interpolation method, which is a mathematical approach, to estimate the density of the electromagnetic force at intermediate distances. Different interpolation methods were used to determine electromagnetic power density at certain distances and to achieve the most accurate estimates. A success rate of 99.8 % was obtained using the cubic interpolation method. It was concluded that the interpolation method can be safely used to estimate electromagnetic power density.

Keywords: Electromagnetic power density, base station, interpolation.

İTERPOLASYON YÖNTEMİYLE ELEKTROMANYETİK GÜÇ YOĞUNLUĞU KESTİRİMİ

ÖZET

Teknolojideki gelişmelere paralel olarak elektrige bağlı cihazların kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Ancak, teknolojik yeniliklerin beraberinde getirdiği en büyük sorun olan elektromanyetik kirlilik, aynı hızla hayatımızı etkilemeye devam etmektedir. Elektromanyetik kirliliği oluşturan kaynaklar frekans bandının her bölgesinde etkili olmakla birlikte literatürde, en büyük kirlilik sebebi olarak baz istasyonları gösterilmektedir. Elektromanyetik kirlilikten etkilenme miktarının en önemli nedenlerinden biri, elektromanyetik kirlilik kaynağına olan uzaklıktır. Bu kapsamda yapılan elektromanyetik radyasyon ölçümleri, elektromanyetik ışınım kaynağından belirli uzaklıklarda yapılan sınırlı sayıdaki ölçümlere dayanmaktadır. Bu çalışma kapsamında baz istasyonlarından belirli uzaklıklarda yapılan ölçümler incelenmiştir. Ancak her bir baz istasyonu için, ayrı ayrı uzaklıklarda ölçüm yapmanın pratik olarak mümkün olmadığı görülmüştür. Ölçümlerdeki bahsedilen noksanlığı gidermek adına bu çalışmada, matematiksel bir yaklaşım olan interpolasyon yöntemi, ara uzaklıklardaki elektromanyetik güç yoğunluğunun kestirimi için kullanılmıştır. Belirli bir uzaklıktaki elektromanyetik güç yoğunluğunun saptanması için farklı interpolasyon teknikleri kullanılmış ve yapılan tahminlerin en doğru neticeyi vermesi sağlanmıştır. Kübik interpolasyon yöntemi ile % 99.8 'lik bir başarı yakalanarak, interpolasyon yönteminin elektromanyetik güç yoğunluğunun kestiriminde güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Elektromanyetik güç yoğunluğu, baz istasyonu, interpolasyon.

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: sorgucu@bartin.edu.tr, tel: (378) 223 53 57

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun sürekli olarak artması ve artan nüfusun ihtiyaç duyduğu bilgi hacminin devamlı genişlemesi, teknolojik yeniliklerin hızlı bir şekilde ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ancak teknolojik gelişmeler hayatı kolaylaştırırken diğer yandan da elektromanyetik kirlilik ve elektromanyetik girişim problemleriyle mücadeleyi gündeme taşımıştır.

Literatürde yer alan elektromanyetik girişim çalışmaları, aynı ortamda bulunan cihazların birbirini etkileyebileceğini göstermiştir. Bu etkileşim neticesinde cihazların çalışma performansı düşmekte ve cihaz ömrü kısalmaktadır [1-3]. Elektromanyetik uyumluluk (EMU) probleminin bahsedilen olumsuz etkilerini düzenlemek üzere 24.10.2007 tarih ve 26680 sayılı Resmi Gazetede gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu yönetmeliğe göre cihazların elektromanyetik girişim oluşturarak birbirini etkilemesini önlemek amacıyla "CE" belgesi zorunlu hale getirilmiştir [4].

Elektromanyetik kirlilik probleminin bir başka yönü ise insan sağlığına olabilecek olası etkileridir. Uzun vadede oluşabilecek problemler henüz tahmin edilemeyeceğinden elektromanyetik radyasyon yayan vericileri sınırlamak üzere Telekomünikasyon Kurumu tarafından 12.07.2001 tarihli resmi gazetede "10 kHz- 60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik" yayınlanmıştır. Bu yönetmelik hazırlanırken ICNIPR (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection-Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu) kılavuzu esas alınmıştır [5]. Ancak hazırlanan yönetmelikte sınır değerler daha da katılaştırılarak, Avrupa Birliği ülkeleri seviyelerine getirilmeye çalışılmıştır.

Bu makale kapsamında dikkate alınan baz istasyonlarına ait limit değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan 180 farklı ölçümün hiç birinin Çizelge 1'de verilen limit değerleri geçmediği bildirilmiştir [15].

Çizelge 1. GSM 900 ve GSM 1800 Haberleşme Sistemleri için Ülkemizde Uygulanan Limit Değerler [6].

Fiziksel Nitekkik	900 MHz		1800 MHz	
	Tek bir cihaz için sınır değeri	Ortamın toplam sınır değeri	Tek bir cihaz için sınır değeri	Ortamın toplam sınır değeri
Elektrik Alan Şiddeti	10.23V/m	41.25 V/m	14.47V/m	58.34 V/m
Manyetik Alan Şiddeti	0.027 A/m	0.111A/m	0.038 A/m	0.157 A/m
Güç Yoğunluğu	0.28W/m ²	4.5 W/m ²	0.56 W/m ²	9.0 W/m ²

Literatür incelendiğinde baz istasyonlarının, cep telefonlarının, TV vericilerinin, aşırı düşük frekanslı elektromanyetik alanların vs. biyolojik sistemler üzerine etkilerini araştıran sayısız çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar, kendi aralarında mutabakat sağlamadıklarından elektromanyetik alanların genelde biyolojik sistemlere, özelde ise insan sağlığına yönelik doğrudan zararı vardır demek bugün için mümkün değildir. Ancak uzun vadede oluşabilecek zararları inceleyen akademik çalışmaların literatürde yeterince yer almaması nedeniyle kesin olarak zararsız demek de mümkün değildir.

Elektromanyetik alanların düzey bileşeninin biyolojik sistemleri etkilediğini düşünen araştırmacılar, elektromanyetik alanların etkilerini araştırmak üzere genellikle disiplinler arası

çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu çalışmaların birinde MS hastalarının yeryüzüne dağılımının tesadüfi olmadığı yapılan istatistikî araştırmalarla gösterilmiştir. MS hastalarının yakalananların sayısı 60. (°E) boylam civarında en yüksek değere ulaşırken Orta Asya, Hindistan, Çin, Japonya, Afrika ülkeleri, orta Amerika gibi ekvatora yakın yerlerde vaka sayısı yok denecek kadar azalmaktadır [7]. Bunun en önemli nedeni olarak elektromanyetik alanın düşey bileşenin kutuplara yakın bölgelerde hemen hemen yok denecek kadar az oluşu gösterilmektedir. MS hastalığına, elektromanyetik alanın düşey bileşenin zayıf olduğu bölgelerde çok sık rastlanır.

İnsanların vücut dirençlerinin ıslak iken 100 Ω 'lara kadar düştüğü ve vücuttaki tüm elektriksel faaliyetlerin 1-250 μ V arasında gerçekleştiği bilgisi, insan vücudunun elektriksel müdahalelere karşı ne denli korumasız olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır [8]. Elektromanyetik dalgalara maruz kalma neticesinde canlıda ısı ve ısı olmayan iki tür etki görülebilir. Isıl etkiler, vücut tarafından alınan elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ve vücut sıcaklığını arttırması olarak tanımlanmaktadır [9]. Bu sıcaklık artışı, ısının kan dolaşımı ile atılarak dengelenmesine değin sürer. Cep telefonları gibi düşük güçlü Radyo Frekans (RF) kaynaklarının sebep olabileceği sıcaklık artışı gerçekte oldukça düşüktür ve vücudun normal mekanizmaları ile etkisizleştirilebileceği düşünülmektedir. Nitekim yapılan bazı çalışmalar, cep telefonu ile beyinde oluşabilecek sıcaklık artışının ortalama 0.1 °C civarında olduğunu göstermiştir [6, 10].

Elektromanyetik alanların zararlarını inceleyen bilim insanlarının en büyük ilgi alanlarından birisi de elektromanyetik alanlara maruz kalma ile kanser arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bu bağlamda yapılan bir çalışma da gündelik yaşamda sıklıkla kullanılan saç kurutma makinesi ve tı-raş makinesi gibi cihazların lösemi üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Ancak, 50 Hz ile çalışan ci-hazların lösemi oluşumunda herhangi bir rol oynamadığı bazı çalışmalarda raporlanmıştır [11, 12].

Beyindeki epifiz bezinden özellikle geceleri karanlık ortamda salgılanan bir hormon olan melatonin, normal vücut ritimlerini korumada büyük önem taşır. Bu hormonun başışıklık sistemini düzenleyici etkisi ve etkin dozlarda verildiğinde direkt olarak tümör hücrelerini öldüren bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Elektromanyetik alanların melatonin üzerindeki etkilerini araştıran araştırmacılar, hayvanlar üzerinde farklı dozlarda uygulanan manyetik alanların melatonin seviyesinde bir değişikliğe neden olmadığını göstermişlerdir [13, 14].

2. ELEKTROMANYETİK GÜÇ YOĞUNLUK ÖLÇÜMLERİ

Elektromanyetik alanların zararlarını incelemeyi amaç edinen çalışmaların literatürde her geçen gün daha fazla yer almasına paralel olarak elektromanyetik alanların zararlı olduğunu düşünen bilim insanlarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Yapılan çalışmalar hayvanlar üzerinde deneysel olarak yapıldığı gibi, yapay doku modelleri üzerinde de gerçekleştirilmektedir.

Elektromanyetik alanların zararlı olduğunu düşünenler kadar bu fikre katılmayan bilim insanlarının da bulunması nedeniyle devletler kendi tedbirlerini almış ve bazı limit değerler oluşturmuşlardır. Ülkemizde bu ölçüm ve denetim işini yüklenen Bilgi Teknolojileri Kurumu düzenli olarak ölçümleri gerçekleştirmektedir.

2009 yılında Konya kent merkezinin elektromanyetik kirlilik haritasını oluşturmayı amaçlayan araştırmacılar, GSM 900 haberleşme sistemleri kapsamında yayın yapan baz istasyonlarını dikkate alarak Konya kent merkezinin elektromanyetik kirlilik haritasını oluşturmuşlardır [15]. Ancak, baz istasyonuna göre olası tüm mesafelerde ölçüm yapılması pratik olarak mümkün olamayacağından, ölçümler baz istasyonlarından belirli uzaklıklarda yapılmıştır [16]. Bu çalışma kapsamında ise, keyfi bir uzaklıktaki elektromanyetik güç yoğunluğu farklı interpolasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

900 MHz de yayın yapan baz istasyonları için [15]'de belirtilen ölçümlerin bir kısmı Çizelge 2'de görülmektedir. Çizelge 2'de her bir baz istasyonuna numara verilmiş ve her baz istasyonundan 20, 40 ve 60 metre uzaklıktaki elektromanyetik güç yoğunluk ölçümleri μ W/m² cinsinden dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. 900 MHz de Yapılan Ölçümlerin Uzaklığa Göre Değişimi [15].

Referans Baz İstasyonu	Baz İstasyonuna Farklı Mesafelerde Ölçülen Güç Yoğunlukları ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)		
	20m	40m	60m
1	15.46	7.11	0.95
2	0.15	0.02	0.05
3	191.31	157.73	179.32
4	827.75	306.52	557.82
5	24.97	31.24	113.24
6	111.39	200.23	32.05
7	16.13	18.62	21.85
8	256.21	150.33	122.89
9	22.13	58.20	27.27
10	39.72	40.59	18.11

Ölçümler esnasında Spectran HF-6080 portatif spektrum analizör ve bilgisayar kullanan araştırmacılar, kırılma ve yansıma kayıplarının önüne geçebilmek için yönlü anten tercihinde bulunmuşlardır. Ancak yansıma, kırınım, saçılma ve kırılma kayıpları nedeniyle yapılan ölçümlerin tamamının ilgili baz istasyonuna ait olduğunu savunmak doğru bir yaklaşım değildir. Nitekim yapılan ölçümlerde, birden fazla baz istasyonundan gelen elektromanyetik etki de bulunmaktadır. Bu nedenle Çizelge 2 incelendiğinde baz istasyonuna olan uzaklık arttıkça elektromanyetik güç yoğunluğu değerleri bazen düşmüş bazen yükselmiştir.

Baz istasyonlarından yayılan elektromanyetik güç yoğunluğunu ölçmeye çalışan araştırmacılar, baz istasyonuna her mesafeden ölçüm yapmanın pratik olarak mümkün olmaması nedeniyle çalışmalarında baz istasyonlarından 20, 40 ve 60 metre uzaklıklarda ölçümler yapmışlardır [15]. Ancak ölçüm yapılmayan ara uzaklık değerlerinde yerleşimlerin olduğunu fark eden yazarlar yapılan ölçümlerin zafiyetini gidermek adına 30 ayrı baz istasyonundan yayılan elektromanyetik güç yoğunluğunu 25 metre uzaklıktan ölçmüşlerdir. 25. metreden yapılan ölçümler neticesinde el-gps aleti kullanılarak baz istasyonların koordinatlandırılması sağlanmıştır. Baz istasyonları genellikle sektörel antenler kullanarak belirli bir bölge için ışına yaparlar. Baz istasyonun ışına yaptığı huzme içerisindeki elektromanyetik güç yoğunluğu ölçümlerinin tahmininde yararlanılabilecek bir yöntem olan interpolasyon yönteminin farklı metotları bulunmaktadır.

3. İNTERPOLASYON İLE GÜÇ YOĞUNLUĞU KESTİRİMİ

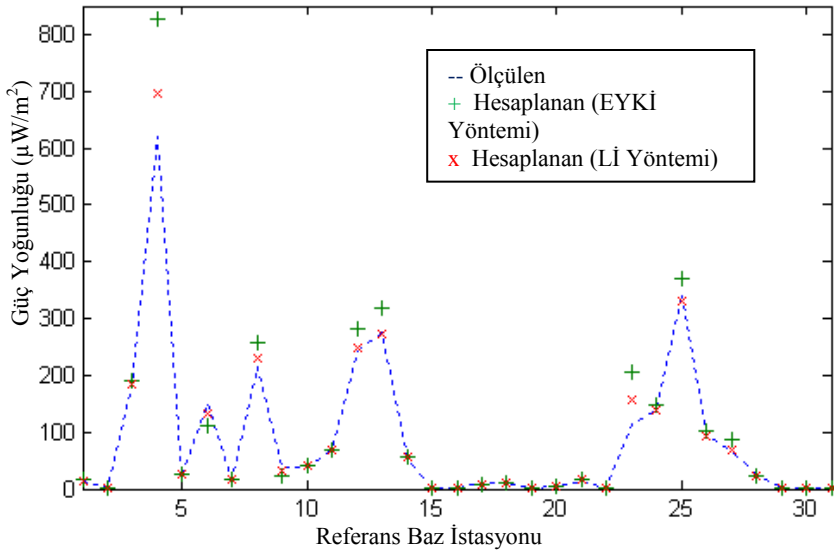
İki bilinen değeri kullanarak, aradaki bilinmeyen bir üçüncü değeri hesaplama işlemine interpolasyon denir. Bir nümerik analiz yöntemi olan interpolasyon çeşitli nümerik problemlerin çözümünde fonksiyonların yaklaşık değerlerini bulmada kullanıldığı görülmektedir. Kullanılan bu tekniklerden lineer olmayan yöntemlerin lineer yöntemlerden daha üstün olduğu bilinmesine

rağmen bu konuda az sayıda kaynak ve çalışma vardır [17]. Bu çalışma kapsamında uzaklık değerleri (20, 40 ve 60) ile ilgili uzaklıklardaki elektromanyetik güç yoğunluğu değerleri kullanılarak, rastgele belirlenmiş olan 25. metredeki elektromanyetik güç yoğunluğu değeri tahmin edilmiştir.

Deneylere ya da ölçümlere dayalı mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan interpolasyon, toplanan verilerin bir fonksiyon eğrisine uydurulması esasına dayanır. Verilerin düzgün dağılmadığı durumlarda interpolasyon yöntemleri oldukça başarılı sonuçlar vermektedir [18, 19]. İnterpolasyon işlemleri sonucunda elde edilen doğruluk, örnekleme noktalarının yoğunluğuna, dağılım biçimine ve seçilen interpolasyon yöntemine bağlıdır [20]. Bu çalışma kapsamında en yakın parçalar interpolasyonu (EYKİ), lineer interpolasyonu (Lİ), Kübik spline interpolasyonu (KSİ) ve Parçalı kübik Hermite interpolasyonu (PKHİ) yöntemleri kullanılmıştır.

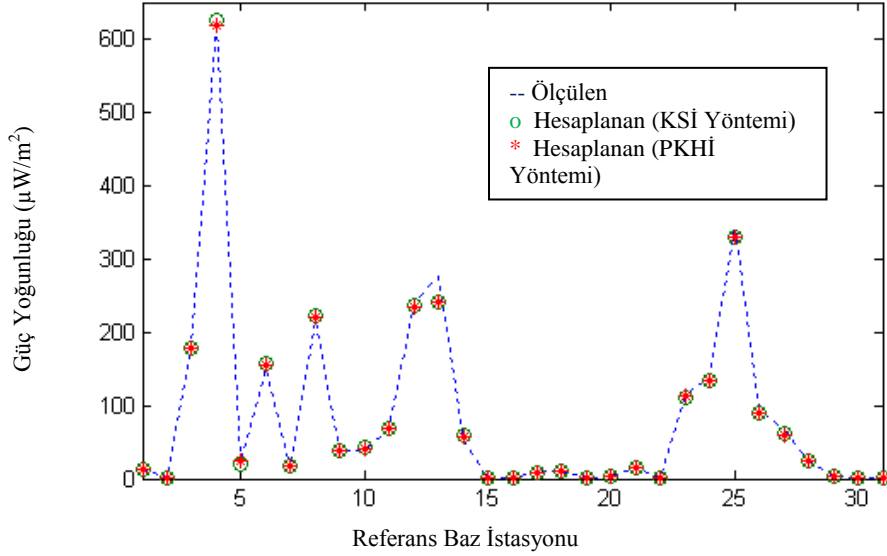
EYKİ, bir noktanın etrafındaki noktalardan faydalanarak verilmemiş olan noktadaki değere yakınsama problemiyle ilgilenir. Ancak o noktaya en yakın olan noktanın değeri nisbi olarak daha önemlidir. Bu özelliği ile verimli bir sabit parçalı model oluşturur. Eğer bir düzlemde $n+1$ nokta varsa, bu noktalardan geçen n . dereceden bir fonksiyonun varlığından söz edilebilir. Lİ, lineer polinomlar kullanarak eğri uydurma prensibini kullanır. Nümerik analiz ve bilgisayar grafik uygulamalarının çözümünde sıklıkla kullanılır. KSİ, ardışık noktalar arasında üçüncü dereceden bir polinom işlevi kullanarak yaklaşık bir veri kümesi oluşturur. KSİ genelde bilgisayar yazılımı veya programlanmış hesap makinesi kullanılarak hesaplanır. Hermite kübik spline eğrileri, verilen kontrol noktalarının hepsinden geçen interpolasyon eğrileridir. Üçüncü dereceden polinomlar ile tanımlanırlar ve her polinom, iki kontrol noktasının konum ve teğet vektörleri ile belirlenir.

Araştırmacılar tarafından 20, 40 ve 60 metre uzaklıklardan yapılan ölçümlere ilave olarak yazarlar tarafından 30 noktada, baz istasyonlarına 25 metre uzaklıklardan ölçümler yapılmış ve bu test verileri ile Matlab programı kullanılarak interpolasyon sonuçları üretilmiştir. İnterpolasyon sonuçları ile 25. metrede ölçülen elektromanyetik güç yoğunlukları arasındaki ilişki Şekil 1 ve Şekil 2de görülmektedir.



Şekil 1. Baz İstasyonundan 25 metre uzaklıktaki elektromanyetik alan şiddetinin EYKİ ve Lİ yöntemleri ile kestirimi.

Şekil 1’ deki değişimler incelendiğinde, Lİ ve EYKİ yöntemlerinin genel olarak elektromanyetik güç yoğunluğu kestirimde başarılı olduğu görülmektedir. Buna rağmen 4 nolu baz istasyonundan 25 metre uzaklıktaki elektromanyetik güç yoğunluğunun tahmininde Lİ yöntemi yaklaşık % 10’luk bir hata ile sonuç üretirken, EYKİ yöntemi yaklaşık % 33’ lük bir hata üretmiştir. Aynı şekilde Lİ ve EYKİ yöntemleri 8, 12, 13, 23 ve 25 nolu baz istasyonlarından 25 metre uzaklıktaki ölçümlerde yaklaşık % 3 ile % 10 arasında hatalı sonuçlar üretmiştir. Lİ ve EYKİ ile elde edilen verilerdeki %3 ila %33 arasındaki farklar, KSİ ve PKHİ gibi diğer interpolasyon yöntemlerinin başarılarının araştırılması sonucunu doğurmuştur.



Şekil 2. Baz İstasyonundan 25 metre uzaklıktaki elektromanyetik alan şiddetinin KSİ ve PKHİ yöntemleri ile kestirimi.

Şekil 2’de verilen sonuçlar incelendiğinde, KSİ ve PKHİ yöntemleriyle, Lİ ve EYKİ yöntemlerinden daha başarılı sonuçlar elde edildiği görülebilir. KSİ ve PKHİ interpolasyon sonuçları ile ölçüm değerleri arasındaki en yüksek hata oranı 4 nolu baz istasyonunda % 7.86 olarak görülmüştür. Ancak, ölçüm yapılan 30 ayrı baz istasyonu için KSİ ve PKHİ yöntemleri ile yapılan tahminlerde ortalama % 99.8’lik başarı sağlanmıştır. Yapılan ölçümler ile ölçümleri tahmin eden KSİ ve PKHİ yöntemleri arasındaki regresyonun yüksek olması, yöntemin güvenilirliğini ve elektromanyetik güç yoğunluğunun tahminindeki başarısını ortaya koymuştur.

4. SONUÇ

Literatür incelendiğinde interpolasyon yöntemlerinin, birçok mühendislik probleminin çözümünde başarıyla kullanıldığı görülmektedir. Konya kent merkezinde 180 farklı baz istasyonuna ait güç yoğunluğu değerlerini inceleyen araştırmacılar çalışmalarında, baz istasyonlarından 20, 40 ve 60 metre uzaklıklardan ölçümler gerçekleştirmiştir [15]. Bu çalışmada ise belirli bir uzaklıktaki elektromanyetik güç yoğunluğu, interpolasyon yöntemleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. İnterpolasyon yöntemleri uygulanırken EYKİ, Lİ, KSİ ve PKHİ yöntemleri kullanılmış ve kullanılan farklı metotların başarıları regresyon analizi yapılarak karşılaştırılmıştır. PKHİ ve KSİ yöntemleri % 99.8’lik bir başarı göstererek en uyumlu sonuçları

üreten yöntemler olarak belirlenmiştir. PKH ve KSİ yöntemlerinin elektromanyetik güç yoğunluğu kestirimindeki başarısı göz önüne alınarak, ara uzaklıklarda ölçümler yapmadan elektromanyetik güç yoğunluğunun tahmin edilebileceği görülmüştür.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Liu, S. L., Chen G.,Yong, M. S., EMC characterization and process study for electronics packaging, Thin Solid Films, v.462, pp. 454-458, 2004.
- [2] Lochot, C., Calvet, S., Ben Dhia, S., Sicard, E., Regina test mask: research on EMC guidelines for integrated automotive circuits, Microelectronics Journal, v.35-6, pp.509-523, 2004.
- [3] Levent Gürel, Elektromanyetik Uyumluluk Benzetimleri, URSI- Türkiye, İstanbul 2002.
- [4] Sanayi Bakanlığı Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 24.10.2007 Resmi Gazete Sayısı: 26680) <http://www.sanayi.gov.tr/Files/Mevzuat/elektromanyetik-uyumluluk-10062010110340.pdf>
- [5] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) Guidelines for Limiting exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz),1999.
- [6] Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi (Resmi Gazete Tarihi: 21.04.2011, Resmi Gazete Sayısı: 27912) <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/04/20110421.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/04/20110421.htm>
- [7] Ercan Önal, Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Malatya, 2005
- [8] Şeker, Ş.S., ve Çerezci, O., Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, Yayın No:607, 1997.
- [9] Şükrü Özen, A. Şükrü Onural, Selçuk Çömlekçi, Osman Çerezci, Experimental Determination of Heat Rise and SAR Occurred by 900 MHz EM Radiation on Human Brain by Using Brain Phantom Model, G.Ü. Fen bilimleri dergisi, 17(3): 127-132 2004.
- [10] Yakup Tekintağaç, Cep Telefonları Tarafından Oluşturulan Elektromanyetik Alanın Kobay EKG'si Üzerine Etkisi, Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Van, 2006.
- [11] Lovely, R.H., Buschbom, R.L., Slavich, A.L., Anderson, L.E., Hansen, N.H., Wilson, B.W., Adult Leukemia Risk and Personal Appliance Use: A Preliminary Study, American Journal of Epidemiology, 140, pp.510-517, 1994.
- [12] Vena, J.E., Graham S., Hellmann, R., Swanson, M., Brasure, J., Use of Electric Blankets and Risk of Postmenopausal Breast Cancer, American Journal of Epidemiology, Vol:134, No:2, pp. 180-185, 1991.
- [13] Bakos, J., Nagy, N., Thuroczy, G., Szabo, L.D., One Week of Exposure to 50 Hz, Vertical Magnetic Field Does not Reduce Urinary 6-Sulfatoxymelatonin Excretion of Male Wistar Rats, Bioelectromagnetics, Vol.23, pp. 245-248, 2002.
- [14] Bruyn, L., Jager, L., Kuyll, J.M., The influence of Long-Term Exposure of Mice to Randomly Varied Power Frequency Magnetic Fields on Their Nocturnal Melatonin Secretion Patterns, Environmental Research, Vol 85, pp. 115-121, 2001.
- [15] Uygunol, O., Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla GSM Baz İstasyonlarında Elektromanyetik Alan Kirliliğinin Tesbiti Ve Konya Örneği, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2009.

- [16] Durduran, S. S., Uygunol O., Seyfi, L., Mapping of electromagnetic pollution at 1800 MHz GSM (global system for mobile communication) frequency in Konya, Scientific Research and Essays, Vol. 5 (18), pp. 2664-2672, 2010.
- [17] İbrahimoğlu, B. A., Bayram, M., Türev Değerlerini İçeren Rasyonel İnterpolasyon Yöntemleri Ve Uygulamaları, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2008.
- [18] Arthur, D. W. G., Interpolation of a Function of Many Variables, II, Photogrammetric Engineering and Remoto Sensing, No.2., pp.148-159, 1995.
- [19] Güler, A., Sayısal Arazi Modellerinde İki İnterpolasyon Yöntemi İle Denemeler, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Yayınları, 2005.
- [20] Jaan Kiusalaas, Numerical Methods in Engineering with MATLAB, Cambridge University Press, 2005.