

Açıklık kuplajlı mikroşerit yama antenler için yapay sinir ağ modeli

İsa ATAŞ^{*1}, M. Bahattin KURT¹, Musa ATAŞ²

¹Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır

²Siirt Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Siirt

Özet

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak kablosuz iletişimin ilgi görmesi, son yıllarda anten teknolojisinin hızlı ilerlemesine olanak sağlamıştır. Kablosuz iletişim araçlarından biri de mobil uygulamalarda ve uzay araçlarında kullanılan Mikroşerit Yama Antenlerdir (MYA). Kişisel taşınabilir cihazların yaygınlaşması MYA'nın önemini daha da artırmıştır.

Bu çalışmada 1GHz ile 3.5GHz arasındaki frekans değerleri için, Yapay Sinir Ağ (YSA) modeline dayalı Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Anten (AKMYA) tasarımı yapılmıştır. AKMYA'lar mikroşerit hat ile beslenirler ve kendi sınıfındaki MYA tipleri içerisinde en yüksek bant genişliğine sahiptirler.

Geometrik yapıları farklı 500 adet AKMYA'nın simülasyonu, Finite Element Method (FEM) yöntemini kullanan 3 boyutlu tam dalga Elektromanyetik Alan Simülatörü (EAS) yazılımı ile yapılmış ve her bir anten için rezonans frekans değeri hesaplanmıştır.

Levenberg-Marquardt (LM) öğrenme algoritması temelinde geliştirilen YSA modeli, EAS ile üretilen örnekler ile eğitilmiş, eğitim süresince görmediği test veri seti kullanılarak doğruluğu ölçülmüştür. Geliştirilen YSA modelinin başarımının ölçülmesinde 5 kat çaprazlama doğruluk yöntemi kullanılmış ve % 3.5 test hata oranı tespit edilmiştir. Zaman verimliliği açısından bakıldığında önerilen yöntemin, EAS yazılımına göre en az 100 kat daha hızlı çalıştığı tespit edilmiştir. Önerilen YSA modelinin AKMYA'ların rezonans frekansının belirlenmesinde etkin ve verimli bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağları, Açıklık kuplajlı mikroşerit yama antenler, Rezonans frekansı, Anten tasarımı.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: İsa ATAŞ, isa_atas@dicle.edu.tr; Tel: (412) 248 80 30 (3739)

Neural network model for aperture coupled microstrip antennas

Extended abstract

Recently, in parallel with the development of technology, attention on wireless communication provides rapid progress in antenna technology. One of the wireless communication tools is microstrip patch antennas (MPA) that is used in mobile applications and space vehicles in general. Heavy demand on personal portable device further increases the significance of MPA.

MPAs, due to its small size and sharing the same dielectric layer with circuit members are harmonized easily with integrated circuits. Nevertheless, narrow bandwidth, high loss in feeder circuit, low cross polarization and low power control capacity are the main weaknesses of the basic MPAs. Previous researches and studies show that, most of the aforementioned disadvantages might be removed or reduced by means of making various extensions on the basic MPA units.

MPAs are utilized efficiently on various system applications including wireless and satellite communication, biomedical irradiator, environmental instruments and remote sensing systems. Number of these applications will be raised with the parallel in development of technology.

Defining resonant frequency is crucial issue since MPAs operate at narrower bandwidth than other antennas. Parameters that influence the resonant frequency of MPA as follows; thickness of used dielectric material, dielectric constant, size of ground surface thickness and width of conductive patch. In this study, Aperture Coupled Microstrip Antennas (ACMA) extended from MPA class are investigated. Note that, ACMA is fed microstrip line which has relatively higher bandwidth compared to other microstrip patch antennas.

ACMA prototype is used throughout the study. It is prepared via High Frequency Structure Simulator (HFSS) software. HFSS software is a high performance full-wave electromagnetic simulator and has an effective graphical user interface. HFSS software is basically providing reference data. Simulation of the HFSS software package can remove the excessive cost during the fabrication and

provides positive contribution on the results during the production stage. On the other hand, this model has high learning curve and fairly low physical analysis capability.

In order to obtain desired parameters of antenna, simulation programs generates results in a long period of time due to its heavy computation load and complex analytical algorithm behind. Therefore as an alternative to the HFSS, new computer aided methods should be investigated. One of these methods is the Artificial Neural Network (ANN). Learning ability, rapid applicability on various problems, generalization capability, requiring less information, fast and easily processing power make ANN popular in recent years for this particular problem.

According to many studies, ANN can address the challenging problems particularly resonant frequency which are actually quite complex and time consuming processes. In this study, producing desired parameters in the range of 1 – 3.5 GHz for ACMA, eligible ANN model was developed. Outputs of the developed ANN model were evaluated and then compared to HFSS simulation software results. It was observed that our proposed method is more efficient (100 times faster than HFSS software) and has acceptable accuracy rate (96.5 %) with respect to the reference HFSS model.

Keywords: Artificial neural networks, Aperture coupled microstrip patch antennas, Resonance frequency, Antenna design.

Giriş

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak kablosuz iletişimin ilgi görmesi, son yıllarda anten teknolojisinin gelişmesine olanak sağlamıştır (Türker vd., 2006). Zor, karmaşık ve zaman alıcı anten tasarımlarındaki anten parametreleri, uzun analizler ve tasarım döngüleri kullanılarak hesaplanırlar (Xiao vd., 2003).

Literatürdeki mevcut klasik ve nümerik yöntemler kullanılarak mikroşerit antenlerin rezonans frekansı için elde edilen teorik sonuçlar, deneysel sonuçlarla iyi bir uyumluluk sergilememektedir. Önceki çalışmalarda, öğrenme becerisi, kolayca farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme kabiliyeti, daha az bilgi gerektirmesi, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kolay bir şekilde uygulanabilmesi gibi pek çok avantajlarından dolayı YSA etkin ve verimli bir şekilde kullanılmıştır (Gültekin vd., 2002).

YSA modellerinin, anten tasarımlarındaki karmaşık ve zaman alıcı matematiksel işlemleri (Moment yöntemi gibi), ortadan kaldırarak kablosuz haberleşme mühendisliğinde de etkin olarak kullanılabilmesi gösterilmiştir (Šmíd ve Raida, 2006). Farklı şekillerdeki (dikdörtgen, üçgen vb.) mikroşerit yama antenlerin rezonans frekansını belirlemek için değişik YSA modelleri önerilmiştir (Kayabaşı vd., 2011).

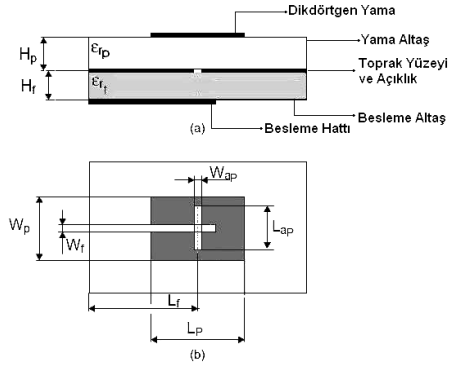
Çeşitli tipteki mikroşerit antenlerin karakteristik parametrelerinin başarılı bir şekilde YSA ile hesaplandığı çalışmalar literatürde mevcuttur (Gültekin vd., 2002).

AKMYA 1985 yılında ilk olarak Pozar tarafından önerilmiş ve alttaş malzeme yüksekliği ile büyük band genişliği aralığını geliştirmede kullanılmıştır.

Bu çalışmada, geliştirilen önerilen YSA modeli, 1 GHz ile 3.5 GHz frekans aralığında çalışan AKMYA'nın rezonans frekansının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Anten tasarımı

Bir AKMYA Şekil 1'de gösterilmektedir. AKMYA, toprak yüzeyi tarafından ayrılmış iki tabakadan meydana gelmektedir. Üst yalıtkan ϵ_{rp} yayılım elemanını, alt yalıtkan ϵ_{rf} mikroşerit besleme hattını içerir. Toprak yüzeyinde kesilmiş küçük aralık, açık devre durumunda bulunan mikroşerit besleme hattından ışıma yapan yamaya bağlantı yapılmasına izin verir. Antenin rezonans frekansı, yayılım yapan yamanın şekli ve boyutları, toprak düzleminin boyutları, açıklık (slot) kısmının boyutları, besleme hattının pozisyonu ve boyutları ve iki yalıtkan malzemenin dielektrik sabitine bağlıdır (Bose ve Gupta, 2008).



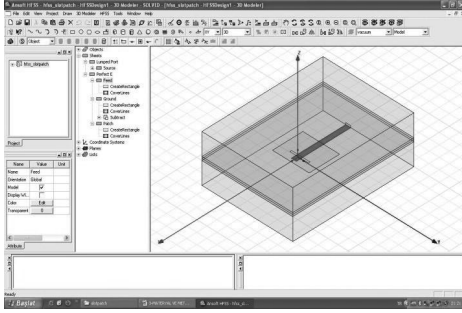
Şekil 1. AKMYA üstten ve yandan görünüşü (Kuchar, 1996)

Bir AKMYA, uygun bir dielektrik alttaş malzeme üzerinde farklı frekanslar için tasarlanmış olabilir. Yayılım yapan yama ve açıklık kısmı dikdörtgen olarak tasarlanır. Bir AKMYA tasarımında kullanılan anten parametreleri şunlardır;

- Yama boyutları: Yamanın uzunluğu L_p ve genişliği W_p
- Açıklık boyutları: Açıklığın uzunluğu L_{ap} ve genişliği W_{ap}
- Besleme boyutları: Besleme hattının uzunluğu L_f ve genişliği W_f

Veri kümesinin elde edilmesi

Bu çalışmada kullanılan veri kümesi örnekleri, momentler yöntemine dayalı HFSS simülator yazılımı kullanılarak üretilmiştir. Toplamda 500 adet örnek üretilmiştir. Veri setindeki her bir örnek, beş adet AKMYA giriş parametresi (L_p , W_p , L_{ap} , W_{ap} , L_f) ve bir adet çıkış rezonans frekans F_r değerinden meydana gelmiştir. Her iki altaş yalıtıkan malzemenin dielektrik sabitleri, 2.2 ye sabitlenmiştir. Düşük maliyetli oluşu, kolay kullanılabilirliği ve dielektrik kayıp tanjantının 0.0009'dB seviyesinde olmasından dolayı, Rogers RT/duroid 5880™ dielektrik malzemesi seçilmiştir. HFSS 3 boyutlu tam dalga elektromanyetik alan simülatorü arabirimi Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. HFSS yazılım arayüzü

HFSS'de kullanılan AKMYA'nın giriş parametre değerlerine karşılık elde edilen çıkış rezonans frekans değerlerinden bazıları Tablo 1'de listelenmiştir.

Tablo 1. HFSS'de kullanılan bazı AKMYA'nın giriş parametre değerleri ve elde edilen çıkış rezonans frekans değerleri

Sıra No	Giriş Parametreleri					Çıkış Parametresi F_r (GHz) (HFSS)
	L_p (cm)	W_p (cm)	L_{ap} (cm)	W_{ap} (cm)	L_f (cm)	
1	4.446	3.602	0.203	1.371	6.948	1.950
2	3.977	3.123	0.197	1.656	6.164	2.090
3	3.838	3.415	0.164	1.895	5.786	2.190
4	3.010	3.639	0.160	1.836	5.396	2.500
5	2.513	2.648	0.201	1.162	6.225	3.110

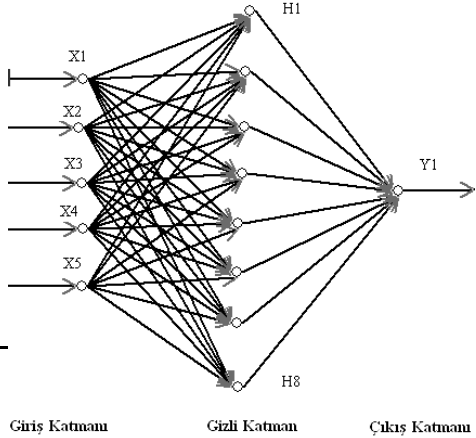
Geliştirilen yapay sinir ağ modeli

Bu çalışmada önerilen YSA modeli ve sınıflandırıcı performans algoritmaları GNU Octave yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir (Eaton, 2001).

Yapay sinir ağ tasarımı

Çalışmada üç katmanlı YSA mimarisi benimsenmiştir. Üç katmandan daha büyük mimarilerde karmaşıklık artışı, üstel (exponential) olarak öğrenme verisinin artışı gerektirdiğinden, en basit mimari olan tek gizli katman mimarisi seçilmiştir. AKMYA tasarımında kullanacağımız geometrik parametre sayısı giriş katmanındaki nöron sayısını, rezonans frekans sayısı ise çıkış katmanındaki nöron sayısını belirtir.

YSA modelinde giriş parametreleri olarak L_p , W_p , L_{ap} , W_{ap} ve L_f kullanılmıştır. Çıkış parametresi ise rezonans frekansı F_r dir. Yapılan denemeler sonucunda en uygun YSA topolojisinin; 5 nöronlu giriş katman, 8 nöronlu gizli katman ve 1 nöronlu çıkış katman modeli olduğu tespit edilmiştir. Önerilen YSA modeli Şekil. 3' te gösterilmiştir.



Şekil 3. Geliştirilen yapay sinir ağ modelinin yapısı

Şekil 3'teki, X1..X5 giriş katmanındaki giriş nöronları Tablo 1'deki giriş parametrelerini

temsil etmektedir. H1.H8 ise gizli katmandaki nöronları, Y1 ise çıkış katmanındaki Tablo 1' de gösterilen çıkış parametresini göstermektedir. İlk bağlantı ağırlıkları ve bias değerleri random fonksiyonu ile üretilmektedir. Çalışma süresince yapılan birçok denemeler sonucunda gerek YSA'daki serbest parametrelerin değerleri gerekse de gizli katmandaki en uygun nöron sayısı en küçük test hatası üretecek şekilde güncellenerek en uygun öğrenme katsayısı 0.3, eğitim epok sayısı 150 ve gizli katmandaki nöron sayısı 8 olarak sabitlenmiştir.

Sinir ağı modelinin eğitimi

Geliştirilen YSA modeli, Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanılarak momentler yöntemine dayalı ticari bir simülasyon yazılımı olan HFSS'den üretilen örnekler ile eğitilmiştir.

YSA'nın gizli katmanında hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu, ve çıkış katmanında saf doğrusal fonksiyonu, transfer fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Eğitim sırasında, giriş örnekleri sinir ağındaki giriş katmanında başarılı bir şekilde öğretilerek sinaptik ağırlıklar istenen çıkış yanıtlarına ulaşmak için değiştirilir. 100-150 epok civarında eğitim hatası minimize edildiğinden dolayı, eğitim işlemi sonlandırılır. Bunun sonucunda eğitilmiş sinir ağı eğitim süresince görmediği test veri seti kullanılarak doğruluğu ölçülür.

Nöral modelinin doğruluğu

Veri madenciliği ve sanal öğrenme uygulamalarında K kat çapraz doğrulama yöntemi çok sık kullanılmaktadır. K bazı çalışmalarda 5 bazılarında ise 10 olarak seçilmektedir (Atas vd., 2013). K seçimindeki genel yaklaşım, veri kümesinin büyüklüğü ile ilgilidir. Büyük veri kümelerinde K sayısı küçük bir değerken az elemanlı veri kümelerinde, sınıflandırıcıların öğrenme sürecinde veri kümesinden maksimum yararlanabilmesi için K sayısı büyük tutulur (Atas vd., 2012). Geliştirilen YSA modelinin doğruluğu 5 kat çapraz doğrulama (5-Fold Cross Validation) ile değerlendirilmiştir. 5 kat çapraz doğrulama şu şekilde çalışmaktadır. Veri kümesi random fonksiyonu kullanılarak yeniden sıralandıktan

sonra, beş parçaya bölünür. Her bir katta, beş bölümden biri, test kümesi olarak ayrıldıktan sonra, geriye kalan 4 parça üzerinden eğitim işlemi gerçekleştirilir. Eğitim işlemi bittiğinde doğruluk performansı, ayrılmış test parçası üzerinden hesaplanır. Bu işlem diğer parçaların da en az bir kez test veri kümesi olacağı şekilde beş defa tekrarlanır. En sonda, beş farklı doğruluk değerinin ortalaması alınır. Bu yöntem, veri kümesindeki veriye en az eğilimli olmasından dolayı sanal öğrenme uygulamalarında çok sık kullanılmaktadır (Breiman ve Spector, 1992). YSA modelindeki giriş bağlantı ağırlıkları ve bias değerleri eğitime başlamadan önce random değerler alacağından, her çaprazlama katı için YSA modeli 100 defa eğitim ve test yapılarak ortalama hata oranı ve standart sapma miktarı belirlenmiştir. Dolayısıyla, nihai hata oranı 5 kat çaprazlama için 500 deneme sonucunda hesaplanmıştır.

Her bir test örneği için % Hata aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

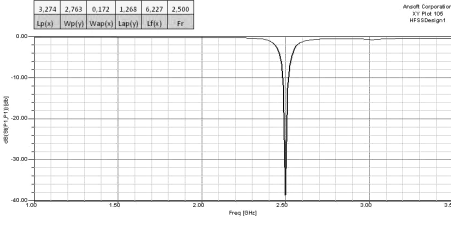
$$\% \text{ Hata} = \left| \frac{\text{HFSS değeri} - \text{YSA değeri}}{\text{HFSS değeri}} \right| \times 100 \quad (1)$$

5 kat çapraz doğrulama sonucunda ortalama test hatası %3.5, standart sapma ise %7.2 olarak bulunmuştur.

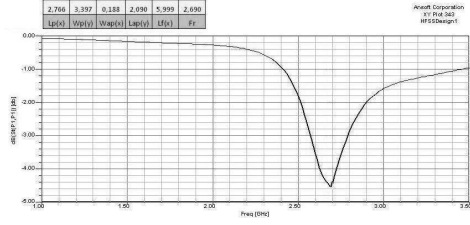
Uygulama

Antenlerde performansı etkileyen ya da performansının ne derece iyi olduğunu gösteren parametrelerden biri Return Loss (RL) olarak ta bilinen geri dönüş kaybıdır. Çeşitli AKMYA tasarımları HFSS yazılımında test edilerek geri dönüş karakteristiği grafiği incelenmiştir.

İyi bir anten performansı ($RL \geq -9.5\text{dB}$) olduğu durumlarda sağlanır (Ghosh ve Parui, 2010). Şekil 4'te ideal bir anten tasarımına örnek verilmiştir. Geri dönüş kaybının -9.5 dB ' den küçük olması durumunu gösteren Şekil 5'te ise ideal olmayan bir anten tasarımı örnek verilmiştir.



Şekil 4. AKMYA'nın giriş parametre değerlerine göre istenen rezonans frekans cevabı



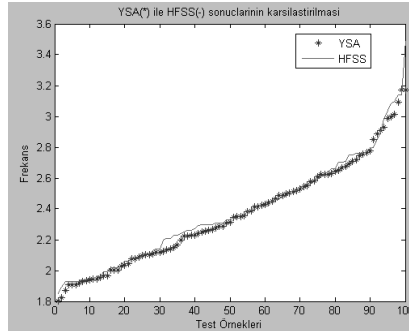
Şekil 5. AKMYA'nın giriş parametre değerlerine göre istenilmeyen rezonans frekans cevabı

YSA modeli ve HFSS'den elde edilen sonuçlardan bir kısmı Tablo 2'de gösterilmiş olup frekans değerlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Önerilen YSA modeli ve HFSS'nin frekans sonuçlarındaki hata ölçümleri

Sıra No	Giriş Parametreleri				Çıkış Parametreleri			% Hata
	L_p (cm)	W_p (cm)	L_{ap} (cm)	W_{ap} (cm)	L_f (cm)	Fr(GHz) (HFSS)	Fr(GHz) (YSA)	
1	4.390	3.651	0.201	2.024	5.349	1.830	1.8	1.64
2	3.977	3.123	0.197	1.656	6.164	2.090	2.1	0.47
3	3.838	3.415	0.164	1.895	5.786	2.190	2.2	0.45
4	3.562	2.732	0.207	1.892	6.581	2.290	2.3	0.43
5	3.380	3.337	0.177	1.863	5.915	2.400	2.4	0.00
6	3.010	3.639	0.160	1.836	5.396	2.500	2.5	0.00
7	2.847	3.684	0.205	1.595	5.718	2.690	2.7	0.37
8	2.682	2.745	0.185	1.828	6.752	2.890	2.9	0.34
9	2.572	2.555	0.176	1.669	6.479	2.980	3.0	0.67
10	2.513	2.648	0.201	1.162	6.225	3.110	3.1	0.32

Ayrıca Octave'de gerçekleştirilen YSA modelinin test sonucu ile HFSS test sonucunun karşılaştırılması Şekil 6'da gösterilmiştir. Elde edilen YSA sonuçlarının HFSS sonuçlarına iyi derecede uyum sergilediği izlenmektedir.



Şekil 6. YSA ile HFSS sonuçlarının karşılaştırılması

Sonuçlar

Test edilen frekans değerleri, HFSS simülasyon yazılım sonuçları ile karşılaştırılmıştır. YSA modeli ile hazırlanmış AKMYA'nın yukarıda belirtilen özellikleri, kabul edilebilir hata sınırı içinde (%3.5) bulunmuştur. Bununla beraber %3.5'lik genelleme hatası, ileride yapılacak detaylı çalışmalarda tekrar ele alınarak daha aşağılara çekilmesi gerekmektedir.

Eğitilmiş ağ herhangi bir geometrik AKMYA tasarımı için gerekli frekans değerinin hesaplanmasında simülator yazılımı HFSS den daha hızlı cevap verme süresine (her bir işlemde ortalama olarak YSA, HFSS'den 100 kat daha hızlı) sahiptir. Önerilen YSA modelinin cevaplama süresi sayısal modele göre çok daha kısa ve hızlı olduğundan ve eğitilen sinir ağı giriş örüntüleri için yeterli bir hassasiyetle çıkış cevabını verdiğinden simülator HFSS yazılımı yerine aşırı hassas olmayacak AKMYA tasarımlarında kullanılabilir.

Ağın gizli katmanları ve içerdiği ideal nöron sayısı daha iyi ayarlanarak ve eğitim örnekleri çoğaltılarak, YSA modelinin genelleme doğruluk performansı ve gürbüzlüğü artırılabilir.

Bu çalışmada geliştirilen YSA modeli, anten parametrelerinden sadece rezonans frekansının bulunmasında kullanılmaktadır. Diğer taraftan, bant genişliği, geri dönüş kaybı, vb. anten parametrelerini de içine alacak kapsamlı bir çalışmanın ileriki zamanlarda yapılması düşünülmektedir.

Ayrıca AKMYA'da çıkışı bilinen rezonans frekans ve geri dönüş kaybı değerleri YSA modelinde giriş parametresi olarak kullanılıp, çıkışta antenin geometrik boyutlarını bulacak bir araştırma da yapılabilir.

Kaynaklar

Ataş, M., Yardımcı, Y. ve Temizel, A., (2012). A new approach to aflatoxin detection in chili pepper by machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 87, 129-141.

- Ataş, M., Uyar, M. ve Kaya Y., (2103). An efficient rotation invariant feature extraction method based on ring projection technique, SIU 2013, Kıbrıs.
- Bose, T. ve Gupta, N., (2008). Neural Network Model for Aperture Coupled Microstrip Antennas, *Microwave Review*, pp. 21-24.
- Breiman, L. ve Spector, P., (1992). Submodel selection and evaluation in regression: The X-random case, 524 *International Statistical Review*, 60, 291-319.
- Ghosh, C. K. ve Parui, S. K., (2010). Design, Analysis and Optimization of A Slotted Microstrip Patch Antenna Array at Frequency 5.25 GHz for WLAN-SDMA System. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics - Volume 2, Number 2*
- Gültekin, S., Güney, K. ve Sağiroğlu, Ş., (2002). Farklı Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Eğitilen Yapay Sinir Ağları İle Elektriksel Olarak İnce ve Kalın Dikdörtgen Mikroşerit Antenlerin Rezonans Direncinin Hesaplanması. *URSI-TÜRKİYE'2002*. 18-20, İTÜ
- Eaton, J. W., (2001). Octave: Past, present and future. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Distributed Statistical Computing.
- Kayabaşı, A., Biçer, M. B., Akdağlı, A. ve Toktaş, A., (2011). Uhf Bandında Çalışan H Şekilli Kompakt Mikroşerit Antenlerin Rezonans Frekansının Yapay Sinir Ağları Kullanarak Hesaplanması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 26, No 4, 833-840.
- Kuchar, A., (1996). Aperture-Coupled Microstrip Patch Antenna Array, Friedhofallee 4a/11 A-2232 Deutsch-Wagram.
- Pozar, D. M., (1985). A Microstrip Antenna Aperture Coupled to a Microstrip Line, *Electronics Letters*, Vol. 21, pp.49-50.
- Šmíd, P. ve Raida, Z., (2006). Application of Neural Networks: Enhancing Efficiency of Microwave Design, *Microwave Review*, pp. 2-9.
- Türker, N., Güneş, F. ve Yıldırım, T., (2006). Artificial Neural Networks Applied to the Design of Microstrip Antennas, *Microwave Review*, pp. 10 – 14.
- Xiao, S., Wang, B. Z., Zhong, X. ve Wang, G., (2003). Wideband Mobile Antenna Design Based on Artificial Neural Network Models, *Wiley Periodicals*, pp. 316 - 320.

mühendislik dergisi

