

# RF/Mikrodalga Düzlemsel İletim Hatlarının Yapay Sinir Ağı ile Analiz ve Sentezi

Nurhan TÜRKER<sup>1</sup>

Filiz GÜNEŞ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik-Haberleşme Müh. Bölümü  
Beşiktaş, İstanbul 0212 259 70 70-<sup>1</sup>2911, <sup>2</sup>2870  
<sup>1</sup>nturker @yildiz.edu.tr <sup>2</sup>gunes @yildiz.edu.tr

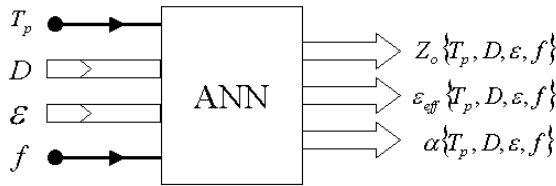
**Özet:** Bu çalışmada yapay sinir ağı(YSA)nın evrensel fonksiyon yaklaşırma özelliği kullanılarak dört ayrı RF/Mikrodalga düzlemsel iletim hattının analiz ve sentezi için iki ayrı yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir: YSA analiz modeli ve YSA sentez modeli. Çalışmada çok yaygın kullanılan dört tip düzlemsel iletim hattı ele alınmıştır: (1)Mikroşerit Hatlar; (2)Kuplajlı Mikroşerit Hatlar; (3)Eş Düzlemlı Dalga Kılavuzu; (4)Ekranlamalı Eş Düzlemlı Dalga Kılavuzu. YSA analiz ve sentez modelleri uygulama olarak, çok yaygın iki anizotropik materyal PTFE/Mikrofiber cam, RT/ Duroid 6006 ve iki izotropik materyal Alumina, Galyum-arsenit için uygulanarak sentez ve analiz karakteristikleri hedef değerleri ile karşılaştırmalı olarak elde edilmiştir ve modellerin çok iyi bir doğrulukla fonksiyon yaklaşıklığı yaptığıı tespit edilmiştir.

## 1. Giriş

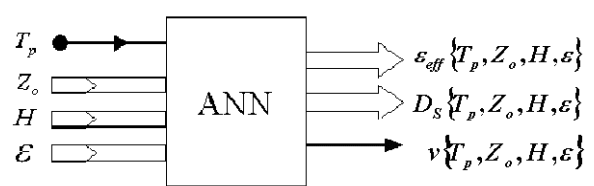
Bu çalışmada çok yaygın kullanılan dört tip düzlemsel iletim hattı ele alınmıştır: (1)Mikroşerit Hatlar; (2)Kuplajlı Mikroşerit Hatlar; (3)Eş Düzlemlı Dalga Kılavuzu; (4)Ekranlamalı Eş Düzlemlı Dalga Kılavuzu. Bilindiđi gibi bu tip düzlemsel iletim hatları mikrodalga teknolojisinde de prensipte alçak frekans elektronik teknolojisinde yaygın kullanılan baskılı devre teknikleri ile üretilirler. Baskılı devre teknikleri düşük maliyetleri ve iyi mekanik toleransa sahip olmaları ile tanınırlar ve mikrodalga entegre devre(MIC)lerinin gelişimine olanak verirler. Bilindiđi gibi entegre mikrodalga devrelerinde, aktif elemanlar(transistor,v.s.) ve bağlayıcı transmisyon hatları, empedans uydurma elemanları, kapasite ve dirençleri aynı bir kırmık içinde oluşturulurlar. Bu tip uygulamalarda özellikle yukarıda adı geçen dört tip düzlemsel hat, kırmık-devre üretimine kolaylıkla adapte olurlar ve bu tip devrelerinde tabaka kalınlığı ve hat genişlikleri genellikle hibrid devrelerine göre çok küçüktür. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen iletim hatlarının yapay sinir ağı ile analizi( $\Leftrightarrow$  İleri Problem) ve sentezi ( $\Leftrightarrow$ Ters Problem) gerçekleştirilmiştir.

## 2. Problemin Tanımı

Bu problemi tanımlamak için iki kara – kutu kullanılmıştır: (i) Problemin ileri yöndeki tanımı için YSA analiz kara – kutu modeli (Şekil 1); (ii) Problemin ters yöndeki tanımı için YSA sentez kara – kutu modeli(Şekil 2).



Şekil 1. YSA analiz kara – kutu modeli.



Şekil 2. YSA sentez kara – kutu modeli.

### 2.1 Problemin İleri Yöndeki Tanımı : YSA Analiz Kara – Kutu Modeli

YSA analiz kara – kutu modelinin giriş büyüklükleri aşağıdaki şekilde verilebilir:

(1)  $T_p$  : Düzlemsel iletim hattının tipini veren serbest değişkendir ve 1,2,3,4 ayrı sayıları ile tanımlanır. Buna göre sırası ile 1,2,3 ve 4; 1- Mikroşerit hat; 2- Eş düzlemlı dalga kılavuzu ; 3- Ekranlamalı eş düzlemlı dalga kılavuzu, 4- Kuplajlı mikroşerit hat yapılarını ifade eder.

(2)  $D$  :Düzlemsel iletim hattının boyutlarını tanımlayan geometrik boyut vektörüdür ve şu şekilde tanımlanmıştır:  $D = [W \ H_1 \ H_2 \ S \ T]^T$ . Burada  $H_1, H_2$  sırası ile dielektrik maddenin ve ekranlamanın yüksekliği ve  $W$  ve  $T$ , sırası ile iletken şeridin genişliği ve kalınlığı,  $S$  ise iki şerit arasındaki boşluktur.

(3)  $\epsilon$  : Dielektrik taban maddesinin elektriksel özellikleri olup iki elemanlı bir vektörle ifade edilebilir:

$\epsilon = [\epsilon_x \ \epsilon_y]^T$ .  $\epsilon_x, \epsilon_y$  düzlemsel iletim hattında kullanılan dielektrik maddenin  $x$  ve  $y$  doğrultusundaki dielektrik sabitidir.

(4)  $f$  : Operasyon frekansı olup giriş tarafında pozitif bir reel sayı ile ifade edilir.

Aşağıda verilen vektörler YSA analiz kara – kutu modelinde giriş değişkenlerinin fonksiyonu olarak çıkışında elde edilir.

(1)  $Z_o$  : Hattın karakteristik empedansı olup sırası ile tek ve çift modda aynı doğrultuda yayılan gerilim ve akım bileşenlerinin oranıdır.

$$Z_o = [Z_{o,ev} \ Z_{o,odd}]^T$$

(2)  $\epsilon_{eff}$  : Efektif dielektrik sabiti vektörü olup sırası ile tek ve çift modlardaki efektif dielektrik sabitleridir.

$$\epsilon_{eff} = [\epsilon_{eff,ev} \ \epsilon_{eff,odd}]^T$$

(3)  $\alpha$  : Hattın zayıflatma sabiti vektörüdür.

$$\alpha = [\alpha_{c,ev} \ \alpha_{c,odd} \ \alpha_{d,ev} \ \alpha_{d,odd} \ \alpha_{T,ev} \ \alpha_{T,odd}]^T$$

Burada ilk iki eleman iletken kayıplarından dolayı oluşan zayıflatmayı, üçüncü ve dördüncü elemanlar dielektrik kayıplarından dolayı oluşan zayıflatmayı sırası ile tek ve çift modlarda ifade eder. Eğer transmisyon sistemi sadece bir yayılım moduna sahipse, tek ve çift modlar için tüm sistem parametreleri birbirine eşit alınmalıdır.

## 2.2 Problemin Ters Yöndeki Tanımı : YSA Sentez Kara – Kutu Modeli

Problemin sentez kısmında analiz kısmındakine benzer bir terminoloji kullanılır. YSA sentez modelinde, giriş kısmında seçilmiş dielektrik taban maddesi  $\{H = [H_1 \ H_2]^T, \epsilon\}$ , karakteristik empedans  $Z_o$  ve iletim hattının tipinin fonksiyonu olarak ağıın çıkışında efektif dielektrik sabiti vektörü, yayılım hızı ve iletken şeridin geometrik boyutları ( $D_s = [W \ S]^T$ ) elde edilir.

## 2.3 RF/Mikrodalga Düzlemsel İletim Hattı Analiz ve Sentez YSA'larının Oluşturulması

Bu çalışmada, fonksiyon yaklaştırmak amacı ile iki tip nöron ağı kullanılmıştır. Bunlar; (1) Çok Katmanlı Algılayıcı(ÇKA), (2) Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) ağlarıdır. Cybenko ve Hornik, 1989 yılında, nonlineer, sürekli, çok boyutlu  $f$  fonksiyonunu istenilen yaklaşıklıkla yaklaştıran üç katmanlı bir algılayıcı olduğunu kanıtlamıştır. Bu evrensel yaklaştırma teorisi, RBF ağları için Park ve Sandberg tarafından 1991 yılında kanıtlanmıştır[4].

Hem çok katmanlı algılayıcı hem de radyal tabanlı fonksiyon ağ yapısı ileri beslemeli ağ yapıları olup ağ yapısındaki veri aktarma işlemleri giriş nöronlarından çıkış nöronlarına doğru olmak üzere tek yönde ilerler. Bu çalışmada iki yapı için de üç katmanlı ağ yapısı kullanılmıştır. Bu ağ yapısı; (1) 9 nörondan oluşan giriş katmanı, (2) 12 nörondan oluşan saklı katman, (3) 10 nörondan oluşan çıkış katmanından oluşmaktadır. Sigmoid ve Gauss fonksiyonları sırası ile ÇKA ve RBF ağlarında aktivasyon fonksiyonu olarak seçilmiştir. Bu iki aktivasyon fonksiyonu birbirinden farklı özellik gösterir : ÇKA ağında, her bir saklı nöronun aktivasyon fonksiyonu giriş vektörüne ve o nöronun sinaptik ağırlık vektörüne iç çarpım olarak etki eder. Diğer taraftan, RBF ağında her bir saklı nöronun aktivasyon fonksiyonu, giriş vektörü ile o nöronun merkezi arasında öklit normu olarak işlev görür. ÇKA ağında, Levenberg-Marquardt (LM) geri yayılım öğrenme algoritması kullanılmıştır.

Düzlemsel transmisyon hatlarının alan dağılımları ve karakteristiklerini veren formal çözümler alçak frekans bölgelerinde dahi çok karmaşıktır. Bu nedenle pratik uygulamalar için en az 1% yada daha iyi bir doğrulukla hat karakteristiklerini veren basit formüller istenir. Gerçekten bir kısım araştırmacılar her bir iletim hattı tipi için analitik çözümlere dayandırılan ve çeşitli nümerik sabitlerinin empirik ayarlanması ile arzu edilen doğruluğu veren formüller geliştirmişlerdir[1- 3]. Yapay sinir ağı eğitim ve testi için kullanılacak veriler, bu yaklaşık sonuçları kullanan ve elde edilen sonuçları problemin YSA modeline göre uygun bir dosya biçimine dönüştürecek şekilde hazırlanan bilgisayar programı tarafından elde edilmiştir. Bu veri üretici programın

oluşturduğu dosyalar, ağıın giriş ve çıkışının bir arada yer aldığı text dosyalarıdır. Analiz ve sentez YSA'ları için aynı eğitim ve test dosyaları kullanılmıştır. p girişe ve q çıkışa sahip bir YSA sistemi için n adet eğitim ve test veri çifti aşağıda belirtilen yapıdadır:

$$(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_p^{(1)}; y_1^{(1)}, y_2^{(1)}, \dots, y_q^{(1)}),$$

$$(x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_p^{(2)}; y_1^{(2)}, y_2^{(2)}, \dots, y_q^{(2)}),$$

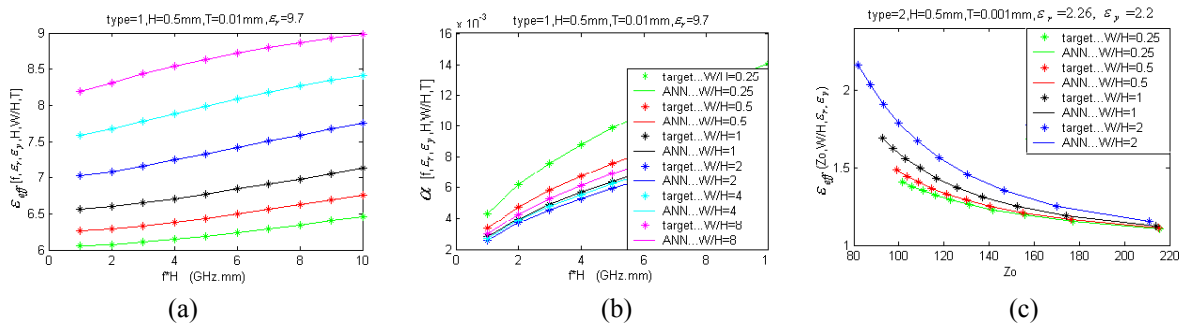
.....

$$(x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, \dots, x_p^{(n)}; y_1^{(n)}, y_2^{(n)}, \dots, y_q^{(n)}),$$

YSA analiz ve sentez modeli terminolojisinden de anlaşılabilceği gibi bu çalışmada eğitim ve test veri çiftlerinde p=9 ve q=10'dir. Bu çalışmada, RF/Mikrodalga düzlemsel iletim hattı analiz ve sentez YSA'sının oluşturulması için 700 eğitim veri çifti kullanılmıştır. Ağı test amacı ile ise 250 test veri çifti kullanılmıştır. Bu problemdeki gibi eğitim datasının büyük olduğu durumlarda ve fonksiyon yaklaşırma problemlerinde RBF ağı ÇKA ağına oranla sonuçlara daha iyi bir yaklaşıklıkla yaklaşmaktadır.

### 3. Sonuçlar

YSA analiz ve sentez modelleri uygulama olarak, çok yaygın iki anizotropik materyal PTFE/ microfiber cam, RT/ Duroid 6006 ve iki izotropik materyal Alumina , Galyum-arsenit için uygulanarak sentez ve analiz karakteristikleri hedef değerleri ile karşılaştırmalı olarak elde edilmiştir ve modellerin çok iyi bir doğrulukla fonksiyon yaklaşıklığı yaptığı tespit edilmiştir. YSA analiz ve sentez kara-kutu modelleri tektaş mikrodalga entegre devreleri dahil olmak üzere mikroşerit hat, eş düzlemlı dalga kılavuzu, ekranlamalı eş düzlemlı dalga kılavuzu, kuplajlı mikroşerit hat devre analiz ve ters fonksiyon yaklaşımı yapılarak sentezinde kullanılabilir. Şekil 3'de RBF analiz ve sentez ağlarını kullanarak elde edilen grafiklere örnek verilmiştir.



Şekil 3. (a) YSA Analiz kara-kutu modeli kullanılarak elde edilen alumina taban maddesine sahip mikroşerit hattın efektif dielektrik sabitinin normalize frekans ile değişim grafiği, (b) YSA Analiz kara-kutu modeli kullanılarak elde edilen alumina taban maddesine sahip mikroşerit hattın toplam zayıflatması (Np/cm), (c) YSA Sentez kara-kutu modeli kullanılarak elde edilen PTFE/mikrofiber cam taban maddesine sahip eş düzlemlı dalga kılavuzunun efektif dielektrik sabitinin değişim grafiği.

### Kaynaklar

- [1]. Collins R.E., Foundations for Microwave Engineering, McGraw-Hill Publication, 1992, Chap.3.
- [2]. Bahl I.ve Bhartia P., Microwave Solid State Design, Wiley-Interscience Publication, 1988, Chap. 2.
- [3]. Edwards T.C., Foundations for Microstrip Circuit Design, Wiley-Interscience Publication, 1981, Chap. 6.
- [4]. Zhang Q.J. ve Gupta K.C., Neural Networks For RF and Microwave Design, Artech House Publishers, 2000.
- [5]. Türker N. ve Güneş F., "Mikroşerit Hatların "Yapay Sinir Ağı" Modeli", Sinyal İşleme Ve Uygulamaları - Kuşadası, Türkiye, 2004.
- [6]. Türker, N. ve Güneş, F., "Mikroşerit Dalga Kılavuzu Transmisyonu İçin "Yapay Sinir Ağı Modeli" Geliştirilmesi", Akıllı Sistemlerde Yenilikler Ve Uygulamaları Sempozyumu İstanbul-Türkiye, 2004.