

Dairesel Mikroekranlı Hatların Quasi-Statik Analizinin Yapay Sinir Ağları ile Gerçekleştirilmesi

Sabri Kaya, Mustafa Türkmen, Kerim Güney, Celal Yıldız
Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri
sabrikaya@erciyes.edu.tr, turkmen@erciyes.edu.tr, kguney@erciyes.edu.tr, yildize@erciyes.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, dairesel mikroekranlı hatların karakteristik parametreleri yapay sinir ağı (YSA) modelleri ile hesaplanmıştır. YSA modelleri bayesian regularization (BR), Levenberg-Marquardt (LM), quasi-Newton (QN), scaled conjugate gradient (SCG), resilient propagation (RP) ve conjugate gradient of Fletcher-Reeves (CGF) olmak üzere altı farklı öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiş ve algoritma performansları değerlendirilmiştir. Buna göre en iyi sonuçlar, BR algoritması ile eğitilen modelden elde edilmiştir. YSA modellerinden elde edilen sonuçlar, literatürde mevcut olan diğer yöntemlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve çok iyi bir uyum içerisinde oldukları görülmüştür.

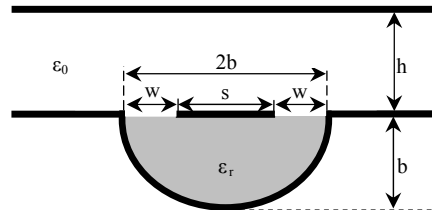
1. Giriş

Mikrodalga devre elemanlarının silah, roket, uydu ve radar uygulamalarında kullanılabilmesi için gerekli olan boyut küçültmelerine olan ihtiyacın artması mikroşerit hatlara olan ilgiyi artırmıştır. Ancak şerit ve mikroşerit hatların birçok aktif mikrodalga devre elemanları için gerekli olan şönt bağlantıları zorlaştırması bu problemi ortadan kaldıran mikroekranlı hatların şerit ve mikroşerit hatlara alternatif olarak kullanılmasına yol açmıştır [1-5]. Mikroekranlı hatların diğer iletim hatlarına göre avantajlarına düşük yayınım kaybı, elektromanyetik girişimin az olması ve mikroşerit antenlerle uyumluluğu eklenebilir. Toprak düzlemi ve merkez iletkenin aynı düzlem üzerinde bulunduğu mikroekranlı hatlar ilk olarak Dib tarafından 1991 yılında sunulmuştur [1]. Daha sonraki yıllarda teknolojik gelişmelerle birlikte mikroekranlı hatlar çok farklı geometrik yapıya dönüştürülmüş ve analizleri moment metodu [2], konform dönüşüm tekniği (KDT) [3] ve sonlu elemanlar metodu [4] gibi değişik teknikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dairesel mikroekranlı hatların (DMH) karakteristik parametreleri 1994 yılında Yuan ve ark. [3] tarafından KDT kullanılarak elde edilmiştir. Bu tür iletim hatlarının analizinde kullanılan yöntemlerin temel amacı, yapının karakteristik parametreleri olan efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedansının belirlenmesidir. Kullanılan klasik yaklaşımların dezavantajlarından dolayı alternatif metotlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapay sinir ağları probleme özel basit yapıları, öğrenme, genelleme ve paralel işlem yapabilme kabiliyetlerinden ve lineer olmayan farklı problemlere kolay çözümler sunabilmelerinden dolayı birçok mühendislik probleminin yanı sıra, mikrodalga ve elektromanyetik problemlerin çözümünde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [5-7]. Bu çalışmada, DMH'ların efektif dielektrik sabitleri ve karakteristik empedansları tek bir YSA modeli ile hesaplanmıştır. YSA modellerinden elde edilen sonuçlar, literatürde mevcut olan KDT [3] sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve çok iyi bir uyum içerisinde oldukları görülmüştür.

2. Dairesel Mikroekranlı Hatların Quasi-Statik Analizi

Karakteristik parametreleri belirlenecek olan DMH'nin kesit görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'de b kalınlıklı malzemenin bağıl dielektrik sabiti ϵ_r , merkez iletkenin genişliği s , yarı genişlikleri w , merkez iletkenle üst korumanın arasındaki mesafe ise h ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Dairesel mikroekranlı hatın kesit görünümü

Bu iletim hattının quasi-statik analizinin gerçekleştirilebilmesi için yapı Yuan ve ark.'nın [3] tarif ettiği gibi bir takım düzlem dönüşümleri ile paralel plakalı kondansatör haline dönüştürülür ve kısmi kapasite değerleri belirlenir. Bu kapasite değerlerinin kullanılmasıyla da yapının efektif dielektrik sabitine (ϵ_{eff}) ve karakteristik empedansına (Z_0) ait ifadeler elde edilir;

$$\epsilon_{eff} = \frac{C_T(\epsilon_r)}{C_T(1)} \quad (1)$$

$$Z_0 = \frac{1}{c \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot C_T(1)} \quad (2)$$

Burada c boş uzaydaki ışık hızını, $C_T(\epsilon_r)$ toplam kapasite değerini, $C_T(1)$ ise dielektrik olarak hava kullanılması durumunda hesaplanan toplam kapasite değerini göstermektedir. $C_T(\epsilon_r)$ toplam kapasite değeri aşağıdaki gibi belirlenir [3].

$$C_T(\epsilon_r) = 2 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{K(k_1)}{K(k_1')} + \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \left(\ln \frac{2b}{b-w} \right) \quad (3)$$

Bu ifadelerdeki $K(k_1)$ ve $K(k_1')$ terimleri birinci dereceden eliptik integralleri göstermektedir. k_1 ve k_1' bu eliptik integrallerin modülleri olup

$$k_1 = \tanh \left[\frac{\pi \cdot S}{4 \cdot h} \right] / \tanh \left[\frac{\pi \cdot (S + 2 \cdot W)}{4 \cdot h} \right] \quad \text{ve} \quad k_1' = \sqrt{1 - k_1^2} \quad (4)$$

ile verilir.

3. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağlarının birçok farklı yapısı mevcuttur [5, 6]. Çok katlı perseptronlar (ÇKP), birçok alana uygulanmış olan bir YSA yapısıdır. Genel olarak bir ÇKP-YSA yapısında giriş katındaki nöronlar tampon gibi davranırlar ve x_i giriş sinyalini ara kattaki nöronlara dağıtırlar. Ara kattaki her bir nöron j 'nin çıkışı, kendine gelen bütün giriş sinyalleri x_i 'leri takip eden bağlantı ağırlıkları w_{ji} ile çarpımlarının toplanması ile elde edilir. Elde edilen bu toplam, y_j 'nin toplam bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir. Burada kullanılacak fonksiyon basit bir eşik fonksiyonu, bir sigmoid veya hiperbolik tanjant fonksiyonu olabilir. Diğer katlardaki nöronların çıkışları da aynı şekilde hesaplanır. Bu çalışmada, ÇKP'ye giriş olarak yapının geometrik boyutları h , b , w ile bağlı dielektrik sabiti ϵ_r uygulanmış çıkış olarak da efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedans değerleri elde edilmiştir.

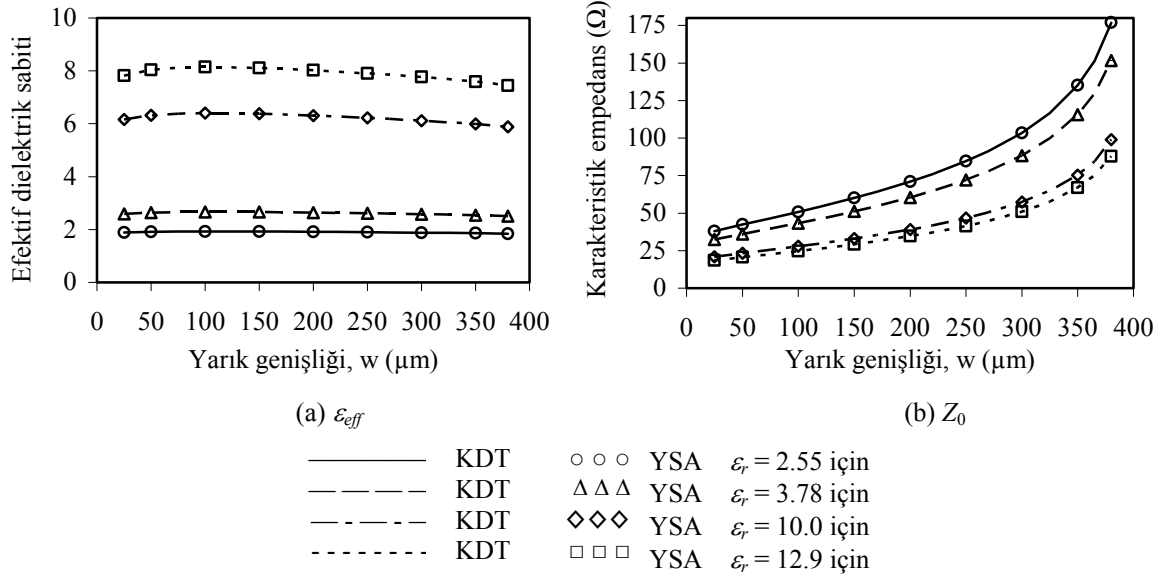
4. YSA'nın Dairesel Mikroekranlı Hatlara Uygulanması

DMH'ların karakteristik parametrelerinin YSA ile belirlenmesi için oluşturulan model dört giriş ve iki çıkıştan oluşan bir modeldir. YSA modelinin girişleri; tasarımda kullanılacak olan taban malzemesinin bağlı dielektrik sabiti ϵ_r , yapının geometrik boyutları h , b ve w 'dir. Çıkışları ise iletim hattının efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedansıdır. DMH'lar için sunulan YSA modelinin eğitimi için, [3]'te verilen ifadeler kullanılarak elde edilen 11616 adet veriden oluşan bir eğitim seti, test işlemi için ise eğitim setinden tamamen farklı olan 2520 adet veriden oluşan bir test seti kullanılmıştır. Eğitim setindeki giriş parametreleri $2 \leq \epsilon_r \leq 19$, $1 \text{ mm} \leq h \leq 5.5 \text{ mm}$, $110 \text{ } \mu\text{m} \leq b \leq 950 \text{ } \mu\text{m}$ ve $25 \text{ } \mu\text{m} \leq w \leq 380 \text{ } \mu\text{m}$ arasında değişen değerler için belirlenmiştir. Kullanılan YSA modeli $4 \times 8 \times 8 \times 2$ şeklinde düzenlenmiş bir ÇKP YSA yapısıdır. Transfer fonksiyonu olarak da birinci ve ikinci ara katmanlarda sırasıyla tanjant sigmoid ve logaritmik sigmoid, giriş ve çıkış katmanlarında ise lineer eşik fonksiyonu tercih edilmiştir. YSA modellerini eğitime işlemine belirlenen bir iterasyon sayısına veya belirlenen bir hata kriterine ulaşıldığında son verilmiştir.

YSA modelinin eğitimi BR, LM, QN, SCG, RP ve CGF öğrenme algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de bu öğrenme algoritmalarının eğitim ve test işlemleri için RMS (hataların kareleri ortalamasının karekökü) sonuçları karşılaştırılarak farklı öğrenme algoritmaları ile eğitimi gerçekleştirilen modellerin performansları değerlendirilmiştir. Şekil 2'de BR algoritması ile eğitimi gerçekleştirilmiş olan YSA modelinden elde edilen efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedans sonuçları, quasi-statik bir yaklaşım olan KDT [3] sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Şekilden de açıkça görülebileceği gibi YSA modelinden elde edilen sonuçlarla KDT [3] sonuçları oldukça iyi bir uyum içersindedir.

Tablo 1. YSA modelinde algoritmaların performansları

Öğrenme Algoritmaları	Eğitim Hataları		RMS Test Hataları	
	ϵ_{eff}	$Z_0 (\Omega)$	ϵ_{eff}	$Z_0 (\Omega)$
BR	$3.429 \cdot 10^{-4}$	0.006838	$2.345 \cdot 10^{-4}$	0.010757
LM	$7.164 \cdot 10^{-4}$	0.012753	$4.404 \cdot 10^{-4}$	0.017356
QN	0.086569	0.957735	0.061466	1.310852
SCG	0.098444	2.259168	0.064741	2.657767
RP	0.340885	5.765931	0.257644	6.947298
CGF	0.596032	7.499298	0.425946	11.06870



Şekil 2. Sunulan YSA modelinden elde edilen karakteristik parametre sonuçlarının KDT'den [3] elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması ($h = 3$ mm, $b = 400$ μ m, $\epsilon_r = 2.55, 3.78, 10$ ve 12.9)

5. Sonuç

Bu çalışmada, DMH'ların efektif dielektrik sabitleri ve karakteristik empedansları tek bir YSA modeli ile hesaplanmıştır. Grafiklerden de açıkça görülebileceği gibi YSA modelinden elde edilen sonuçlar literatürde mevcut KDT [3] sonuçları ile iyi bir uyum içerisindedir. Sonuç itibarı ile YSA'ların bilinen cazip özellikleri kullanılarak DMH'ların quasi-statik analizi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Dib N. I., ve ark., "Study of a novel planar transmission line," IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., Boston, s.623-626, 1991.
- [2]. Schutt-Aine J. E., "Static analysis of V transmission lines," IEEE Trans. Microwave Theory Techniques, 40, s.659-664, 1992.
- [3]. Yuan N., Ruan C. ve Lin W., "Analytical analyses of V, elliptic, and circular-shaped microshield transmission lines," IEEE Trans. Microwave Theory Techniques, 42, s.855-859, 1994.
- [4]. Yan Y. ve P. Pramanick, "Finite-element analysis of generalized V- and W-shaped edge and broadside-edge-coupled shielded microstrip line on anisotropic medium," IEEE Trans. Microwave Theory Techniques, 49, s.1649-1657, 2001.
- [5]. Christodoulou C. G. ve Georgiopoulos M., "Application of neural networks in electromagnetics", Artech House, MA, 2001.
- [6]. Zhang Q. J. ve Gupta K. C., Neural networks for RF and microwave design, Artech House, 2000.
- [7]. Guney K., Yildiz C., Kaya S. ve Turkmen M., "Artificial neural networks for calculating the characteristic impedance of air-suspended trapezoidal and rectangular-shaped microshield lines", Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 20(9), s.1161-1174, 2006.