

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPAY SİNİR AĞI UYGULAMALARI İLE MİKRODALGA
FİLTRELERİN OPTİMİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Pınar ÖZTÜRK**

Anabilim Dalı : Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Programı : Mikrodalga Tekniği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ceyhun KARPUZ

HAZİRAN 2011

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 091181020 nolu öğrencisi Pınar Öztürk tarafından hazırlanan “YAPAY SİNİR AĞI UYGULAMALARI İLE MİKRODALGA FİLTRELERİN OPTİMİZASYONU” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ceyhun KARPUZ (PAÜ)

(Jüri Başkanı)

Jüri Üyesi :

Doç. Dr. Sezai TOKAT (PAÜ)

Jüri Üyesi :

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZEK (PAÜ)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13.07.2011. tarih ve ...2017..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Nuri KOLSUZ

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İmza

: 

Öğrenci Adı Soyadı : Pınar ÖZTÜRK

ÖNSÖZ

Bu çalışmada yapay sinir ağları (YSA) modelleme tekniği kullanılarak mikroşerit çift mod filtre için oluşturulan bir tasarım sunulmaktadır. Öncelikle yeni model geliştirebilmek için programda mevcut olan basit modelleme teknikleri uygulanmıştır. Bu amaçla filtreler için önemli olan boyutlar kritik giriş-çıkış ilişkisini yakalamak için kullanılmıştır. Tam olarak geliştirildiğinde YSA modellemesinden alınan sonuçlar, elektromanyetik model simülasyon sonuçları kadar doğruluk göstermiş ve filtre optimizasyonu açısından daha verimli sonuçlar elde edilmiştir.

Aynı zamanda 90° hibrid kuplörler yapıları ile de çalışılarak, 90° hibrid kuplörler için teorik model oluşturulmuştur. Aynı zamanda klasik kuplörlere indüktif yükleme yapılarak 90° hibrid kuplörlerde minyatürizasyon işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkıda bulunan ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanı hocam sayın Doç. Dr. Ceyhun KARPUZ'a, çalışmalarımıza verdiği desteklerden dolayı sayın hocam Yrd. Doç. Dr Ahmet ÖZEK'e ve eğitimim boyunca yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Haziran 2011

Pınar ÖZTÜRK

(Elektrik Elektronik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı.....	1
1.2 Literatür Özeti.....	2
2. YAPAY SİNİR AĞLARI	25
2.1 Yapay Sinir Ağlarına Giriş.....	25
2.1.1 Yapay Sinir Ağının Genel Kullanım Alanları.....	26
2.1.2 Yapay Sinir Ağlarının Yararları.....	27
2.1.3 Yapay Sinir Ağının Üstünlükleri ve Sakıncaları	27
2.1.4 Biyolojik Bir Sinir Hücresinin Yapısı	27
2.2 Bir Yapay Sinir Ağının Ana Öğeleri.....	28
2.2.1 Girişler	30
2.2.2 Ağırlıklar.....	30
2.2.3 Toplama İşlemi.....	30
2.2.4 Etkinlik İşlevi	30
2.2.5 Ölçekleme ve Sınıflandırma.....	30
2.2.6 Çıkış İşlevi	31
2.2.7 Öğrenme.....	31
2.2.7.1 Öğrenme Türleri	32
2.3 Yapay Sinir Ağlarının Oluşturulması.....	33
2.3.1 Bir Yapay Sinir Ağı	34
2.3.2 Katmanlar	35
2.3.3 İletişim ve Bağlantı Çeşitleri	35
2.3.4 Katmanlar Arası Bağlantılar	35
2.3.5 Sinirler Arası Bağlantı	36
2.4 Algılayıcı	37
2.4.1 Delta Kuralının Algoritması	37
2.5 Delta Kuralı	38
2.5.1 Turing Makinesi ve Algılayıcı	37
2.6 İleri Beslemeli Ağlar	41
2.7 Geri Beslemeli Ağlar	42
3. MİKROŞERİT FİLTRELER	44
3.1 Temel Kavramlar ve Filtre Teorisi	45
3.1.1 Transfer Fonksiyonları	45
3.1.1.1 Genel Tanımlar	45
3.1.1.2 Kompleks Düzlemde Kutuplar ve Sıfırlar.....	46
3.1.1.3 Butterworth Cevabı.....	47
3.1.1.3 Chebyshev Cevabı	48
3.1.1.3 Eliptik Cevabı.....	49
4. YSA İLE FİLTRE TASARIMI	50

4.1 Mikroşerit Çift Modlu Rezanatör Filtre Yapılarının Optimizasyonunun Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Modellenmesi.....	52
4.1.1 Filtre Yapısı.....	52
4.1.2 YSA Model.....	53
4.1.3 Teorik Model.....	56
4.2 Dahili Beslemeli Mikroşerit Lineer Faz Filtrelerin Optimizasyonu için Yapay Sinir Ağı Uygulamaları.....	58
4.2.1 Filtre Yapısı.....	58
4.2.2 YSA Model Gelişimi.....	59
5. 90° HİBRİD KUPLÖR.....	62
5.1 90° Hibrid Kuplör Yapısı.....	62
5.1.1 Tek ve Çift Mod Analizleri.....	63
5.1.2 Teorik Model.....	65
5.2 İndüktif Yükllemeli 90° Hibrid Kuplör Yapısı.....	68
5.2.1 İndüktif Yükllemeli 90° Hibrid Kuplör Teorik Modeli.....	69
6. SONUÇ.....	75
KAYNAKLAR.....	76
EK. A.....	80

KISALTMALAR

BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
TMTD	: Tek parça Mikrodalga Tümeleşik Devre
YSA	: Yapay Sinir Ağları
CAD	: Computer Aided Design
ANN	: Artificial Neural Network
VSWR	: Duran Dalga Oranı
ÇKA	: Çok katmanlı algılayıcı
MLP	: Multi Layer Perceptron

TABLO LİSTESİ

Tablolar

1.1 : Modeller arası doğruluk karşılaştırılması.....	6
1.2 : Tahminlere ilişkin hata değerleri.	15
2.1 : Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri ve Sakıncaları.	27
2.2 : Biyolojik Sinir ile Yapay Sinir Ağlarının Karşılaştırılması.	31
Ek.A : Ekler Bölümündeki Tablolar.....	80

ŞEKİL LİSTESİ

Şekiller

1.1 : Z düzleminden Γ düzlemine a) rezistans b) reaktans değerlerinin kısımlarının dönüşümü.....	2
1.2 : Yapay Smith abağı blok diyagramı.....	3
1.3 : Giriş empedansının elektriksel uzunluk ile değişimi a) reel kısım b) sanal kısım.....	4
1.4 : a) Asimetrik $\lambda/2$ rezonatörlü filtre b) Eşdeğer devre.....	5
1.5 : a) Kare spiral indüktörün fiziksel parametreleri b) MLPNN modelinin blok diyagramı c) MLPNN modeli ileri besleme yapısı.....	7
1.6 : a) Band geçiren filtre kesiti b) Modellenen devrenin temel bölümleri c) Kuplajlı mikroşerit filtrenin neural network modeli d) Neural network model dataları ile eğitilen dataların karşılaştırılması.....	8
1.7 : Sinyalize olmayan DUR kontrollü eşdüzey kavşak örneği.....	10
1.8 : Tasarlanan çok katmanlı ve geri beslemeli YSA yapısı.....	10
1.9 : Dual mod mikroşerit açık halka rezonatör boyutları.....	17
1.10 : Dual mod mikroşerit açık halka rezonatörün farklı W değerlerindeki frekans cevabı ($g = 0.9$ mm, $d = 1.3$ mm).....	17
1.11 : a) g parametresi ile tek mod değişimi b) d parametresi ile çift mod değişimi.....	18
1.12 : dördüncü dereceden band geçiren filtre.....	18
1.13 : Menderes biçimli dual mod mikroşerit filtre.....	19
1.14 : Simüle edilen kuplaj katsayıları ve perturbasyon elemanın boyutuna bağlı olarak dejenere modların rezonans frekansları.....	19
1.15 : $p=3.5$ mm iken d değerlerine bağlı olarak transmisyon sıfırlarının değişimi.....	20
1.16 : Önerilen dual mod filtre a) zayıf kuplaj b) kapasitif kuplaj.....	20
1.17 : $p=3.2$ mm iken t değişimine bağlı frekans cevabı.....	21
1.18 : Dual mod mikroşerit rezonatör.....	21
1.19 : Simüle edilen ve ölçülen frekans cevabı.....	22
1.20 : a) Altıgen rezonatör b) Kapasitif yükleme ile oluşturulan dual mod filtre örnekleri.....	22
1.21 : Klasik altıgen rezonatörlü ve kapasitif yüklemeli dual mod filtre için ölçüm sonuçları.....	23
1.22 : Yan hatlı dual mod filtre.....	23
1.23 : Önerilen filtrenin a) Kuplaj şeması b) Teorik ve simülasyon sonuçlar.....	24
2.1 : Biyolojik sinir ağı.....	28
2.2 : Yapay bir sinir (düğüm).....	29
2.3 : Yapay bir sinir (düğüm) modeli.....	34
2.4 : Algılayıcı örneği.....	37
2.5 : Hata yüzeyinin üstten görünüşü (w_1 ve w_2 'ye göre).....	39
2.6 : Çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı.....	42
2.7 : Hopfield ağı.....	43

3.1 : Butterworth alçak geçiren cevabı	47
3.2 : Butterworth cevabı için kutupların dağılımı.....	48
3.3 : Chebyshev alçak geçiren filtre cevabı.....	48
3.4 : Chebyshev cevabı için kutup dağılımı	49
3.5 : Eliptik fonksiyonu alçak geçiren cevabı	50
4.1 : Yama elemanlı çift mod mikroşerit halka rezonatör.....	52
4.2 : Simülasyon Sonucu ($\epsilon_r = 10.8$, $h = 1.27$ mm, $a = 20$, $w = 2$ mm, $g = 0.25$ mm, $d = 2$ mm, $p = 2.6$ mm, $l = 18$ mm).....	52
4.3 : Farklı kuplaj kolu uzunlukları (10, 14, 18 mm) için perturbasyon boyutuna bağlı olarak kuplaj katsayısı değişimi	53
4.4 : ÇKA YSA modelleri.....	55
4.5 : $p > d$ çift modlu filtre yapısı için YSA model, simülasyon ve deney sonuçlarının karşılaştırılması a) S11 b) S21.....	57
4.6 : $p < d$ çift modlu filtre yapısı için YSA model, simülasyon ve deney sonuçlarının karşılaştırılması.....	57
4.7 : Dahili beslemeli açık halka rezonatör yapısı.....	58
4.8: Deney ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.....	59
4.9 : Farklı kuplaj kolu uzunlukları (10, 14, 18 mm) için perturbasyon boyutuna bağlı olarak kuplaj katsayısı değişimi	60
4.10 : Simülasyon, deney, YSA model sonuçlarının karşılaştırılması.....	62
5.1 : 90° hibrid kuplör yapısı.....	63
5.2 : 90° hibrid kuplör eşdeğer devresi	64
5.3 : Devrenin a) tek mod b) çift mod için analizi.....	65
5.4 : Tek ve çift mod analiz simülasyon cevabı	66
5.5 : 90° hibrid kuplör eşdeğer devresi	66
5.6 : 90° hibrid kuplör teorik model frekans cevabı	68
5.7 : 90° hibrid kuplör teorik model ve simülasyon sonucu karşılaştırması (S11-S21).....	68
5.8 : 90° hibrid kuplör teorik model ve simülasyon sonucu karşılaştırması (S31-S41).....	68
5.9 : 21 parmak 90° hibrid kuplör	69
5.10 : Klasik ve 5 parmak indüktif yüklü 90° hibrid kuplörlerin karşılaştırılması	70
5.11 : Teorik analiz için gerekli parametrelerin belirlenmesi.....	71
5.12 : İndüktif yüklü 90° hibrid kuplör devrenin a) çift mod b) tek mod için ayrışımı.....	72
5.13 : 5 parmak indüktif yüklü 90° hibrid kuplörün simülasyon ve teorik model sonuçlarının karşılaştırılması (S11-S21)	75
5.14 : 5 parmak indüktif yüklü 90° hibrid kuplörün simülasyon ve teorik model sonuçlarının karşılaştırılması (S31-S41)	75

SEMBOL LİSTESİ

σ	Akış katsayısı
Γ_e	Çift mod yansımaya katsayısı
Γ_o	Tek mod yansımaya katsayısı
T_e	Çift mod iletim katsayısı
T_o	Tek mod iletim katsayısı
θ_1	Yan hatların elektriksel uzunluğu
θ_{s1}	Yarıkların elektriksel uzunluğu
f_{p1}	Mikro şerit halka rezonatörün ilk kutbunun yeri
f_{p2}	Mikro şerit halka rezonatörün ikinci kutbunun yeri
f_{3dB1}	İlk 3dB noktasının frekansı
f_{3dB2}	İkinci 3dB noktasının frekansı
$F_n(\Omega)$	Filtre karakteristik fonksiyonu
$N(p)$	Filtre karakteristik fonksiyonunun payı
$D(p)$	Filtre karakteristik fonksiyonunun paydası
ε	Dalgalanma katsayısı
Ω	Frekans değişkeni
Ω_c	Kesim frekansı değişkeni
S_{21}	İki kapılı filtre devresinde araya girme kaybı
S_{11}	İki kapılı filtre devresinde yansımaya kaybı
Z_0	Karakteristik empedans
Z_L	Yük empedansı
λ	Dalga boyu
l	Hattın fiziksel uzunluğu
f_0	Merkez frekansı
BW	Band genişliği
k	Kuplaj katsayısı
ε_r	Bağıl dielektrik sabiti
μ_r	Bağıl manyetik geçirgenlik sabiti

ÖZET

YAPAY SİNİR AĞI UYGULAMALARI İLE MİKRODALGA FİLTRELERİN OPTİMİZASYONU

Günümüz teknolojisinde Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) üretim toleranslarını çok düşük değerlerde tutabildiği için çok hassas ayar gerektiren yerlerde rahatlıkla kullanılabilirdiğinden büyük önem taşımaktadır. Mikrodalga devre elemanlarının tasarımında kullanılacak olan eleman değerlerinin hata payının minimum olacak şekilde belirlenmesi mikrodalga filtre üretiminde oldukça önemlidir. Bu nedenle yapay sinir ağı modelleri kullanılarak yapılan tasarımlar daha çok ön plana çıkmaya başlamıştır.

Tek parça Mikrodalga Tümlşik Devre (TMTD) tasarımında, modern bilgisayar destekli tasarımlar metotlarının etkinliğı aktif ve pasif devre elemanlarının doğru olarak modellenmesine dayanır. Örn; devrenin yoğunluğı ve işlem frekansının artması geleneksel modelleme tekniklerinin tereddüt edilebilir hale gelmesine neden olabilir. Tipik devre simülatörleri mikrodalga ve milimetrik dalga frekanslarında meydana gelen parazitlik ve kuplaj etkileri nedeniyle pasif devre elemanlarını tam doğru olarak modellenmesini sağlayamaz. Bu durumu düzeltmek için pasif bileşenlerin kütüphaneleri, yüzlerce elemanın üretim, test ve depolama sırasındaki bilgileri bir tabloda verilerek geliştirilmiştir. Ancak tablo tekniğı boyutlarından dolayı fazla hafıza gerektirdiğinden tercih edilmemektedir. Elektromanyetik simülasyon programları ise oldukça iyi modelleme yapabilmesine rağmen yoğun hesaplama etkisi nedeniyle bilgisayar destekli tasarım (BDT) metotları için pratik olmamaktadır. Bu nedenlerle son zamanlarda Yapay Sinir Ağları, elektromanyetik/mikrodalga modelleme, simülasyon ve optimizasyonu için hızlı ve esnek araçlar olarak dikkat çekmeye başlamıştır. Ayrıca yapay sinir ağları mikroşerit filtre tasarımında, sentez işlemlerinde ve empedans eşlenmesinde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağı hesaplama uygulamaları bilgisayar destekli tasarımlardaki elektromanyetik analiz tekniklerini kullanma yeteneğini geliştirir ve aynı zamanda hızlı, doğru ve güvenilir modeller oluşturabilir.

YSA modeli eğitim adı verilen bir işlem boyunca ölçülen ya da simüle edilen verilerden geliştirilebilir. Bir kez eğitildiğinde YSA model, mikrodalga tasarımı boyunca ani cevaplar sağlayabilmek için kullanılabilir. YSA model orijinal elektromanyetik/fiziksel modele göre daha hızlı, amprik modele göre daha doğru, tablo tekniğine göre daha çok ölçü bulunmasına müsaade eden ve geliştirilmesi daha kolay olan modeldir. Bu nedenle mikrodalga uygulamaları için son zamanlarda giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: YSA, Mikroşerit Filtreler, Bilgisayar Destekli Tasarım

SUMMARY

OPTIMIZATION OF MICROWAVE FILTER WITH NEURAL NETWORK APPLICATIONS

In modern technology, Computer aided design (CAD) is very important because Computer-Aided Design (CAD) that kept very low values are used where very fine-tuning required for the manufacturing tolerances. Microwave circuit components to be used in the design of the element values to determine the minimum margin of error is very important to the production of microwave filters. Therefore, the designs which is used artificial neural network (ANN) are becoming more widespread

In the design of monolithic microwave integrated circuits, the efficiency of modern computer aided design methods is based on to modeling of active or passive circuit elements accurately. For instance, increased intensity and frequency of the circuit operation may be causing this to be the traditional modeling techniques may be hesitant. Because of the parasitism and coupling effect which is occurred in the milimetric and microwave frequencies, the typical circuit simulators may not modeling passive circuit elements in exactly accurate. To correct this situaion, the libraries of passive components, giving in a table the informations of hundreds of elements during production, testing and storage have been developed. But table technique is not preferred because of their size requires more memory. Although electromagnetic simulation programs are able to perform modeling quite well, it is not practical for computer aided design (CAD) methods due to intensive computation effect. Therefore artificial neural ntworks (ANN) has been used as fast and flexible tools for electromagnetic/microwave modeling, simulation and optimization more recently. Also ANN is used in microstrip filter design, synthesis and impedance matching. Artificial neural networks computation applications are developed the ability of using the electromagnetic analysis techniques in the computer aided design, also create fast, accurate and dependable models.

ANN model can be improved from measured and simulated data during a process called training. Once trained, ANN model is used to provide sudden answers during the microwave design. ANN model is faster than the original electromagnetic/physical model, is more accurate than empirical model, contains more measure and is easier to develop than table technique. For this reason, ANNs are used increasingly for microwave applications in recent times.

Key words: ANN, Microstrip Filters, Computer Aided Design.

1. GİRİŞ

Son yıllarda mikrodalga modelleme, benzetim ve optimizasyonunda kullanılmaya başlanan yapay sinir ağı'na dayalı bilgisayar destekli tasarım yaklaşımı ile hızlı, doğru ve güvenilir YSA modelleri oluşturabilmektedir. Bu modeller, eğitim adı verilen işlem boyunca ölçülen ya da simüle edilen mikrodalga yapıların verileri ile geliştirilebilir. Gelişen modeller aktif ve pasif elemanların yoğun fiziksel yada elektromanyetik modellerinin hesaplama hızını artırmak için mikrodalga dizaynlarında kullanılır.

Yapılacak olan çalışma mikrodalga devre elemanlarının tasarımı için kullanılacak olan YSA modelleri ile filtre optimizasyon, benzetim ve sentez işlemlerinin gerçekleştirilmesidir. Bu durumda YSA tabanlı hesaplama teknikleri ile birlikte ortaya çıkan etkili modelleme tekniklerinden, seçilecek yapının analizine uygun olan tekniğin elde edilmesiyle hata payı düşük modellerin gerçekleşmesi sağlanacaktır.

1.1 Tezin Amacı

YSA hesaplama yöntemleri ile bilgisayar destekli tasarımdaki elektromanyetik analiz tekniklerini kullanma yeteneklerinin geliştirilmesi sağlanarak, aktif ve pasif elemanların yoğun fiziksel ya da elektromanyetik modellerinin hesaplanma hızı artırılabilir. Aynı zamanda da mikrodalga devre elemanlarının tasarımı için gereken sentez işlemleri sırasında oluşan yoğun ve karışık matematiksel işlem adımlarını giderebilmek için yapay sinir ağları uygulamalarından faydalanabilmektedir.

Böylece YSA uygulamalarından yararlanılarak, askeri ve sivil haberleşme sistemleri açısından günümüz dünyasında büyük bir öneme sahip olan mikrodalga mühendisliği alanında ulusal bazda büyük bir katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

1.2 Literatür Özeti

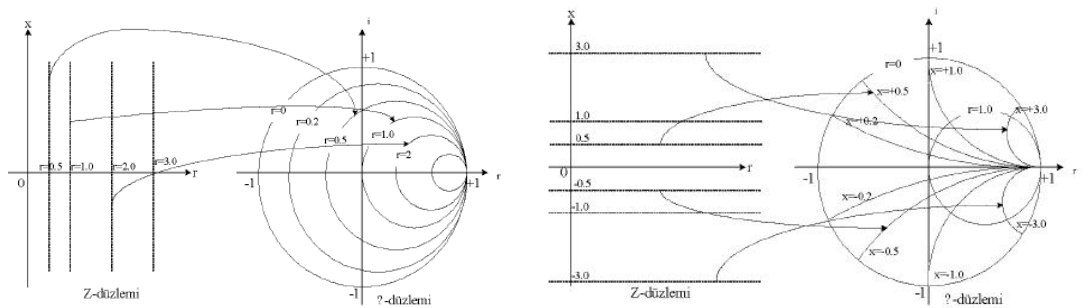
Bu bölümde tez çalışmasına kılavuzluk edebilecek 3 ana grupta literatur taraması yapılmıştır. Bu gruplar verilmiş sırasına göre, yapay sinir ağı modelleri ile gerçekleştirilen mikrodalga filtre yapıları, YSA ile ilgili genel uygulamalar ve dual mod mikroşerit filtrelerdir.

Smith abağı mikrodalga devrelerin analiz ve tasarımı ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılan yararlı bir grafiksel araçtır. Duran dalga oranı, yan hatlı uygunlama hesapları ve daha fazlası Smith abağı kullanılarak elde edilebilir. Smith abağı pek çok faydalı veri içermesine rağmen, abak üzerindeki yanlış gözlemler hatalı sonuçlara ulaşılmasına sebep olabilir. [1] nolu çalışmada Smith abağının yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Bu modelde dikdörtgen Z (veya Y) düzlemi ve yansımaya katsayısı Γ arasındaki iki yönlü bilinear dönüşüm eğitim verisi sağlanmıştır. Burada eğitim için iki gizli katmanlı, beş giriş ve iki çıkıştan oluşan ileri beslemeli çok katmanlı algılayıcı ağ yapısı kullanılmıştır. Bir transmisyon hattı boyunca girişten görülen empedans değişimleri yapay smith abağının örnek uygulaması olarak verilmiştir.

Smith abağının grafiksel oluşumunda dikdörtgenel Z düzlemi ile yansımaya katsayısı polar Γ düzlemi arasındaki dönüşüm ilişkisi aşağıdaki denklemlerle verilmiştir.

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - 1}{Z_L + 1} \quad (1.1)$$

$$Z_L = \frac{1 - \Gamma_L}{1 + \Gamma_L} \quad (1.2)$$



Şekil 1.1: Z düzleminde Γ düzlemine a) rezistans b) reaktans değerlerinin dönüşümü

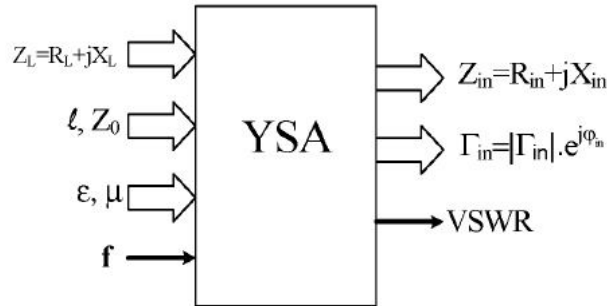
Burada $z_L = Z_L/Z_0$ normalize yük empedansı ve Γ_L yük empedansı Z_L ' ye ait yansımaya katsayısı iken Z_0 ise karakteristik empedanstır. Böylece karmaşık Z düzlemindeki, sabit rezistans ve reaktans doğruları polar Γ düzleminde sabit rezistans ve reaktans dairelerine dönüşmektedir. (şekil1.1)

Bunun yanı sıra kayıpsız bir transmisyon hattında yük empedansından l uzaklıktaki yansımaya katsayısının yükün yansımaya katsayısı cinsinden ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$\Gamma_{in} = \Gamma_L e^{-2\beta l} = |\Gamma_L| \angle(\varphi_L - 2\beta l) \quad (1.3)$$

Dönüşümleri kullanarak tasarlanan genel amaçlı yapay smith abağının YSA blok diyagramı şekil 1.2'de verilmiştir. Şekilde VSWR, gerilim duran dalga oranını, f çalışma frekans değerlerini, l hattın fiziksel uzunluğunu, Z_0 hattın karakteristik empedansını, ϵ ve μ hattın oluşturulmasında kullanılan malzemenin fiziksel büyüklüklerini belirtmektedir. Ayrıca $\theta = \beta l$ çarpımı transmisyon hattının elektriksel uzunluğu olarak ifade edilmektedir.

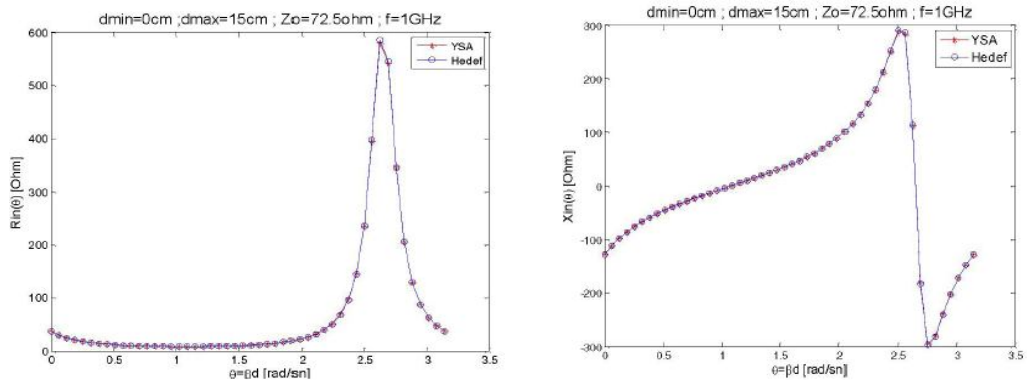
Bu çalışmada ileri beslemeli çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) tipi, iki gizli katman, beş giriş ve iki çıkıştan oluşan yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu ağa, yük empedansının reel ve sanal kısımları, transmisyon hattının fiziksel uzunluğu ve karakteristik empedansı, çalışma frekansı giriş parametreleri olarak beslenirken giriş yansımaya katsayısının genlik ve fazı çıkış değişkenleri olarak tanımlanmıştır. Her iki gizli katmanda da on sekiz nöron vardır. Ve hiperbolik tanjant sigmoidal fonksiyon aktivasyon fonksiyonları olarak belirlenmiştir. Çıkış katmanındaki nöronlar ise doğrusal fonksiyonla aktive edilmiştir. Çalışmada toplam 6750 veri örneği kullanılmıştır. Çalışma verilerinin %50'si eğitim ve %50'si de test verileri olarak kullanılmıştır.



Şekil 1.2: YSA tabanlı smith abağı blok diyagramı

Örnek çalışma için 681 adımda minimum eğitim hatası 1.6998×10^{-6} ve eğitilmiş ağın ortalama test hatası ise 0.54453×10^{-3} olarak elde edilmiştir.

Tipik bir uygulama için eğitilmiş ağa test verisi olarak, $Z_L = 37.25 - j127.7 \Omega$, ve $Z_L = 72.5 \Omega$ $f = 1$ GHz giriş olarak seçilmiştir. Ayrıca bütün örneklerde, hattın uzunluğu test giriş verisi, $0 < l < 15$ cm değerleri arasında 50 adet doğrusal bölümlerle üretilmiştir. Bu veriler hem eğitim verileri hem de test verileri içerisinde bulunmamakla beraber rastgele seçilmiştir. Bu durumda, birinci örnek için, girişten gözlemlenen giriş empedansının reel ve sanal kısımlarının elektriksel uzunluğu ile değişimi hedef ile karşılaştırmalı olarak şekil 1.3'te verilmiştir.

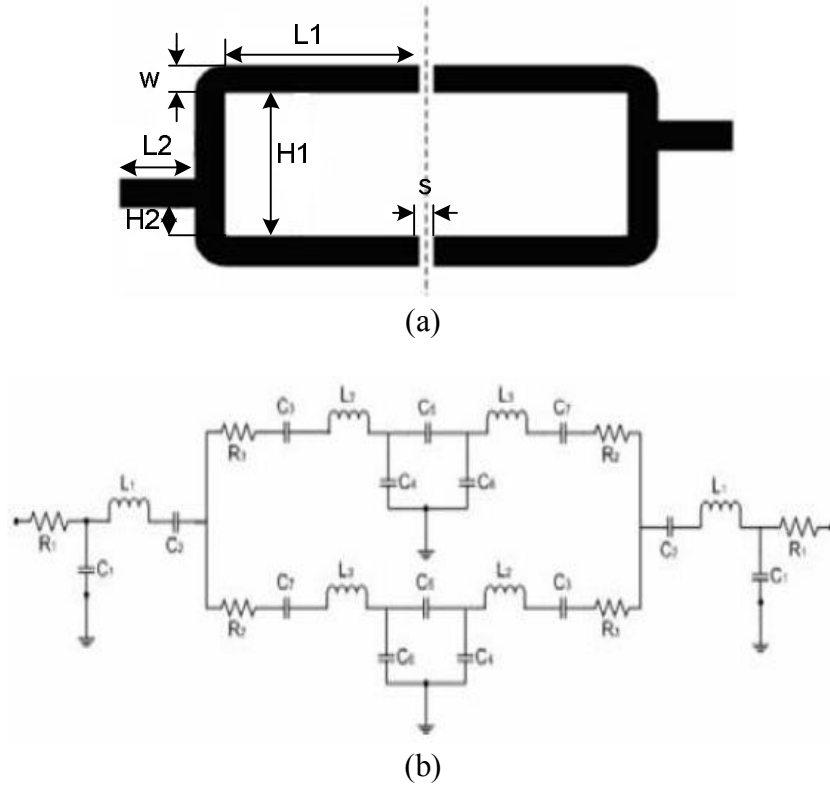


Şekil 1.3: Giriş empedansının elektriksel uzunluk ile değişimi a) reel kısım b) sanal kısım

[2] nolu çalışmada YSA modelleme tekniği kullanılarak asimetrik $\lambda/2$ rezonatörlü band geçiren filtre için dizayn yaklaşımı sunulmuştur. YSA modelde kritik giriş-çıkış ilişkilerini yakalamak için filtre boyutlarının 3 önemli boyutu kullanılmıştır. Geliştirilen modelde EM simülatörü kadar doğru sonuç alınmış ve modelin filtrelerinin optimizasyonunda hesaplama açısından daha etkili olduğu görülmüştür.

Bu makalede kullanılan filtre yapısı şekil 1.4'de gösterilmektedir. YSA yapısı bir giriş, bir çıkış ve bir gizli katmandan oluşan geri yayılım (back propagation) algoritmasının kullanıldığı 3 katmanlı bir YSA modelidir. Lineer olmayan aktivasyon fonksiyonlarından oluşan gizli katman çoklu giriş ve çoklu çıkış arasındaki kompleks giriş-çıkış ilişkisinin belirlenmesini sağlar. Girişler gizli katmana bir ağırlık seti ile bağlanırken gizli katmanlar da başka bir ağırlık seti aracılığıyla çıkışa bağlanır. YSA model eğitilerek ağırlıkların ayarlanmasını sağlar ve istenilen cevaba ulaşılır. Genel olarak YSA model gelişimi, verilerin seçimi,

analizi, işletimi ile başlar. Dataların haritalanması için giriş-çıkış çiftlerinin düzenlenmesi gerekir. Aynı zamanda verilerin eğitim ve test dataları olarak nasıl ayrılacağı da oldukça önemlidir. Giriş-çıkış veri çiftleri ± 1 aralığında ölçekleme ile normalize edilir. Bunun nedeni aktivasyon değerlerinin olması gerekenden çok daha büyük olmasının ve eğitim boyunca neuron saturasyonu oluşumunun önlenmesidir.



Şekil.1.4: a) Asimetrik $\lambda/2$ rezonatörlü filtre b) Eşdeğer devre

Oluşturulan YSA model, filtre karakteristiğini belirleyen giriş-çıkış setlerinin arasındaki ilişkiyi öğrenir. İlk önce, eğitim verilerinin giriş vektörleri giriş nöronu olarak oluşturulur ve çıkış vektörleri hesaplanır. Daha sonra YSA çıkışları bilinen çıkışlar ile karşılaştırılır ve hatalar hesaplanır. Eğitim işlemi belirlenen hataların altına düştüğünde sonlanır.

YSA model çıkışlarının eşdeğer devre modeli ile karşılaştırılması için toplamsal karekök ortalama hatası (rMSE) hesaplanır.

$$rMSE = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{k=1}^N (S_{ij}^{EM} - S_{ij}^{MOL})^2} \quad (1.4)$$

(1.4)'de verilen, N örnek nokta sayısı, S^{EM} EM simülasyondan alınan S parametreleri, S^{MOL} modellenmiş S parametreleridir.

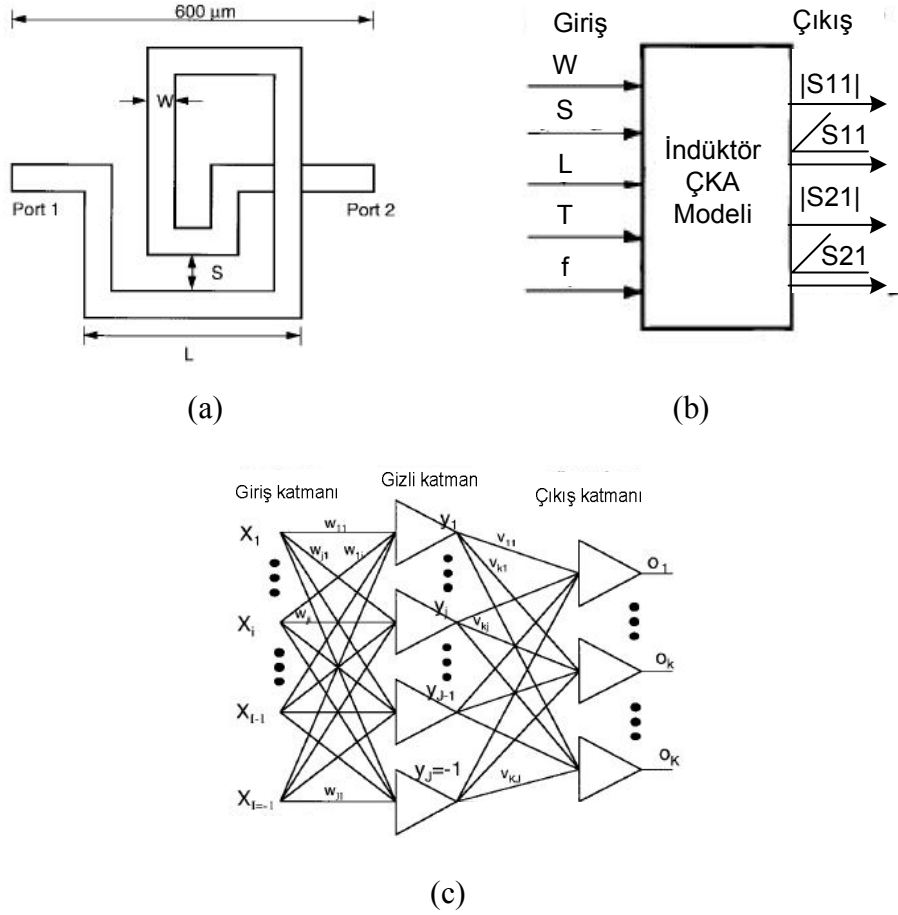
Sonuçta YSA modelden alınan sonuçlar, eşdeğer devre modeline göre EM simülasyon sonuçlarına daha yakın olarak elde edilmiştir (S21'in genlik değeri için). Sonuçlar tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1: Modeller arası doğruluk karşılaştırılması

	S11 (Genlik)	S21 (Genlik)
YSA model sonuçları	% 0.35	% 0.10
Eşdeğer devre modeli sonuçları	% 0.25	% 0.19

Mikrodalga devrelerin hızlı ve doğru bilgisayar destekli tasarımını oluşturmak için önerilen yaklaşımlardan bir tanesi "Multilayer Neural Network" Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) modelleme yapısının kullanılmasıdır. ÇKA YSA modeli elemanların fiziksel parametrelerini kullanarak TMTD pasif elemanlarının doğru bir şekilde modellenmesi için uygulanır. Bu yaklaşımın uzunluğu, pasif elemanların istenilen giriş çıkış ilişkisini yakalaması için gerekli olan minimum elektromanyetik simülasyon sayısı ile belirlenir. ÇKA tam dalga elektromanyetik simülasyonlarından sağlanan veriler ile eğitilmektedir. Model gelişimi verilerin seçimi, analizi ve işlenmesi ile başlar. Verilerin eşlenmesi için giriş çıkış çifti olarak düzenlenmesi gerekir. Ayrıca verilerin eğitim ve test verileri olarak nasıl bölüneceklerinin belirlenmesi de önemlidir. Ele alınacak çalışmada verilerin test ve eğitim dosyalarını oluşturmak için kısmi-faktöriyel deney dizaynı (fractional-factorial experimental) kullanılmıştır. Daha sonra veriler -1 ile +1 aralığında normalize edilir. Bunun nedeni aktivasyon değerlerinin çok büyük olmasının ve eğitim boyunca neuron saturasyonunun meydana gelmesinin engellenmesine yardımcı olmaktır. Eğitim boyunca amaç, devrenin kompleks haritalamayı öğrenmesini, doğru tahmin ve genelleştirme yapabilmesini sağlamaktır. Örnek olarak şekil 1.5 a)' da görülmekte olan spiral indüktörün fiziksel boyutları W (genişlik), S (boşluk), L (uzunluk), T (dönüş sayısı) ve f (frekans) ÇKA modelin girişleri olarak alınır. Sonuçta simülasyonlardan elde edilen verilerin ÇKA model yapısı kullanılarak eğitilmesi ile edilen S parametrelerinin, simülasyonlardan elde edilen sonuçlar kadar doğru olacak şekilde hesaplanabildiği görülmektedir. Bu durum da eğitilmiş çıkış verilerinden doğru model parametrelerinin öngörülüp, genelleştirilebildiğini göstermektedir.

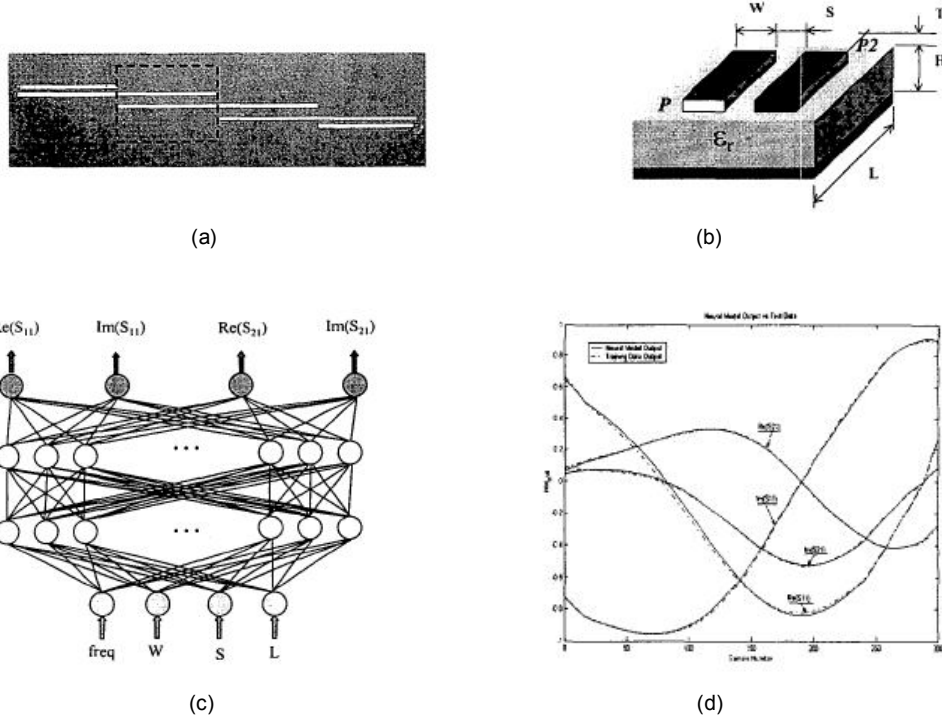
Eğitim sırasındaki hesaplama zamanı elektromanyetik simülasyon gibi diğer tekniklerle kıyaslandığında göz ardı edilebilecek kadar azdır. [3]



Şekil 1.5 a) Kare spiral indüktörün fiziksel parametreleri b) ÇKA YSA modelinin blok diyagramı c) ÇKA YSA modeli ileri besleme yapısı

Dört bölümden oluşan ve her bir bölümü elektromanyetik olarak eğitilmiş yapay sinir ağı modeli ile temsil edilen mikrodalga filtre dizaynında, kuplajlanmış mikroşerit hattın saçılma parametrelerine hattın geometrik ölçüleri kullanılarak ulaşılabilmektedir. Bu kısımda incelenecek olan mikrodalga filtre, her biri $\lambda/4$ uzunluğunda olan kuplajlanmış mikroşerit hatlardan oluşmaktadır. Filtre karakteristikleri olan merkez frekansı $f_0=2.1\text{GHz}$, band genişliği $BW=300\text{MHz}$, geçirme bandındaki araya girme kaybı seviyesi $I_L=0.5\text{dB}$, tutma bandı içindeki araya girme kaybı seviyesi $I_L=20\text{dB}$ olacak şekilde ayarlanması için her bir hat farklı geometrik ölçülerdedir. Kuplajlanmış mikroşerit hattın elektriksel özelliği alt tabakanın elektriksel geçirgenliği ve iletkenliğe bağlı olduğu kadar Şekil 1.6 b)'de gösterilmekte olan geometrik ölçülere de bağlıdır. (W : her iki mikroşeridin genişliği, S : mikroşeritler arasındaki mesafe, L : mikroşerit uzunlukları, T : metal kalınlığı, H :

alt tabaka yüksekliği) Bu nedenle seçilen bu geometrik parametrelerin bir kısmı yapay sinir ağı modelinin girişlerini oluşturmaktadır.



Şekil 1.6: a) Band geçiren filtre kesiti b) Modellenen devrenin temel bölümleri c) Kuplajlı mikroşerit filtrenin neural network modeli d) YSA model verileri ile eğitilen verilerin karşılaştırılması

Şekil 1.6 (a)'da görülmekte olan yapı için W , S , L parametreleri giriş olarak kabul edilmiştir. Bu durumda diğer parametreler sabit değerler olarak kabul edilecektir. Ayrıca tanımlanan parametrelerin elektriksel özellikleri frekansa göre değişeceğinden frekans da giriş parametresi olarak tanımlanmıştır. Bu yapı için önerilen yapay sinir ağı modeli şekil 1.6 (c)'de gözüktüğü gibi 4 tabakadan oluşmaktadır. Her tabaka nöron adı verilen işlem elemanlarından oluşmaktadır. Kullanılan yapay sinir ağı modeli “Çok katmanlı Algılayıcı”dır. Modelin çıkışları ise saçılma parametreleri olan S_{11} ve S_{21} in reel ve imajiner kısımlarıdır. Eğitim işlemi boyunca Eşlenik Gradyan “Conjugate Gradient” ve Geri Yayılım “Back Propagation” metotlarının kombinasyonu kullanılmıştır. Sonuçta ilgili filtrenin saçılma parametreleri S_{11} , S_{21} , S_{22} ’ in simülasyonları sırayla şekil 1.6 (d)'de gösterilmektedir. Elde edilen simülasyonlara göre geleneksel yöntemlerle elde edilen sonuçlar ile YSA model uygulamasında elde edilen sonuçların birbirleriyle oldukça iyi bir uyum içinde oldukları gözlenmektedir [4].

Birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanan yapay sinir ağları son zamanlarda ulaştırma mühendisliğinin çalışma alanına da girmiştir. Ulaştırma mühendisliğindeki yapay sinir ağları uygulamaları 1990'lı yıllardan sonra büyük bir ilgi görmüştür. [5] nolu bildiri yapay sinir ağlarının ulaştırma mühendisliği alanında, özellikle de trafik akım kontrolü alanında yapılan çalışmaları özetlemeyi amaçlamaktadır.

Akıllı sistemlerin en temel özellikleri olaylara ve problemlere çözümler üretirken veya çalışırken bilgiye dayalı olarak karar verebilme özelliklerinin olması ve eldeki bilgiler ile olayları öğrenerek, sonraki olaylar hakkında karar verebilmeleridir. Bir olay, değişik insanlar tarafından değişik şekillerde yorumlanmakta, karşılaşılan sorunlar farklı bölge ve kişilere göre farklı şekillerde çözülebilmektedir. Bu durum günümüzde çoğu laboratuvar çalışması düzeyindeki 60 kadar yapay zeka teknolojisinin doğmasına neden olmuştur.

- **Kullanılan Yöntem:**

Ulaştırma mühendisliği alanındaki çalışmalar; ulaşım planlaması, yol üstyapısının dizayn, bakım ve onarımı, ulaşım sistemlerinin işletilmesi, ulaşım parametrelerinin tahmini ve trafik mühendisliği uygulamaları olmak üzere 5 ana gruba ayrılmıştır. Trafik mühendisliği uygulamaları kapsamında sinyalizasyon olmayan ve dur işareti ile kontrol edilen eşdüzey kavşaklarda taşıt geçiş aralığının belirlenmesi, YOGT (yıllık ortalama günlük trafik) tahmini, trafik kaza analizlerinin yapılması, otoyollarda trafik akım tahmini ve sınıflandırması, kısmi kapalı yollarda kapasite ve kuyruklanma hesabı çok geniş bir şekilde incelenmiştir.

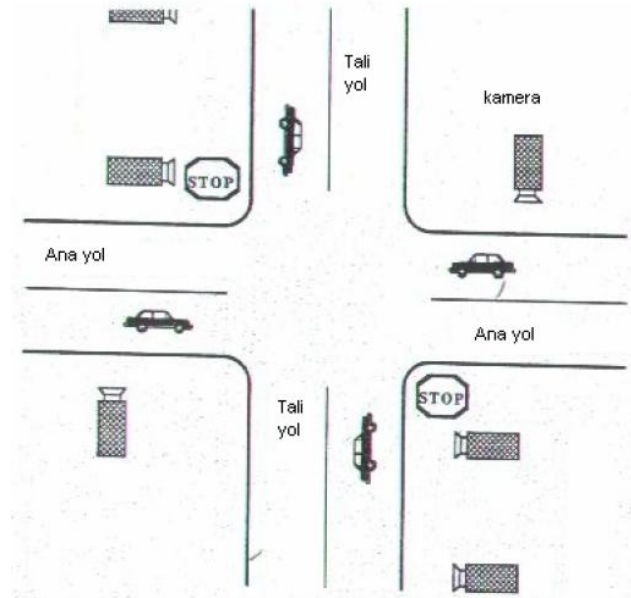
- **Trafik Mühendisliği Uygulamalarında Kullanımı**

Ulaşım mühendisliğinin bir alt kolu olan trafik mühendisliğinin birçok alanında yapay sinir ağları başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alanda yapılan başarılı çalışmalara örnek olarak sinyalizasyon olmayan ve dur işareti ile kontrol edilen eşdüzey kavşaklarda taşıt geçiş aralığının belirlenmesi (şekil 1.7), YOGT (yıllık ortalama günlük trafik) tahmini, trafik kaza analizlerinin yapılması, otoyollarda trafik akım tahmini ve sınıflandırması, kısmi kapalı yollarda kapasite ve kuyruklanma hesabı şeklinde özetlenebilir.

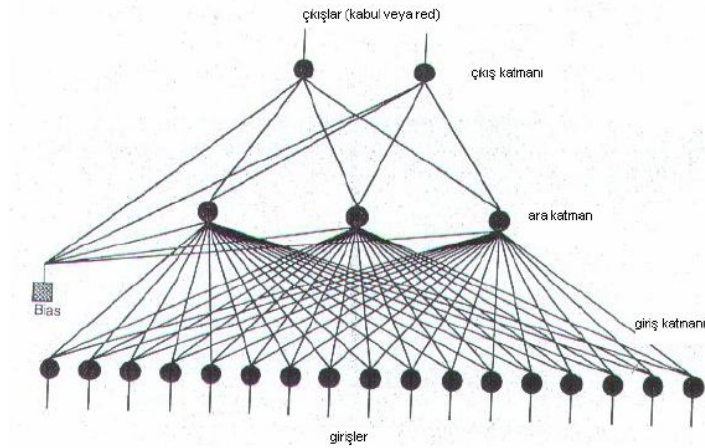
Tali yollarda DUR işaretinden dolayı duran araçların diğer yollardan gelen araçları kontrol edip geçmesi veya reddetme aralığı (kritik geçiş aralığı) genellikle ikili lojistik

modellerle tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Ancak bu modellerde sürücü karakteristikleri, yol geometrisi, taşıt takip aralığı, bekleme süresi, hava şartları gibi kritik geçiş aralığını etkileyecek şartları gözönüne almamaktadır. 1994 yılında çok katmanlı geri beslemeli yapay sinir ağ modeli kullanılarak yapılan bir çalışma ile kritik geçiş aralıkları farklı sürücü, araç, yol ve çevre şartlarına göre tahmin edilebilmiştir.

Bu problemin çözümü için tasarlanan yapay sinir ağı toplam üç katmandan (1 giriş, 1 ara, 1 çıkış katmanı) oluşmuştur. Giriş katmanı 17 düğümden, ara katman 3 ve çıkış katmanı ise 2 düğümden oluşmaktadır. Şekil 1.8’de tasarlanan YSA yapısı görülebilmektedir.



Şekil 1.7: Sinyalize olmayan DUR kontrollü eşdüzey kavşak örneği



Şekil 1.8: Tasarlanan çok katmanlı ve geri beslemeli YSA yapısı

Bu problemin çözümü için farklı 16 kavşakta 5230 taşıt video kamera ile gözlemlenmiş (2615 kabul, 2615 red), bu gözlemlerden rastgele seçilen 4000 (%76) taşıtın hareketi eğitilip, kalan 1230 (%24) taşıtın davranışı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak Çok Katmanlı-Geri Beslemeli YSA Modelinin sinyalizasyon olmayan DUR kontrollü eşdüzey kavşaklardaki taşıt aralıkları için İkili Lojit Model'e göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [5].

YSA'nın bütün alanlarda uygulamaları gözden geçirildiğinde binlerce uygulamanın yapıldığı ve başarılı sonuçların elde edildiği görülebilir. Bu kapsamda, YSA uygulamaları;

- Endüstriyel uygulamalar
- Finansal uygulamalar
- Askeri ve savunma uygulamaları
- Sağlık uygulamaları
- Tarımsal uygulamalar

başlıkları altında incelenebilir.

Son yıllardaki teknolojik ilerlemeler ışığında, oldukça esnek modelleme metodları, çiftçiliğin gelişmesi ve çeşitli toprak ve ürün parametrelerinin tahmininde bulunmak için, geliştirilmektedir. Son zamanlarda kullanılan bu tahmin etme sistemlerinin en başında gelen metot da YSA'dır. İstatistiksel ve YSA yaklaşımları birlikte bitki indekslerinde verim tahmin etme modellerinde kullanılmışlardır. Bir YSA modeli ile yapılan tahmin, geleneksel olarak yapılan tahminlerden daha iyi (yaklaşık %20) sonuçlar vermiştir. Bu çalışma hububat ürünleri için tarım alanlarının verimlilik sistemlerinin geliştirilmesinde YSA'nın potansiyelini araştırmıştır [6].

Geliştirilmiş YSA modeli günlük güneş radyasyonunu havanın en düşük ve en yüksek sıcaklığına, günlük yerel yağışa, günlük temiz gökyüzü radyasyonuna, günün uzunluğuna ve yılın gününe bağlı olarak tahmin etmeye imkan verir. Ağın eğitilmesi esnasında 1978 yılından itibaren toplanmış olan veriler kullanılmıştır. Modelin test edilmesi sonucu gerçek radyasyonla kıyaslanabilecek veriler elde edilmiştir [7].

YSA'nın diğeri bir uygulaması ABD'de, soya fasulyesinin çiçeklenmesi ve fizyolojik olgunlaşması tarihlerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Bu durumdaki YSA modeli dört giriş düğümünden, üç gizli düğümünden ve bir çıkış düğümünden oluşmaktadır. Giriş verileri olarak maksimum ve minimum sıcaklıklar, foto periyodu ve ekinden veya çiçeklenmeden sonra kaçınıcı gün olduğu girilmekte, çıkışta ise ya çiçeklenme günü (tahmin), ya da olgunlaşma günü (tahmin) elde edilmektedir. Ağla yapılan deneyler bu YSA'nın yaklaşık 2-4 gün hata ile tahmin yaptığını göstermiştir [8].

[9] nolu çalışmada YSA'nın tarım alanlarındaki uygulamaları özetlenmiştir.

[10] nolu çalışmanın amacı 2000'li yıllarla beraber pazarlama araştırmalarında kendine yer bulan "Yapay Sinir Ağları" yönteminin uygulanışını göstermek ve yöntemin doğrusal regresyon analizi ile bir karşılaştırmasını yapmaktır. Bu amaçla işletmeler açısından üzerinde önemle durulan tüketici tatmini konusunda bir uygulama yapılması düşünülmüştür. Uygulama için Ankara'da bulunan ve tüketicilerin en fazla tercih ettikleri varsayılan Ankamall alışveriş merkezinin müşterilerine, alışveriş merkezinden duydukları tatminin ölçülmesi amacıyla ulaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca ortaya çıkan sonuçlar alışveriş merkezlerine gelebilecek potansiyel müşterilerin tatmin düzeylerinin tahmini açısından da önem taşımaktadır.

Araştırma ile ilgili verilerin toplanmasında yüz yüze anket metodu kullanılmıştır. Anket formu üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde müşterilere ait demografik özelliklere yer verilmiştir. İkinci bölümde 31 değişkenden oluşan bir soru tablosu ile müşterilerin beklentilerinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Son bölümde ise aynı değişkenler açısından müşterilerin Ankamall alışveriş merkezinden duydukları tatmin düzeyi sorgulanmıştır. Bu değişkenler seçilirken alışveriş merkezlerinde tüketici tatmini konusunda yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmış ayrıca bunların yanında uygun olacağı düşünülen değişkenler eklenmiştir. Anket formu hazırlanırken soruların, cevaplayıcılar tarafından anlaşılır olmasına ve sonuçların tartışmaya açık olmamasına özen gösterilmiştir. Bu amaçla 57 birimlik bir pilot uygulama yapılarak anket formunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Gerçekleştirilen 57 birimlik pilot uygulama sonrasında anketin güvenilirliği test edilmiş ve Cronbach – Alfa katsayısı beklenti düzeyi açısından 0,82 tatmin düzeyi açısından ise 0,86 çıkmıştır. Bu değerler araştırmanın güvenilir olduğunu göstermektedir.

Anketlerin uygulandığı müşteriler hareket halindeki bir nüfusu oluşturduğundan keyfi örnekleme metodunun trafik örnekleme türüne göre seçilmiştir. Araştırmada 273 müşteriye anket uygulanmıştır. Anketler farklı müşteri gruplarına ulaşmak amacıyla haftanın değişik günlerinde ve günün değişik saatlerinde uygulanmıştır.

Uygulama esnasında, yapılan anketlerdeki beklentileri ölçen ikinci grup sorularda ölçülen değişkenler faktör analizinden yararlanılarak gruplandırılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan dört değişken grubu en uygun olacak biçimde isimlendirilmiştir. Analizde bağımlı değişken müşterilerin ortalama tatmin düzeyleridir. Tatmini etkileyen bağımsız değişkenler ise müşterilerin beklenti düzeyleridir ve bu değişkenler,

- Müşteri Hizmetleri,
- Fiziksel Şartlar,
- Personel,
- Perakendeci Karmaşı Çeşitliliği

dir. Tanımlanan bu bağımsız değişkenler aşağıda açıklandığı gibidir:

x1: Müşteri Hizmetleri (Satış geliştirme faaliyetlerinin etkinliği (hediye çeki, hediye çekilişi vb...), Yangın, sağlık ve emniyet gibi durumlar için özel önlemlerin alınmış olması, Engelli tüketiciler için rahat alışveriş imkanı sağlanması, Çalışma saatlerinin uygun olması, Alışveriş yapanlar için evlere servis imkanının bulunması)

x2: Fiziksel Şartlar (Alışveriş esnasında çalan müzik, Isı, aydınlatma ve havalandırmanın yeterli olması, Yeterli otopark alanına sahip olması, Alışveriş merkezinin bulunduğunuz yere yakın olması (ev, işyeri), Alışveriş merkezinin iç hacminin yeterli olması)

x3: Personel (Çalışanların giyim – kuşamı, çalışanların müşterilere karşı ilgisinin yeterliliği, çalışanların müşterilere karşı hitabı)

x4: Perakendeci Karmaşı Çeşitliliği

Tüketicilerin tatminini ölçmek için önce yapay sinir ağları ile daha sonra çoklu doğrusal regresyon ile analiz yapılmıştır. Yapay sinir ağları ile analiz yapılırken veri setinde yer alan veriler rasgele olarak; eğitim, geçerlilik ve test seti olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Veri setinin %80'ini eğitim seti, %10'unu geçerlilik seti, %10'unu da test seti oluşturmuştur. Eğitim seti, ağırlık eğitiminde, geçerlilik seti, sinir ağındaki gizli ünite sayısını seçmede, test seti ise eğitimin uygulanmasının performansını ölçmede kullanılır.

Yapay sinir ağı ile uygulamada kullanılan model ileri beslemeli ağı için geri yayılım algoritması ve öğrenme yöntemi de danişmalı öğrenme yöntemidir.

Ankamall müşterilerinin mağazadan duydukları tatmine ilişkin yapay sinir ağlarından elde edilen tahmin denklemi,

$$\hat{y}_{sa} = -0,08479x_1 + 0,11973x_2 + 0,1308x_3 + 0,12718x_4 + 2,42921$$

ve regresyon analizinden elde edilen tahmin denklemi ise,

$$\hat{y}_r = -0,100x_1 + 0,083x_2 + 0,120x_3 + 0,164x_4 + 2,552$$

biçiminde bulunmuştur.

Analiz sonucunda ortaya çıkan denklemleri şu şekilde değerlendirmek mümkündür:

- Denklemdaki katsayılar her bir değişken setinin tatmine ne kadar etki ettiğini göstermektedir. Bu açıdan pozitif olan katsayılar tatmine pozitif yönde etki eden değişken setlerini, negatif katsayılar ise tatmine negatif etki eden değişken setlerini ifade etmektedir,

- Denklemden, potansiyel müşteriler için yapılacak analizde, her bir değişken setine verilen cevapların ortalamaları alınarak, bunlar denklemden yerine konulduğunda potansiyel müşteri için tatmin düzeyi ortaya konabilmektedir.

İki yöntemden elde edilen sonuçların karşılaştırılması için test setinin performansı değerlendirilmiştir. Bunun için test setinde yer alan verilere ilişkin tatmin düzeylerinin tahminleri her iki yöntemden elde edilen tahmin denklemleri aracılığı ile bulunarak standart hata değerleri hesaplanmıştır. Standart hata değeri,

$$s = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-k}} \quad (1.5)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada y_i gerçek tatmin değeri, \hat{y}_i tahmini tatmin değeri, n veri sayısı, k ise değişken sayısıdır.

Her iki yöntemden elde edilen denklemden de müşteri hizmetleri değişken setinin tatmini negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde müşteri hizmetlerinin tatmine negatif etki etmesinin en önemli sebeplerinin evlere servis imkanının olmaması ve satış geliştirme faaliyetlerinin etkin yürütülmemesi olduğunu söylemek mümkündür. Diğer değişken setleri ise tatmini pozitif yönde etkilemektedir.

İki yöntemden elde edilen sonuçların karşılaştırılması için test setine ilişkin bağımsız değişkenlerin değerleri, yani müşterilerin beklenti düzeylerine ilişkin ortalamalar, bulunan denklemlerde yerine yazılarak, tahmini tatmin düzeyleri hesaplanmıştır. Gerçek tatmin değerleri ile tahmini tatmin değerleri arasındaki farka ilişkin standart hata değeri bulunarak karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen hata değerleri Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2 Tahminlere ilişkin hata değerleri

	Yapay sinir ağları	Regresyon analizi
Standart hata değerleri	0.25	0.27

Tablo 1.2’den görülebileceği gibi yapay sinir ağlarından elde edilen tahminler çok az bir farkla da olsa regresyon analizinden elde edilen tahminlerden daha az hataya sahiptir. Bu sonuç yapay sinir ağlarının pazarlama araştırmalarında kullanılmasının uygun olduğunu ve regresyon analizi kadar etkin sonuçlar verdiğini göstermektedir.

[11] nolu çalışmada YSA’nın akut sağ kasık ağrısı bulunan hastaların teşhisindeki rolünü değerlendirmek amacıyla geliştirilen sistemde bir eğitim hastanesinden elde edilen hasta verileri YSA’nın eğitim ve testinde kullanılmıştır. Geri yayımlı YSA kullanılmış ve sistem performansı deneyimli doktorların yaptığı değerlendirmeler ve Alvarado skor ile karşılaştırılmıştır.

YSA’da giriş olarak kullanılan hasta verileri şunlardır;

- Semptomlar ve işaretler:
 - En çok acı veren bölge,
 - Anoreksi (evet/hayır),
 - Mide bulantısı (evet/hayır),
 - Kusma (evet/hayır),
 - Hassasiyet bölgesi,
 - Peritonizm (evet/hayır),
 - Ateş.
- Hematolojik değerlendirmeler:
 - Beyaz kan hücresi sayısı (x 10⁹/L),
 - Nötrofil sayısı.
- Demografikler:
 - Yaş,

- Cinsiyet.

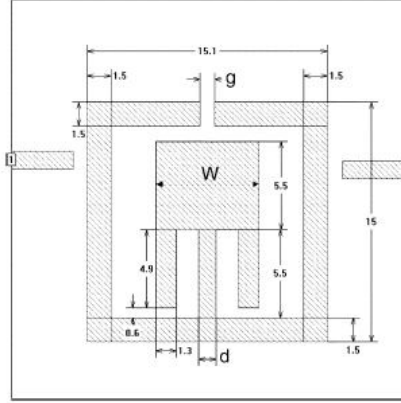
Bu çalışmada YSA geri beslemeli algoritma ile eğitilmiştir. Giriş katmanındaki nöron sayısı giriş değişkenlerinin sayısı olan 11'dir. Gizli katmandaki nöron sayısı değişik sayılarda (2-15) nöron içeren farklı ağ tasarımları denenerek deneysel olarak tespit edilmiştir. Çıkış katmanındaki nöron sayısı ise 1'dir. İki teşhis kategorisi için eğer hasta pankreatit ise 1, değilse 0 sonucu üretilmektedir.

Ağın eğitilmesi için ağ ağırlıkları başlangıçta rastgele atanmıştır. Apandisit şüphesiyle ameliyat edilmiş 50 hasta verisi ile eğitim gerçekleştirilmiştir. Bu hastalardan 25 tanesinde apandisit iltihabı olduğu histopatolojik bulgularla daha önceden belirlenmiştir. Ağdaki ağırlıklar, çıkışlar bilinen sonuçlara yaklaşacak şekilde ayarlanıp değiştirilmiştir. Bağlantıların ağırlıkları tüm veri kümesi için ortalama hata karesini azaltacak şekilde ayarlanmıştır.

Eğitim tamamlandıktan sonra, YSA, sağ kasık ağrısı bulunan ve sonuçları bilinen 20 hastaya ait (daha önce kullanılmamış) veriler kullanılarak doğrulanmış ve ağın optimizasyonu yapılmıştır. YSA, apandisit şüphesi bulunan 60 hastanın verisi ile test edilmiştir. YSA sonucu ile birlikte Alvarado skoru ve deneyimli bir cerrahın yaptığı klinik teşhis elde edilmiştir.

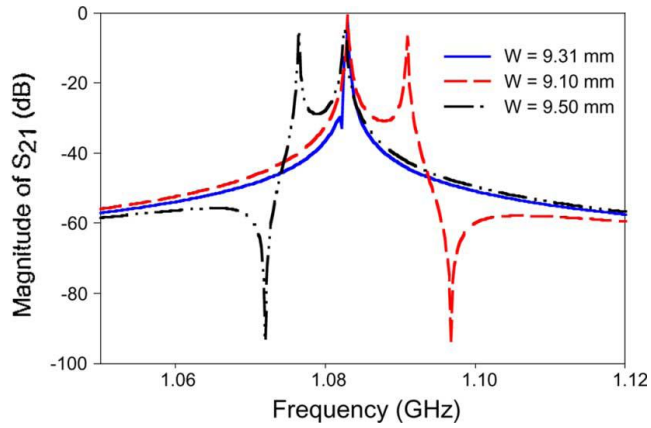
Sonuçta YSA tekniği apandisit teşhis edilmesinde faydalı bir araç olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle YSA tekniği gereksiz araştırmaları, olumsuz apandisit ameliyatı oranlarını ve potansiyel olarak ortaya çıkabilecek maliyeti azaltabileceği söylenebilir. Akut apandisit teşhisinin daha zor olduğu ve yanlış negatif apandisit ameliyatı oranlarının yüksek olduğu kadın hastalardaki kullanımı daha ileri değerlendirmeler gerektirmektedir.

Şekil 1.9’da çift modlu bant geçiren filtre konfigürasyonu verilmiştir[12]. Bu çalışmada önerilen dual mod rezonatör tek mod açık halka rezonatör kullanılarak geliştirilmiştir.



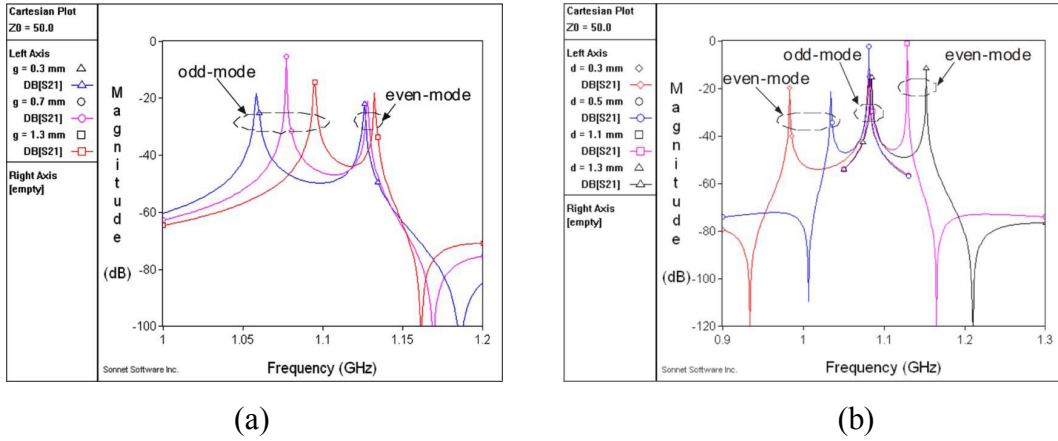
Şekil 1.9: Dual mod mikroşerit açık halka rezonatör boyutları

Değişken W parametrelili yüklem elemanı içeriden açık halka üzerine doğru genişletilmektedir. W uzunluğundaki değişimler sayesinde, iletim sıfırının geçme bandının sağında ya da solunda olması sağlanmaktadır. $W=9.31$ mm olduğunda aynı rezonans frekansında iki mod sergilenmekte ve bu durumda iletim sıfırları gözükmemektedir. W değerinin artırılıp azaltılması ile bu modların birbirinden ayrıştırılması sağlanır. Bu mod ayrışmaları farklı W değerleri için Şekil 1.10’da gözlenmektedir.



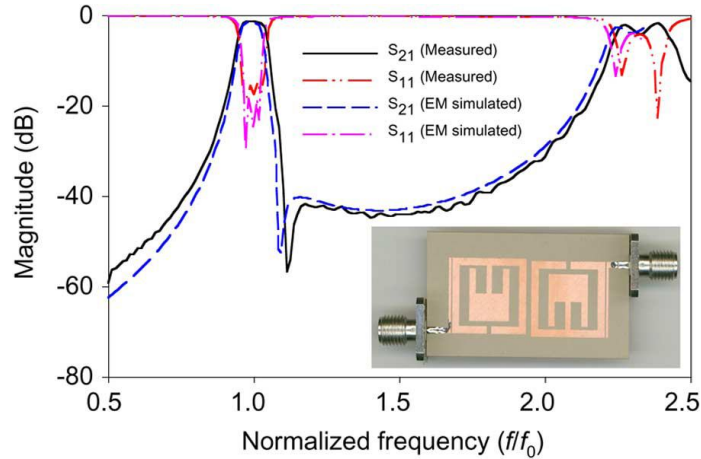
Şekil 1.10: Dual mod mikroşerit açık halka rezonatörün farklı W değerlerindeki frekans cevabı ($g = 0.9$ mm, $d = 1.3$ mm)

Aynı zamanda açık uçların birbirine olan mesafesi g aralığının değişimi de tek mod rezonans frekansının kaydırılmasını sağlarken, çift mod rezonans frekansları bu değişimden hemen hemen hiç etkilenmemektedir. Çift mod rezonans frekansının değiştirilmesinin yolu ise d parametresinin değiştirilmesidir.



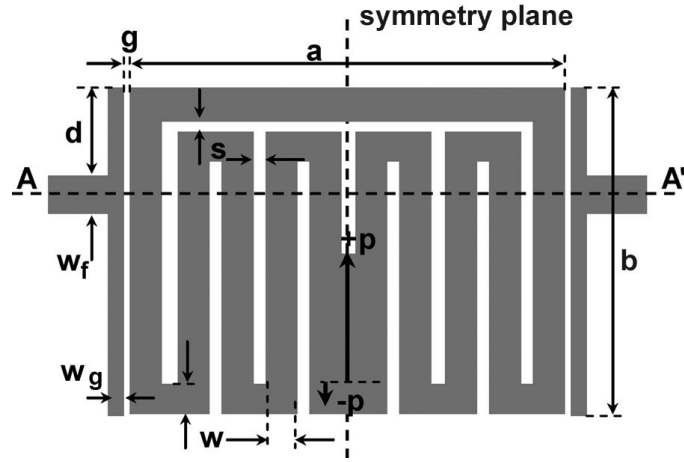
Şekil 1.11: a) g parametresi ile tek mod değişimi b) d parametresi ile çift mod değişimi

Ayrıca bu çalışmada iki adet çift mod karakteristiğine sahip açık halka rezonatörün yan yana kullanılması sayesinde dördüncü dereceden bant geçiren filtre tasarımı da gerçekleştirilmiştir[12].



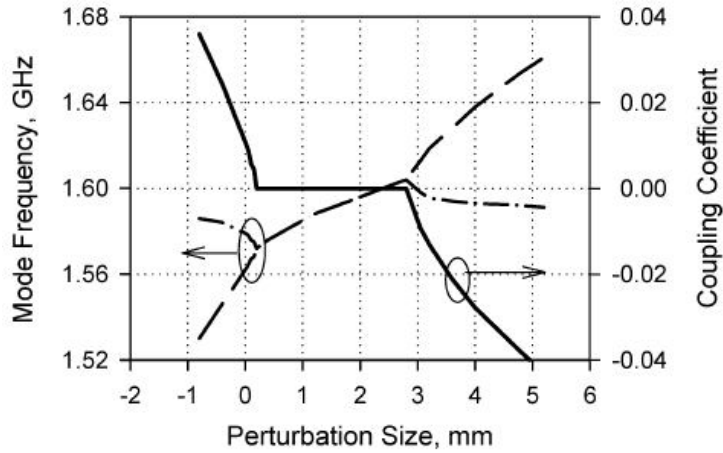
Şekil 1.12: Dördüncü dereceden bant geçiren filtre

[13] nolu çalışmada dual mod mikroşerit filtrenin özelliğini koruyarak boyutunun küçültülmesi için menderes biçimli yeni bir dual mod filtre önerilmiştir (şekil 1.13). Bu çalışmada düz bir hat boyunca yerleştirilmiş olan giriş-çıkış besleme hatlarının filtre cevabına etkisi incelenmektedir. Önerilen dual mod mikroşerit filtrenin dejenere modları arasındaki kuplaj, perturbasyon elemanı boyutuna bağlı olarak ele alınmıştır.



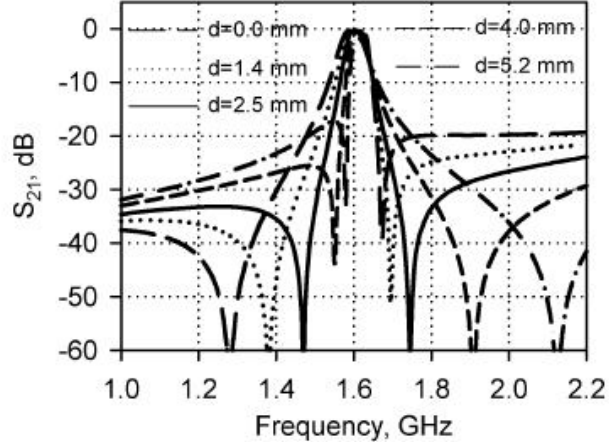
Şekil 1.13: Menderes biçimli dual mod mikroşerit filtre

Şekil 1.14’de önerilen dual mod filtrenin dejenere modları arasındaki kuplaj katsayıları gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere perturbasyon elemanının boyutlarının (p) 0.2 mm – 2.8 mm değerleri arasında olduğu durumda kuplaj katsayısı sıfırdır, çünkü perturbasyon elemanının bu aralıktaki boyutları için mod ayrışımı olmamaktadır.



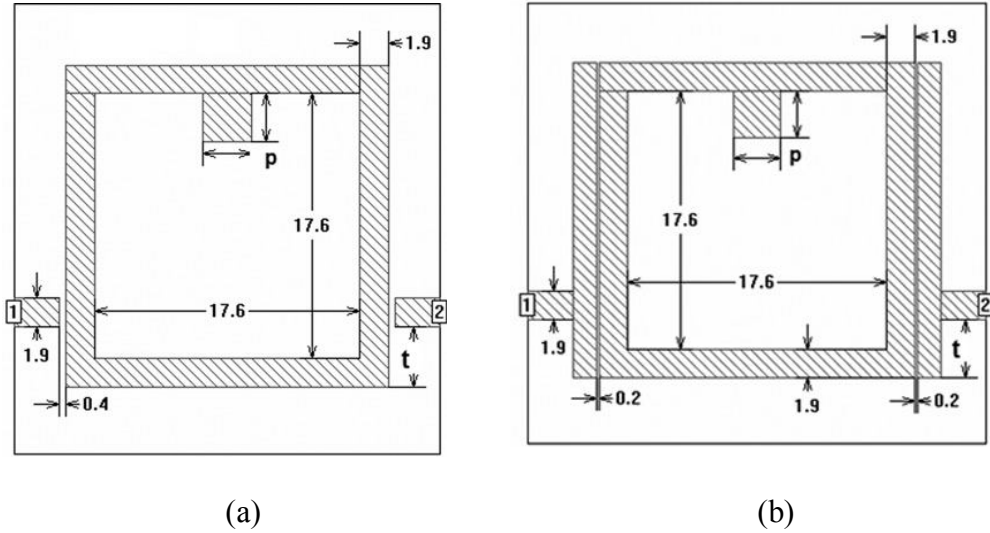
Şekil 1.14: Simüle edilen kuplaj katsayıları ve perturbasyon elemanının boyutuna bağlı olarak dejenere modların rezonans frekansları

Reel ve imajiner eksende oluşan iletim sıfırlarının yerlerinin ise d uzunluğu yardımıyla kontrol edilebileceği ortaya koyulmuştur. $d < 2.5$ mm iken frekans cevabının sağ tarafa, $d > 2.5$ mm iken ise sol tarafa yaslandığı gösterilmiştir. $d = 2.5$ mm olduğunda ise simetrik bir frekans cevabının elde edildiği gözlenmiştir.



Şekil 1.15: $p=3.5$ mm iken d değerlerine bağlı olarak transmisyon sıfırlarının değişimi

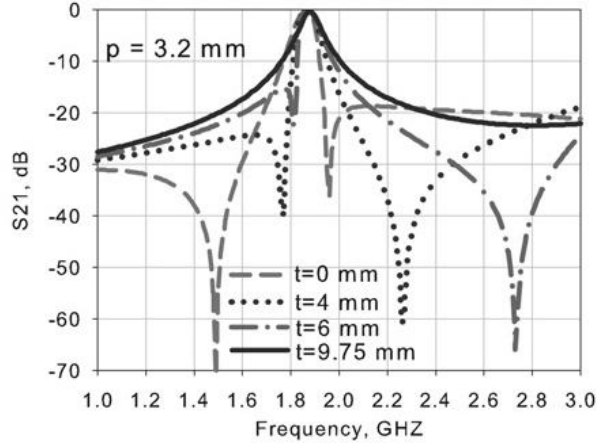
Şekil 1.16'de bir başka çift modlu, asimetrik frekans cevabına sahip bant geçiren filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir[14]. Bu çalışmada da dejenere modlar arasındaki kuplaj perturbasyon boyutuna bağlı olarak ele alınmıştır. Aynı zamanda ortogonal olmayan giriş-çıkış besleme hatlarının düz bir hat boyunca yerleşiminin frekans cevabı üzerindeki etkisi de tam dalga elektromanyetik simülasyonlar ile incelenmiştir. Bu tip mikroşerit rezonatör kullanılarak üretilen ikinci dereceden bant geçiren filtre transmisyon sıfırlarının kaydırılması özelliğini göstermektedir.



Şekil 1.16: Önerilen dual mod filtre a) zayıf kuplaj b) kapasitif kuplaj

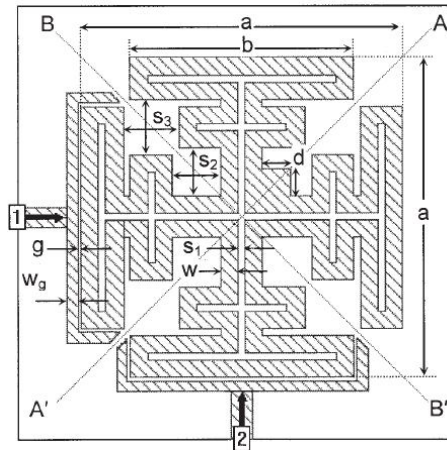
İkinci dereceden filtrelerden birinde transmisyon sıfırları geçme bandının üst bölgelerinde iken, diğerinde transmisyon sıfırlarının biri geçme bandının sağında diğeri de solunda yer almaktadır. Transmisyon sıfırlarının yer değiştirmesi sadece

perturbasyon boyutunun değiştirilmesi ile ayarlanır. Ayrıca, t uzunluğundaki değişimin mod frekanslarına veya merkez frekansına etki etmediği belirtilmiştir. t uzunluğunun artması, iletim sıfırlarını banda yaklaştırırken bir noktada iletim sıfırlarının kaybolduğu ortaya çıkarılmıştır (şekil 1.17).



Şekil 1.17: $p=3.2$ mm iken t değişimine bağlı frekans cevabı

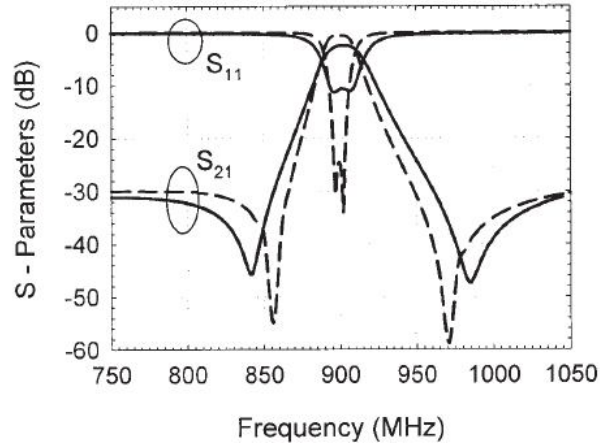
Merkez frekansı 900 MHz olan ve merkez frekansında %2.4 kısmi band genişliğine sahip, yine bir perturbasyon elemanı sayesinde uyarılmış çift modlu filtre karakteristiğine sahip minyatür bir filtre örneği şekil 1.18'de gösterilmektedir [15]. Önerilen yapı dört özdeş menderes biçimli mikroşerit hattı oluşmaktadır ve giriş ve çıkış portları arasında elektriksel uzunluk cinsinden 90° mesafe bulunmaktadır. Aynı zamanda A-A' düzlemi boyunca bir de perturbasyon elemanı eklenmiştir.



Şekil 1.18: Dual mod mikroşerit rezonatör

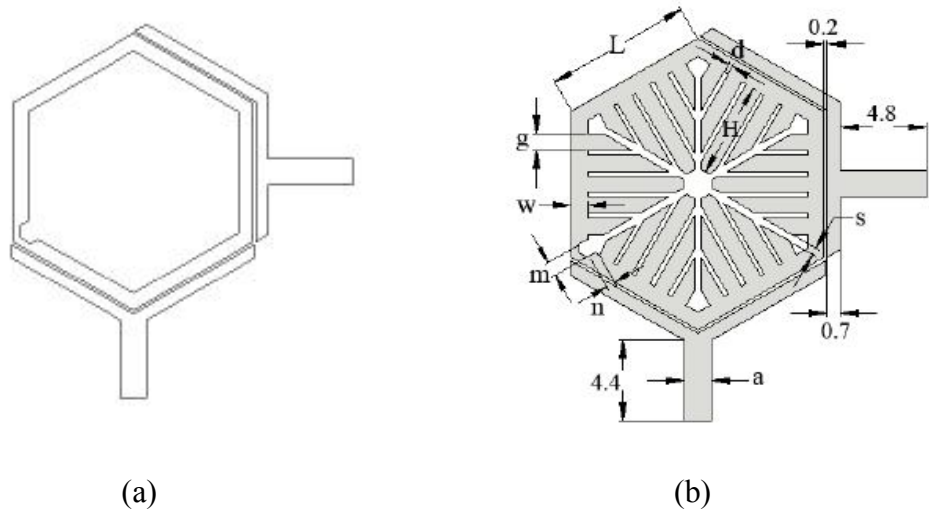
Şekilde verilen bir çift iletim sıfırına sahip dual modlu yapı için, perturbasyon boyutunun (d) artışının kuplaj katsayısının da artışına yol açtığı incelenmiştir.

Ayrıca bu filtre aynı frekansta üretilen diğer filtrelere göre minyatürizasyon açısından önem taşımaktadır.

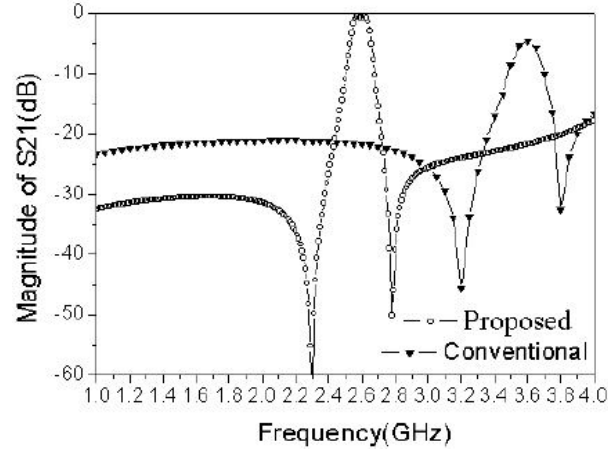


Şekil 1.19: Simüle edilen ve ölçülen frekans cevabı

Hem yama hem de kapalı form filtrelerin avantajlarının kullanıldığı yeni bir dual mod filtre örneği [16] nolu çalışmada incelenmiştir. Şekil 1.20'de görülmekte olan altıgen halka üzerine paralel kapasitif yükleme elemanları eklenerek boyutta önemli miktarda azalma, oldukça düşük araya girme kaybı, üst bantların bastırılması gibi özellikleri olan bir dual mod filtre elde edilmiştir. Bu özellikleri sayesinde elde edilen filtre kablosuz ağ uygulamaları açısından oldukça kullanışlıdır.

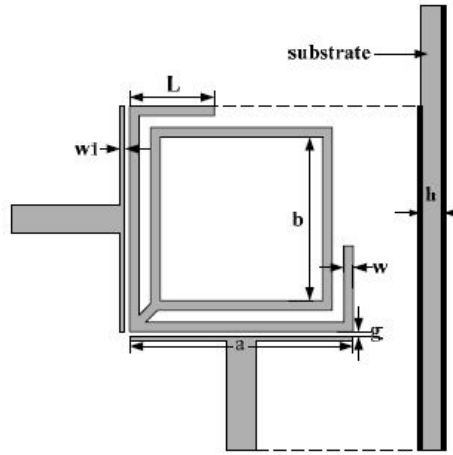


Şekil 1.20: a) Altıgen rezonatör b) Kapasitif yükleme ile oluşturulan dual mod filtre örnekleri



Şekil 1.21: Klasik altıgen rezonatörlü ve kapasitif yüklemeli dual mod filtre için ölçüm sonuçları

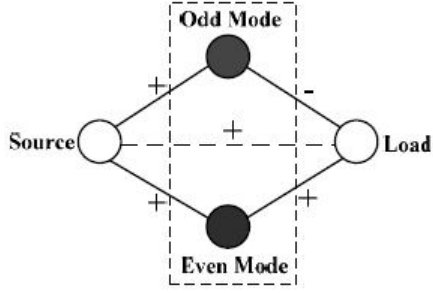
Dual mod filtrelere verilebilecek bir başka örnek çalışma şekil 1.22’de gösterilmekte olan 2.4 GHz merkez frekansına ve merkez frekansında % 5.25 lik kısmi band genişliğine sahip olan dual mod filtre; mikroşerit kare halka yan hatlı dual mod filtredir, aynı zamanda kaynak ve yük arası da kuplajlanmıştır. Bu sayede oluşan iki transmisyon sıfırından biri, dual mod kuplaj yapısı ile kontrol edilirken, diğeri ise kaynak ve yük arasındaki kuplaj ile kontrol edilmektedir [17].



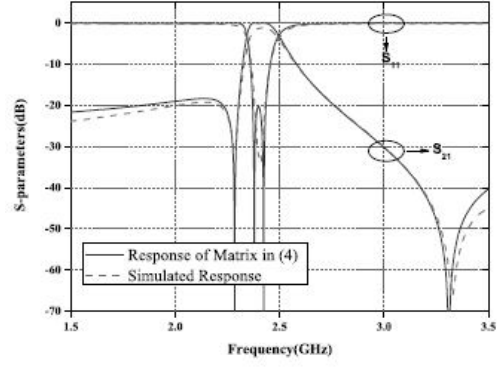
Şekil 1.22: Yan hatlı dual mod filtre

Bu çalışmada mikroşerit dual mod filtre hem kapalı hem de açık kare halka yapı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Açık devre sonlandırılmış yan hatların uzunluğunun değişimi ile tek mod empedansı hızlıca değiştirilir, böylece transmisyon sıfırı geçme bandının bir tarafından diğere tarafına geçirilerek kaydırılmış olur ve iyi bir dual mod özelliği gözlemlenir. Ortogonal giriş – çıkış besleme hatlarının kullanılmasıyla da

kendi aralarında oluşan zayıf kuplaj sayesinde üst modlar oluşur ve bu sayede de üst tutma bandında bir transmisyon sıfırı daha sağlanmış olur.



(a)



(b)

Şekil 1.23: Önerilen filtrenin a) Kuplaj şeması b) Teorik ve simülasyon sonuçları

2. YAPAY SİNİR AĞLARI

2.1 Yapay Sinir Ağlarına Giriş

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarında oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işlem yapılarıdır. Yapay sinir ağları, bir başka deyişle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır. Yapay sinir ağları zaman zaman bağlantıcılık (connectionism), paralel dağıtılmış işlem, sinirsel-işlem, doğal zeka sistemleri ve makine öğrenme algoritmaları gibi isimlerle de anılmaktadır.

Yapay sinir ağları bir programcının geleneksel yeteneklerini gerektirmeyen, kendi kendine öğrenme düzenekleridir. Bu ağlar öğrenmenin yanı sıra, ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine sahiptir.

Yapay sinir ağları insan beyninin bazı organizasyon ilkelerine benzeyen özellikleri kullanmaktadırlar. Yapay sinir ağları bilgi işlem sistemlerinin yeni neslini temsil ederler. Genel olarak yapay sinir ağları model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini, en uygun değerleri bulma ve veri sınıflandırması gibi işlerde başarılıdır. Geleneksel bilgisayarlar ise özellikle model seçme işinde verimsizdir ve sadece algoritmaya dayalı hesaplama işlemleri ile kesin aritmetik işlemlerde hızlıdırlar.

Bir çok yapay sinir ağı tipi bulunmakla birlikte bazılarının kullanımı diğerlerinden daha yaygındır. En çok kullanılan yapay sinir ağı, Geri yayımlı yapay sinir ağı olarak bilinendir. Bu tip yapay sinir ağı tahmin ve sınıflandırma işlemlerinde çok iyi sonuçlar vermektedir. Bir başkası Kohonen Özörgütlemeli Harita'dır. Bu tip sinir ağları, karışık bilgi kümeleri arasında ilişki bulma konusunda başarılı sonuçlar vermektedir.

Belirsiz, gürültülü ve eksik bilgilerin işlenmesinde yapay sinir ağları başarıyla kullanılmaktadır.

2.1.1 Yapay sinir ağlarının genel kullanım alanları

Günümüzde yapay sinir ağları üzerine araştırmalar iki alan üzerine yoğunlaşmıştır. Bunlardan birincisi ileri beslemeli çok katmanlı ağlar ikincisi ise Hopfield ağlarıdır. Yapay sinir ağları bilgi sınıflama ve bilgi yorumlamanın da içinde bulunduğu çok değişik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının kullandığı alanlar özet olarak şu şekilde sıralanabilir;

- Denetim
- Sistem modelleme
- Ses tanıma
- El yazısı tanıma
- Parmak izi tanıma
- Elektrik işareti tanıma
- Meteorolojik yorumlama
- Otomatik araç denetimi
- Fizyolojik işaretleri (Kalp fonksiyonları gibi) izleme, tanıma ve yorumlama

Yukarıda verilen başlıklara ilave olarak, yapay sinir ağları, her türlü bilgiyi işlemek ya da analiz etmek amacıyla kullanılırlar. İş hayatı, finans, endüstri, eğitim ve karışık problemler bilim alanlarında, bulanık veya var olan basit yöntemlerle çözülemeyen problemlerin çözümünde, doğrusal olmayan sistemlerde başarıyla uygulanmaktadırlar.

Yapay sinir ağlarının başlıca uygulama alanları sınıflandırma, tahmin ve modelleme olarak ele alınabilir.

Sınıflandırma: Müşteri/Pazar profilleri, tıbbi teşhis, imza tetkikleri, borçlanma/risk değerlendirmeleri, ses tanıma, spektrum tanımlaması, mal değeri, hücre tiplerinin sınıflandırılması, mikroplar, modeller, örnekler.

Tahmin: İleriki satışlar, üretim ihtiyacı, pazar performansı, ekonomik deliller, enerji ihtiyacı, tıbbi sonuçlar, kimyasal reaksiyon ürünleri, hava tahminleri, at yarışları, çevresel risk, jüri panelleri.

Modelleme: İşlem kontrolü, sistem kontrolü, kimyasal yapılar, dinamik sistemler, işaret karşılaştırma, plastik kalıpcılık, kaynak kontrolü, robot kontrolü ve diğer birçok uygulamalar.

2.1.2 Yapay sinir ağlarının yararları

Yapay sinir ağlarının yararlı ve ilgi çekici birçok özellikleri vardır. İlk özellik öğrenme yeteneğidir. Yapay sinir ağları uyarlanabilir ve esneyebilir. Tek bir yapay sinir ağı, herhangi bir işleve ilke olarak yaklaşabilir. Yapay sinir ağlarının yapısını ve öğrenme kurallarını değiştirmek zorunda değiliz, sadece öğretim materyallerini değiştirerek öğrenmeyi sağlayabiliriz. Daha da önemlisi öğretim materyalini değiştirmek, temel olarak yeni bir çevreyle tanışmak gibidir.

2.1.3 Yapay sinir ağının üstünlükleri ve sakıncaları

Yapay sinir ağlarının en büyük üstünlükleri, öğrenme kabiliyeti olması ve farklı öğrenme algoritmaları kullanabilmesidir. Bunu yanı sıra en sık belirtilen sakıncaları ise sistemin çalışmasının analiz edilememesi ve öğrenme işleminde başarılı olunamama riski olmasıdır. Yapay sinir ağlarının üstünlükleri ve sakıncaları Tablo 2.1’de verilmiştir [18]

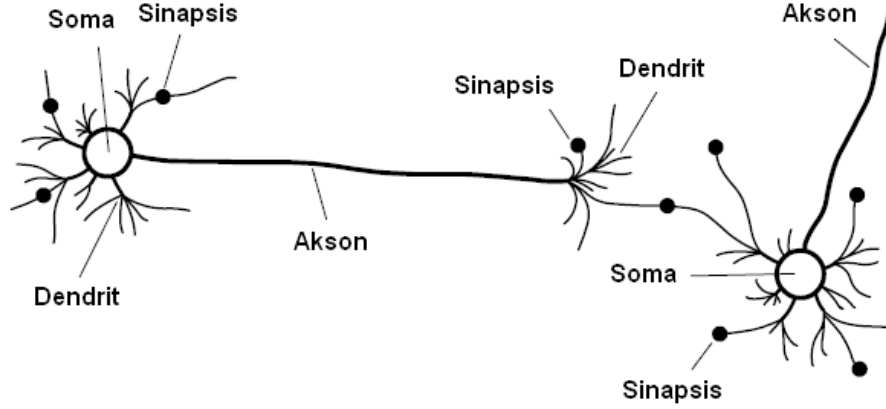
Tablo 2.1: Yapay sinir ağlarının üstünlükleri ve sakıncaları

Üstünlükler
Matematiksel modele ihtiyaç duymazlar
Kural tabanı kullanımı gerektirmezler
Öğrenme kabiliyeti vardır ve farklı öğrenme algoritmalarıyla öğrenebilirler
Sakıncaları
Sistem içerisinde ne olduğu bilinemez
Bazı ağlar hariç kararlılık analizleri yapılamaz
Farklı sistemlerde uygulanması zor olabilir.

2.1.4 Biyolojik bir beyin sinir hücresinin yapısı

Yapay sinir ağı insan beynine dayalı akıl yürütme modeli olarak tanımlanabilir. Beyin yoğun olarak birbirine bağlı sinir hücrelerinden ya da nöron olarak adlandırılan temel bilgi işleme birimlerinden oluşmaktadır. İnsan beyni yaklaşık 10 milyon nöron ve 60 trilyon sinapsisi kendi aralarında birleştirir (Shepherd and Koch, 1990). Beyin, çoklu nöronları eş zamanlı olarak kullanarak, bugün var olan bir bilgisayardan çok daha hızlı bir şekilde fonksiyonlarını yerine getirmektedir.

Her bir nöron oldukça basit bir yapıya sahip olmasına rağmen, oldukça yüksek işleme gücü oluştururlar. Her bir nöron soma olarak adlandırılan hücre gövdesi, dendrit olarak adlandırılan bir çok lif ve akson olarak adlandırılan tek uzun bir liften oluşmaktadır. Dendritler soma etrafında bir ağ oluştururken, aksonlar her bir nöronun soma ve dendritleri arasında uzanır. Şekil 2.1’de bir sinir ağının şematik çizimini göstermektedir.



Şekil 2.1: Biyolojik sinir ağı

Sinyaller bir nörondan diğerine kompleks elektromanyetik reaksiyonlar aracılığıyla yayılır. Kimyasal bileşenler hücre gövdesindeki elektriksel potansiyelde bir değişim meydana gelmesi ile sinapsislerden serbest bırakılırlar. Potansiyel eşik değerine ulaştığında, elektriksel darbe, aksiyon potansiyeli, akson boyunca düşürülür. Darbe yayılır ve sonunda potansiyellerinde artış ya da azalmayı sağlamak için sinapsise ulaşır. Uyarım modeli cevabı olarak, nöronlar bağlantı dayanıklılıklarında uzun vadeli değişiklikler gösterir. Aynı zamanda nöronlar diğer nöronlarla da yeni bağlantılar oluştururlar. Bu mekanizma beyindeki temel öğrenme işlevini oluşturur.

Beynimiz oldukça kompleks, nonlineer ve paralel işletim sistemi olarak düşünülebilir. Bilgi, sinir ağında sadece belirli yerlerde değil, diğer tüm ağlar boyunca eş zamanlı olarak işlenir ve depolanır.

Öğrenme biyolojik sinir ağlarının vazgeçilmez ve temel özelliğidir [19].

2.2 Bir Yapay Sinir Ağının Ana Öğeleri

Yapay sinir ağları, birbirine bağlı çok sayıda işlem elemanlarından oluşmuş, genellikle paralel işleyen yapılar olarak adlandırılabilir. Yapay sinir ağlarındaki

işlem elemanları (düğümler) basit sinirler olarak adlandırılır. Bir yapay sinir ağı, birbirleriyle bağlantılı, çok sayıda düğümlerden oluşur.

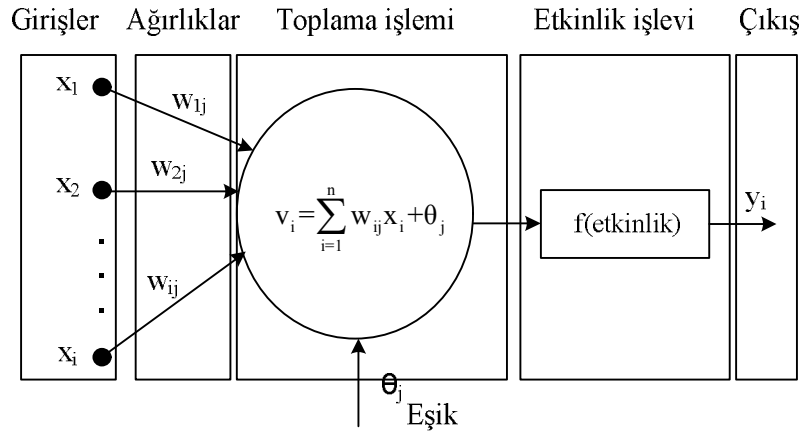
Yapay sinir ağları insan beyni gibi, öğrenme, hatırlama ve genelleme yeteneğine sahiptirler.

İnsan beyninde öğrenme 3 şekilde olur.

- Yeni aksonlar üreterek,
- Aksonların uyarılması ile
- Mevcut aksonların güçlerini değiştirerek.

Her aksonun, üzerinden geçen işaretleri değerlendirebilecek yetenekte olduğu savunulmaktadır. Aksonun bu özelliği, bir işaretin belli bir sinir için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Yapay sinir ağlarının temel birimi işlem elemanı ya da düğüm olarak adlandırılan yapay bir sinirdir. Bir yapay sinir, biyolojik sinirlere göre daha basit olmasına karşın, biyolojik sinirlerin 4 temel işlevini taklit ederler. Şekil.2.2’de yapay bir sinir (düğüm) gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Yapay bir sinir (düğüm)

Girişler x_i sembolüyle gösterilmiştir. Bu girişlerin her biri ağırlık w ile çarpılır. Basitçe, bu ürünler eşik değeri θ_j ile toplanır ve sonucu oluşturmak için etkinlik işlevi ile işlem yapılır ve y_i çıkışı alınır.

Tüm yapay sinir ağları bu temel yapıdan türetilmiştir. Bu yapıdaki farklılıklar yapay sinir ağlarının farklı sınıflandırılmasını sağlar. Bir yapay sinirin öğrenme yeteneği,

seçilen öğrenme algoritması içerisinde ağırlıkların uygun bir şekilde ayarlanmasına bağlıdır.

2.2.1 Girişler

Girişler (x_1, x_2, \dots, x_n) çevreden aldığı bilgiyi sinire getirir. Girişler, kendinden önceki sinirlerden veya dış dünyadan sinir ağına gelebilir. Bir sinir gelişigüzel birçok girdileri alır.

2.2.2 Ağırlıklar

Ağırlıklar (w_1, w_2, \dots, w_n) , yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Her bir giriş kendine ait bir ağırlığa sahiptir. Bir ağırlığın değerinin büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması, küçük olması zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelmektedir.

2.2.3 Toplama işlemi

Toplama işlemi (v_i) sinirde her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpımının toplamalarını eşik θ_j değeri ile toplayarak etkinlik işlevine gönderir. Bazı durumlarda toplama işlevi bu kadar basit bir işlem yerine, minimum, maksimum, çoğunluk veya birkaç normalleştirme algoritması gibi çok daha karmaşık olabilir.

2.2.4 Etkinlik işlevi

Toplama işlevinin sonucu, etkinlik işlevinden f (etkinlik) geçirilip çıkışa iletilir. Bir etkinlik işlevinin kullanım amacı, zaman söz konusu olduğunda toplama işlevinin çıkışının değişmesine izin vermektir.

2.2.5 Ölçekleme ve sınıflandırma

Düğümelerde, etkinlik işlevinin sonuçları ölçek veya sınır işlemlerinden geçebilir. Bu ölçeklendirme basitçe bir ölçek etmeni ile etkinlik değerinin çarpımının sonucudur. Sınırlandırma ise, ölçeklenmiş sonuçların minimum ya da maksimum sınırlarını aşmamasını sağlamaktadır.

2.2.6 Çıkış işlevi

Çıkış $y_i=f(s)$, etkinlik işlevi sonucunun dış dünyaya veya diğer sinirlere gönderildiği yerdir. Bir sinirin bir tek çıkışı vardır. Sinirin bu çıkışı, kendinden sonra gelen herhangi bir sayıdaki diğer sinirlere giriş olabilir.

Her bir düğümde bir çıkış işareti izin verilir. Bu işaret diğer yüzlerce sinir hücrelerinin girişi olabilir. Bu durum biyolojik sinirde olduğu gibidir. Biyolojik sinirde de birçok giriş varken sadece bir çıkış etkinliği vardır. Düğüm çıkışı etkinlik işlevinin sonucuna eşdeğerdir. Fakat bazı ağ yapıları, komşu düğümler arasında yarışma oluşturmak için etkinlik sonuçlarını düzenleyebilir. Böylece yarışmacı girişler hangi düğümün öğrenme ya da uyma işlemine katılacağına karar verilmesinde yardımcı olur.

Bütün bu anlatıların ışığında yapay sinir ile biyolojik sinirler arasındaki benzerlik Tablo 2.2'deki gibi gösterilebilir.

Tablo 2.2: Biyolojik sinir ağı ile yapay sinir ağının karşılaştırılması

Biyolojik Sinir Ağı	Yapay Sinir Ağı
Sinir Sistemi	Sinirsel Hesaplama Sistemi
Sinir	Düğüm (Sinir, İşlem Elemanı)
Sinaps	Sinirler Arası Bağlantı Ağırlıkları
Dendrit	Toplama İşlevi
Hücre Gövdesi	Etkinlik İşlevi
Akson	Sinir Çıkışı

2.2.7 Öğrenme

Öğrenme kuralı Hebbian öğrenme kuralı denilen basit bir modele dayanır. Hebbian öğrenme kuralı temel olarak “Eğer iki düğüm aynı zamanda etkin ise aralarındaki bağ gücü artar.” kuramına dayanmaktadır. Öğrenmenin amacı; her bir düğümün girişlerindeki değişken bağlantı ağırlıklarını derlemektir. İstenen bazı sonuçları elde etmek için, giriş bağlantılarının ağırlıklarını değiştirme işlemi uyma işlevi olarak adlandırılabilir gibi öğrenme kipi olarak da adlandırılabilir.

2.2.7.1 Öğrenme türleri

Danışmanlı ve danışmansız olmak üzere iki tip öğrenme tipi vardır. Danışmanlı öğrenme de bir öğretmene ihtiyaç vardır. Öğretmen, bir veri alıştırma kümesi veya ağ sonuçlarının performansını derecelendiren bir gözlemci olabilir. Danışmanlı

öğrenmede eğitilmiş sınırlara öğretme işaretini gönderilerek sınırlar eğitilir. Bu işaretin bağlantısındaki ağırlıkları ayarlamakta kullanılır. Önemli öğrenme kurallarından birkaçı aşağıda örnek olarak verilmiştir.

- **Hebb kuralı:**

İlk ve en iyi bilinen öğrenme kuralı Donald Hebb tarafından tanıtılmıştır. Tanımlama 1949'da yazdığı "the organization of behaviour" adlı kitabında görülür. Temel kural: eğer bir sınır başka bir sınırdan bir giriş alırsa ve her ikisi de yüksek aktif ise (matematiksel olarak aynı işaretli), sınırlar arasındaki boyut kuvvetlendirilir.

- **Hopfield kuralı:**

Bu kural kuvvetlendirme ya zayıflatmanın genliğini belirleyebilmesi haricinde Hebb kuralı ile benzerdir. Buna göre " eğer istenilen giriş ya da çıkışın her ikisi de aktif veya durgun ise, bağlantı boyutlarını öğrenme oranı kadar artırır, aksi halde boyutu öğrenme oranı kadar azalt", (Öğrenme fonksiyonlarının çoğunun öğrenme oranı ya da öğrenme sabiti için bazı koşulları vardır.)

- **Delta kuralı:**

En çok kullanılan kurallardan biri olan Delta Kuralı, Hebb kuralının daha geliştirilmişidir. Bu kural bir sınırın gerçek çıkışı ile istenilen çıkış değeri arasındaki farkı azaltmak için giriş bağlantı güçlerini sürekli olarak geliştirme fikrine dayanır. Bu kural ağ hatasının karesinin minimize etmek için bağlantı boyutlarını değiştirir. Hata bir önceki katmana geri çoğaltılır. Her bir zaman dilimi için bir hata şeklinde bu geri çoğaltma işlemi ilk katmana ulaşıncaya kadar devam eder. Bu tip ağ ileri beslemeli ağ olarak adlandırılır. Geri yayılım adını bu hata terimlerini toplama yönteminden türetir.

Bu kural ayrıca Windrow-Hoff öğrenme ve en küçük ortalamalar karesi kuralı olarak da adlandırılır.

- **Eğimli iniş kuralı:**

Bu kural delta kuralına benzer çünkü transfer fonksiyonun türevi bağlantı ağırlıklarına uygulamadan önce, delta hatasını düzeltmek için kullanılır. Bu kural durağan bir noktaya çok bir şekilde yaklaşmasına rağmen sıkça kullanılır. Bir ağın farklı katmanları için öğrenme oranları, öğrenme işleminin daha hızlı olmasına yardımcı olmaktadır. Bu test işleminde çıkışa yakın olan katmanların öğrenme

oranından daha düşüktür. Giriş verilerinin güçlü bir modelden çıkarılmadığı uygulamalarda, bu işlem özellikle önemlidir.

- **Kohonen öğrenme kuralı:**

Kohonen tarafından gerçekleştirilen bu yöntem için biyolojik sistemlerdeki öğrenmeden esinlenilmiştir. Bu yöntemde sinirler öğrenmek için elverişli durum ve ya ölçülerini güncellemek için yarışır. En büyük çıkış ile işlene sinir, kazananı ilan eder ve komşularına bağlantı boyutlarını güncellemeleri için izin verirler [18].

2.3 Yapay Sinir Ağlarının Oluşturulması

Yapay sinir ağları düğüm ya da sinir olarak adlandırılan çok sayıdaki işlem elemanının bir araya gelmesinden oluşur. Psikolog Frank Rosentblatt'ın öğrenme yeteneğine sahip olan bir örnek tanım aygıtını ortaya çıkarmış olduğu 1958 yılından bu yana, hiyerarşik sinir ağı en çok üzerinde çalışılmış olan bir ağ yapısı olmuştur. Bir hiyerarşik sinir ağı, düğümlerin sıralı bir şekilde art arda bağlanmasından oluşur. Bu tür ağların özelliği sahip oldukları basit dinamikleridir. Eğer giriş katmanına bir işaret girerse, bu işaret sinirler arasındaki bağlantılar yoluyla diğer katmana iletilir. Giriş katmanının düğümleri tarafından öteki katmana iletilmeden önce bu işaret üzerinde basit bir işlem yerine getirilir. Bu süreç çıkış katmanına erişinceye kadar tekrar edilir.

Yapay sinir ağlarının düğümleri ve bağlantıları değişik biçimlerde bir araya getirilebilir. Ağlar bu düğüm ve bağlantı mimarilerine göre değişik isimler alırlar.

Yapay sinir ağ mimarileri, sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ içindeki işaretlerin akış yönlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Buna göre yapay sinir ağları için, ileri beslemeli (feed forward) ve geri beslemeli (feed back veya recurrent) ağlar olmak üzere iki temel ağ mimarisi vardır.

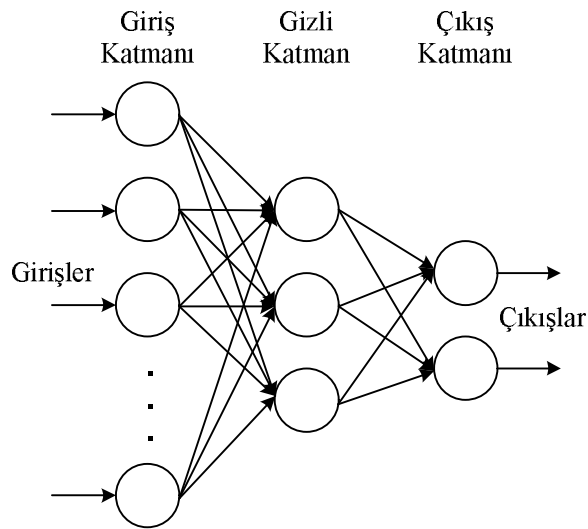
Ağ içerisindeki düğümler katmanlar halinde yerleştirilir. İlk katmandaki girişe verilen bilgi ağ içinde ileri doğru yayılır. Her katmandaki düğümlere sadece önceki katmandaki düğümlerden girişe izin verilir. Bir düğüm kendinden sonraki herhangi bir düğüme bağlanabilirlerken kendisine asla bağlanamaz. Son katmandaki işaretler ağın çıkışıdır. Geri beslemeli veya tekrarlanan ağlarda en azından bir düğümün geriye yayıldığı bir dönüş bağlantısı vardır. Tekrarlanan ağlar da tamamen veya parçalı olarak geri besleme yollarına sahiptirler. Bu tür ağların tasarımları ve davranışları oldukça karmaşıktır.

Sinir ağlarında istenen sonucun elde edilmesi için ağın uyarlanabilir olması gerekir. Bunu sağlamak için uygun değerli ağırlıklar ve doğru bağlantılar seçilmelidir. Ağ bu şartları karşılayabilmek için sistemin davranışlarını öğrenmeli ya da kendini örgütlemelidir. Öğrenme kalıcı yenilenmeler için gözlemlenebilir veya eğitim faaliyetlerinden çıkan sonuçlar olarak tanımlanabilir. Öğrenme yapay sinir ağının ayrılmaz bir parçasıdır. Öğrenme; giriş değerlerine veya bu girişlerin çıkışlarına bağlı olarak ağın bağlantı ağırlıklarını değiştiren veya ayarlayan öğrenme kuralı ile gerçekleştirilir.

2.3.1 Bir yapay sinir ağı

Gizli katmanları olmayan, sadece giriş ve çıkış katmanı olan ağlar, karmaşık işlevleri hesaplama yeteneğinden yoksundur. Bu nedenle karmaşık hesaplamalar için oluşturulan ağlarda en az bir ara katman olmalıdır. Burada her bir sinir doğrusal olmayan bir etkinlik işlevini hesaplayabilmektedir. Şekil.2.3'de bir gizli katmana sahip 3 katmanlı bir yapay sinir ağı görülmektedir.

Bu tür ağlar, giriş katmanı, bir veya birden fazla gizli katman ve çıkış katmanından oluşmaktadır. Bir katmandaki her sinir, bir sonraki katmanın bütün sinirleri ile bağlantılıdır. Aynı katmandaki sinirler arasında ileri veya geri besleme şeklinde bağlantılar yoktur.



Şekil 2.3: Yapay bir sinir(düğüm) modeli

Giriş katmanından alınan girişler, giriş katmanı ve gizli katman arasında bulunan bağlantı ağırlıkları ile çarpılıp gizli katmana iletilmektedir. Gizli katmandaki sinirlere

gelen girişler toplanarak aynı şekilde gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki bağlantı aralıkları ile çarpılarak çıkış katmanına iletilir. Çıkış katmanındaki sinirlerde kendisine gelen bu girişleri toplayarak buna uygun bir çıkış üretirler. Burada giriş katmanından çıkış katmanına doğru, gizli katmanlar üzerinden tek yönlü bir iletişim mevcuttur.

2.3.1.1 Katmanlar

Temel olarak tüm yapay sinir ağlarının basit topolojik yapıları vardır. Sinirlerin bir kısmı gerçek dünyadan girişlerini sağlarken, diğer sinirler ise ağın çıkışlarında gerçek dünyayı oluşturur. Kalan sinirlerin tümü gerçek anlamda görünmediğinden gizli katman olarak adlandırılırlar.

Şekil.2.3'de görüldüğü gibi sinirler katmanlarda öbeklenmiştir. Giriş katmanı dış çevreden giriş alan sinirleri içerir. Çıkış katmanı, sistemin çıkışı ile kullanıcı veya dış çevreye ileten sinirleri içerir. Genelde bu iki katman arasında birkaç gizli katman vardır.

Giriş katmanına bir giriş geldiğinde, sinirleri diğer katmanlara giriş olacak şekilde çıkış üretir. Bu işlem koşulları yerine getiren kesin durum oluşuncaya kadar veya çıkış katı çağırılıncaya kadar devam eder ve çıkışı dış çevreye aktarır. Gizli sinirlerin (düğümlerin) sayısı ağın en iyi çalışabileceği bir sayıda seçilmelidir. Eğer gizli sinir sayısı çok artırılırsa, istenen sonuç değerinin üzerine çıkmış olur. Bu durumda ağda genelleşme sorunu ortaya çıkacaktır.

2.3.1.2 İletişim ve bağlantı çeşitleri

Bir sinirin çıkışı diğer bir sinire giriş olarak yollarla bağlanır. Bu yollar normalde yönlü değildir. Bu nedenle iki sinir arasında iki yönlü bağlantı vardır. Sinir, birçok sinirden giriş alır fakat diğer sinirlere aktarılan bir tek çıkış üretir. Bir katmandaki sinirler kendi aralarında bağlantı kurulabilir veya hiçbir bağlantı olmayabilir.

2.3.1.3 Katmanlar arası bağlantılar

Katmanlar arasında kullanılan değişik türde bağlantılar vardır. Katmanlar arasındaki bu bağlantılar katmanlar arası bağlantı olarak adlandırılırlar. Bu bağlantı çeşitleri aşağıda kısaca anlatılmaktadır.

Tam bağlantılar: İlk katmandaki her sinir ikinci katmandaki her sinire bağlıdır.

Kısmi bağlantılar: İki katmanın bir siniri, ikinci katmandaki her sinirle bağlantılı olmamalıdır.

İleri besleme: İlk katmandaki sinirler çıkışlarını ikinci kat sinirlerine gönderir, fakat ikinci kat sinirlerinden geri bir giriş almaz.

Çift yönlü: İkinci katman sinirlerinin çıkışlarını birinci katman sinirlerine taşıyan bir başka bağlantı kümesi vardır.

İleri besleme veya çift yönlü bağlantılar tam ve ya kısmi bağlantı olabilir.

Hiyerarşik: Eğer sinir ağı hiyerarşik yapıya sahipse, düşük katmanların sinirleri bir sonraki seviyedeki katmanın sinirlerine iletilebilir.

Rezonans: Çift yönlü bağlantılı katmanlar ve kesin durum oluşuncaya kadar defalarca mesajı bağlantı üzerinden göndermeye devam edebilir.

2.3.2 Sinirler arası bağlantılar

Daha karışık yapılarda sinirler, katman içinde kendi aralarında haberleşirler.

Tekrarlamalar: bir katman içindeki sinirler tam veya kısmi olarak biri diğerine bağlı olabilir. Bu sinirler başka bir katmandan giriş aldıklarında, çıkışlar başka bir katmana göndermeden önce birinin çıkışı diğerininkine defalarca aktarılır. Genelde çıkışlarını diğer katmana iletmeden önce bazı durumlarda katmanın sinirleri arasında bağlantılar meydana gelir.

Merkezde/Çevre Dışı: bir katmandaki sinirin kendisi ve o anki komşuları için uyarım bağlantıları varken, diğer sinirler için yasaklayıcı bağlantıları vardır. Bu tür bağlantıları sinirlere rakip bir ekip olarak düşünebiliriz. Her ekip kendini ve ekip elemanlarını uyarır ve diğer ekiplerin tüm elemanlarını yasaklar. Birkaç işaret değişiminden sonra, etkin çıkış değerli sinirler kazanır: bu durumda ya kendinin ya da ekip elemanlarının boyutlarının güncellenmesine izin verilir. İki sinir arasında uyarıcı ve yasaklayıcı iki tür bağlantı vardır. Uyarıcı bağlantıda bir sinirin çıkışı bağlı bulunduğu sinirin faaliyet potansiyelini attırır. İki sinir arasında yasaklayıcı bağ var ise mesaj gönderen gönderen sinirin çıkışı alıcı sinirin faaliyet potansiyelini azaltır. Biri sonraki sinirin sayıcı mekanizmasında toplama işlemine neden olurken, diğeri çıkarma işlemine neden olur yani biri uyarırken diğeri yasaklar.

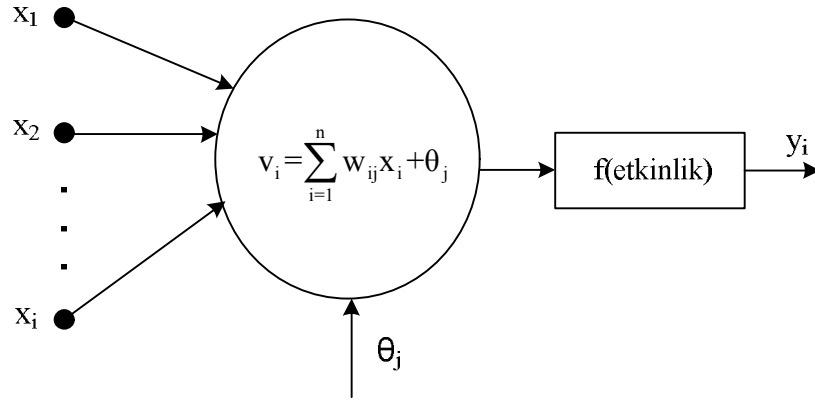
2.4 Algılayıcı

F. Rosentblatt tarafından 1960'larda sinir ağları olarak önerilmiştir. Algılayıcılar son derece sınırlı olmalarına karşın en eski sinir ağlarından biridir. Bununla birlikte mevcut algoritmalarla (geriye yayılma gibi) yakın ilişki içinde olduklarından çok ilgi çekicidirler.

2.4.1 Turing makinesi ve algılayıcı

Turing makinesi (TM) girdi çıktı haritasını hesaplayan bir makinedir. UTM ise diğer TM'leri taklit edebilen özel bir çeşit TM'dir. Bütün sayısal bilgisayarlar UTM'dir. Bu duruma göre beyni taklit etmesi için bir UTM'nin programlanması mümkündür. Algılayıcı ise bir TM'dir. Fakat bazı mantıksal işlevleri gerçekleştiremediği için bir UTM'nin gücüne sahip değildir. Bundan dolayı algılayıcı beyni taklit etme edebilme becerisine sahip olması zor gözükmemektedir.

En basit yapay sinir ağı örneği tek katmanlı ve tek sinirli bir algılayıcıdır. Bu yapay sinir ağlarının birden çok girişi ve tek bir çıkışı vardır. Çıkış değeri +1 veya -1 olmalıdır. Algılayıcı genellikle nesnelere iki ayrı sınıfa ayırmak için kullanılmıştır. Şekil 2.4'de algılayıcı örneği verilmiştir.



Şekil 2.4: Algılayıcı örneği

Algılayıcı, girişlerin ağırlıklı toplamını, eşik değeri olan θ ile karşılaştırır, ağırlıklı toplam, eşik değerinden büyükse sonuç +1 aksi durumda -1 olmakta ve çıkışta A ve B diye adlandırabileceğimiz iki karar bölgesi meydana getirmektedir. Karar durumu, eğer çıkışta +1 ise A sınıfına, -1 ise B sınıfına karşılık gelmektedir.

2.5 Delta Kuralı

Hebb tarafından 1949’da ortaya atılan bu öğrenme kuralı diğer öğrenim kurallarına yol göstermektedir. Örneğin; iki sinir birbirine bağlanır ve aynı anda harekete geçerse bu iki sinir arasındaki bağlantı daha da güçlenir.

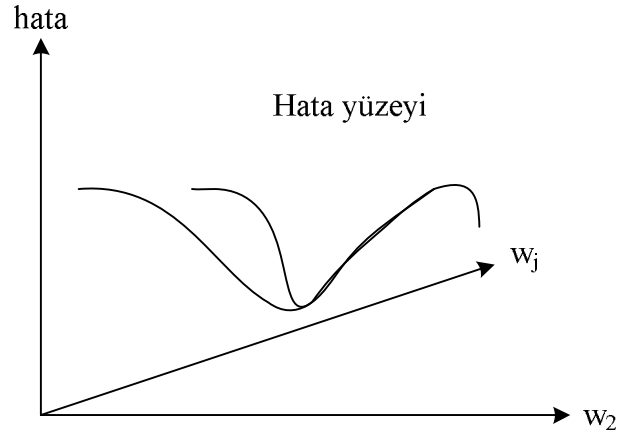
Hebb kavram ve düşüncelerin saklanan hafıza değil de sinirler arasındaki hareketlilik örnekleri olduğunu söyler. Güçlü bağ noktalarının ayarlanması ile ilgili başka bir önemli nokta şudur; ayarlamalar için gerekli olan bilgi yerel olarak bağlantılarda bulunmaktadır. Yani programcının ayrıca kurallar oluşturmasına gerek yoktur. Hebb kuralının sınırlı bir tarafı da şudur; öğrenilecek bilgiler tamamıyla birbirinden farklı olmalıdır. Öğrenme ancak o zaman gerçekleşebilir.

Hebb’in ortaya koyduğu basit kurallar 1962’de Bernard Widrow tarafından daha karmaşık bir şekilde ifade edilmiştir. Bu karmaşık kural “Widrow Hoff”, “Delta”, “Delta-Delta” veya “En küçük kareler ortalaması” olarak isimlendirilir. Bu kural kullanılarak öğrenme oldukça basit bir süreç haline getirilmektedir.

Bir yapay sinir ağındaki ağırlıklara önceden karar verilemez. Fakat hata düzeltme sistemi gerçek sonuç elde edilinceye kadar ağıdaki gerekli ayarlamaları uygun bir şekilde yapmak için kullanılabilir. Delta kuralında, çıktının gerçek sonucu istenilen sonuç ile karşılaştırılır, girdiyi harekete geçiren ağırlıklar yapılan hata miktarıyla orantılı olarak azaltılır ya da arttırılır. Burada ağırlıklarda değişiklikler yapılarak çıktıdaki sonuç gerçek sonuca daha da yaklaştırılır. Buna gerçek noktaya daha da yaklaşma adı verilir. Böylece hatanın en aza indirilmesi veya tamamen yok edilmesi sağlanır.

Bu matematiksel süreçte önce istenilen çıktı ve gerçek çıktılar arasındaki farklılıklara ve sonra da yapılan hata “eğimli iniş” adı verilen bir süreç kullanılarak en aza indirgenmeye çalışılır.

Her farklı ağırlık değeri için hata değeri değişir. Bütün bu hata değerleri hata yüzeyi oluşturur. 2 ağırlık değerinden her biri için ayrı ayrı hata dereceleri olur ve bunlarda grafikte gösterilirse şekil 2.5’deki sonuç ortaya çıkar.



Şekil 2.5: Hata yüzeyinin üstten görünüşü (w_1 ve w_2 'ye göre)

Ağırlık uygulamaları iki şekilde yapılır. Birincisi; bütün girdi ve çıktılar ağırlık uygulanır, değişiklikler daha sonra yapılır ve ağırlıklara son şekil verilir. İkincisi; çevrim içi olarak adlandırılan ve delta kuralında kullanılan yoldur. Her bir girdi ve çıktı geçişinden sonra ağırlıklara son şekiller verilir.

Yapay sinir ağlarının çıkışları genellikle birden fazla çıktı düğümünden oluşmaktadır. Bu durumda toplam ağ hata değerinin hesaplanması biraz farklı olacaktır. Bu tür ağlarda, ağın doğrudan çıktı düğümüne bağlı bir girdi düğümü olacaktır. Bu tür ağlarda, ağın doğrudan çıktı düğümüne bağlı bir girdi düğümü olacaktır. Böylece bir düğümün etkinlik düzeyi, diğer düğümlerden alınan girdiye göre hesaplanır, ölçülür ve bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Alınan girdiler eşik değerini aşarsa düğüm harekete geçer. Hata miktarı, verilen bir girdi örneğinin çıktısına bakarak uygulanır ve daha sonra gerçek değer, bir hata değeri bulmak için istenilen değerle karşılaştırılır. Delta kuralı buna biraz daha katkıda bulunur ve hataya eklenen bu miktar ϵ ile gösterilir. Hata düzeltilmekle kalınmaz tamamen yok edilir. Hata değeri yapılan değişiklikten sonra sabit d değeri ile çarpılır ve elde edilen sonuca düzeltme faktörü denir. Bu bütün hataların değil sadece d ile orantılı bir miktarda hatanın düzeltilmesi anlamına gelir. ϵ ve d nin değerleri için kurallar değişmez değildir. İstenilen çözüme hızlı bir şekilde ulaşmak amacıyla gerekli düzeltmeleri sağlayan değerleri bulmak için deneme yanılma yöntemi kullanılmalıdır.

Eğer bir çıktı düğümü için gerçek çıktı değeri istenilen çıktı değerine eşit değilse ağırlıkların ayarlanması delta kuralına göre şu şekildedir:

1. Çıkış düğümündeki hata bulunur (gerçek değer ile istenilen değer arasındaki fark)
2. Düzeltme faktörü bulunur. $(E + \varepsilon)d$
3. Aşağıdaki kurala göre etkinliklere başlayan düğümler için ağırlıkları yeniden düzenlenir.
 - a. Eğer çıktı düğümü 0 ise ve istenilen değer 1 ise ağırlıklar artırılır.
 - b. Eğer çıktı düğümü 1 ise ve istenilen değer 0 ise ağırlıklar azaltılır.

2.5.1 Delta kuralının algoritması

Girdi düğümleri doğrudan çıktı düğümlerine bağlı bir ağ için şu tanımları bilmek gereklidir.

$U_j = 1$. giriş ya da çıkış düğümü

$w_{ij} = U_j$ düğümünün U_i düğümü üzerindeki ağırlığı ve ya etkisi

$a_i = U_i$ düğümü için o andaki etkinlik durumu

$d_i = U_j$ düğümü için istenilen etkinlik durumu

Hata miktarını en aza indirmek için, gerçek çıktılarla istenilenler karşılaştırılır. Her düğüm, $a_i = d_i$, i düğümü için istenilen değer ve gerçek değer arasındaki fark bulunur.

Tüm ağdaki hataya genellikle E ile gösterilir ve şu şekilde yazılabilir.

$$E = \frac{1}{2} \sum (v_i - z_i)^2 \quad (2.1)$$

Burada; v_i istenilen çıktı örneği, z_i gerçek çıktı örneğidir. İstenilen çıktı ve gerçek çıktı arasındaki farkın büyük bir kısmını oluşturan ve her örnek için karekökü alınmış ve dört işlem uygulanmış bir değer aranır. Bu matematiksel eşitlik bilindiği gibi en küçük kareler yöntemidir.

Bir düğümde elde edilen girdiler eşik değerini aştığında düğüm harekete geçer.

Eşik noktası θ ile gösterilir. Her bir U_i giriş düğümü her bir U_j çıkış düğümüne bağlanırsa, U_j düğümünün etkinliklerine başlayıp başlamadığını anlayabilmek için aşağıdaki formül kullanılır. Toplamda N düğümleri vardır.

$$a_1 w_{i1} + a_2 w_{i2} + a_3 w_{i3} + \dots + a_N w_{iN} > \theta$$

U_j düğümü ile sağalana girdilerin hepsinin toplamı düğüm etkinliklerine başlamadan önce, eşik değerini aşmamalıdır.

U_j çıktı düğümünün etkinliklerini a_i belirler.

Çıktı düğümlerinin gerçek değerleri ve istenilen değerleri arasındaki fark için de eğer istenilen değer gerçek değere eşit değilse gerçek değer ağırlıklarının ayarlanması gerekir. Böylece bütün girdi düğümlerinden elde edilen toplam girdi miktarı eşik değerinden ya da daha az ya da daha fazladır. Ağırlıklar düğümlerin etkinlik düzeyleri ile çarpılır ve U_j düğümü için hata E_i ; eşik değeri ve sonuç toplam girdi arasındaki fark olarak alınır. Ağırlık ifadeleri

$$a_1w_{i1}+a_2w_{i2}+a_3w_{i3}+\dots+a_Nw_{iN}-\theta>0$$

Şeklinde verilir.

Buradan da görüleceği gibi hata değeri 0 dan büyüktür. Yapay sinir ağlarında hatanın yok edilmesi ya da istenilen sonuca hızlı bir şekilde ulaşmak için ϵ ve d ile gösterilen sabi değerler kullanılmaktadır.

Delta kuralının algoritması şu şekilde özetlenebilir:

1. $E_i=0-(a_1w_{i1}+a_2w_{i2}+a_3w_{i3}+\dots+a_Nw_{iN}-\theta)$ hata

2. $(E_r+\epsilon)d$ düzeltme faktörü

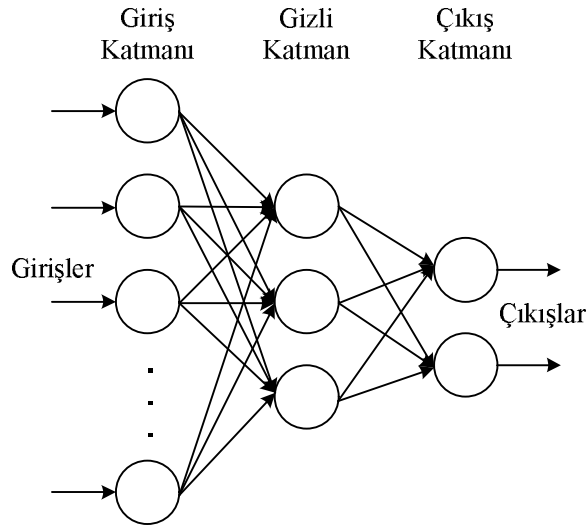
3. etkinliklerine başlayacak düğümler için;

Eğer $a_i=0$ ve $d_i=1$ ise $w_i=w_i+(E_r+\epsilon)d$

Eğer $a_i=0$ ve $d_i=0$ ise $w_i=w_i-(E_r+\epsilon)d$

2.6 İleri Beslemeli Ağlar

Reel değerli n boyutlu girdi özel vektörleri şu şekilde ifade edilir; j gizli katman siniri, i girdisini $w_{ij}=(1,2,\dots,n,j=1,2,\dots)$ ağırlığına göre alır. j birimi x girdi işaretinin ve w_{ij} ağırlıklarının bir işlevini hesaplayıp, sonucu sonraki tüm komşu sinirlere iletir. İlk gizli katman gibi ikinci gizli katman sinirleri de ağırlıklarla önceki katmana tam bağlıdır. Bu sinirler de girişlerin ve girişlerin ağırlıklarının bir işlevini hesaplayıp sonucu sonraki aşamaya aktarır. Bu işlem çıkış katmanındaki sinirler tarafından da yapıldıktan sonra tamamlanır. Bu ağlar, çok katmanlı ileri beslemeli ağlar olarak isimlendirilir. Şekil 2.6'da çok katmanlı ileri beslemeli bir ağ yapısı görülmektedir.



Şekil 2.6: Çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı

Çok katmanlı ileri beslemeli ağlar, rastgele $g:R^n \rightarrow R^m (g(x)=z)$ yapılanmalarını gerçekleştirdikleri için oldukça yaygın bir kullanım alanını bulmuşlardır.

Widrow-Hoff ve en küçük ortalama kareler veya delta öğrenme kuralı, doğrusal etkinlik işlevleri için tanımlanmasının dışında, algılayıcı öğrenme algoritmasına benzer. Gerçekte türevi alınabilir etkinlik işlevi kullandığımız için, eğimli iniş öğrenme yönteminin gerçekleştirilebileceği bir türevi alınabilir hata işlevi tanımlanabilir.

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_j x_{ij} \quad (2.2)$$

2.7 Geri Beslemeli Ağlar

Geri beslemeli ağ mimarileri, genellikle danışmansız öğrenme kurallarının uygulandığı ağlarda kullanılmaktadır. Geri beslemeli ağlarda isminden de anlaşılacağı gibi bir tür geri besleme işlemi vardır. Hopfield ağı, bu tür mimariye sahip bir yapay sinir ağıdır. Şekil 2.7’de geri beslemeli bir Hopfield ağı görülmektedir. Bu tür ağlarda bir sinirin çıkışı diğer her bir sinirin girişine bağlıdır. i . Sinirin dış girdisi x_i , çıkışı y_i j sinirinin çıkışı ile i . Siniri arasındaki bağlantının ağırlığı ise W_{ij} ile gösterilmektedir. Ağın çalışması,

$$\frac{du_i}{dt} = -u_i + \sum_{i=1}^n w_{ij} y_i + x_i \quad (2.3)$$

eşitliği ile tanımlanır.

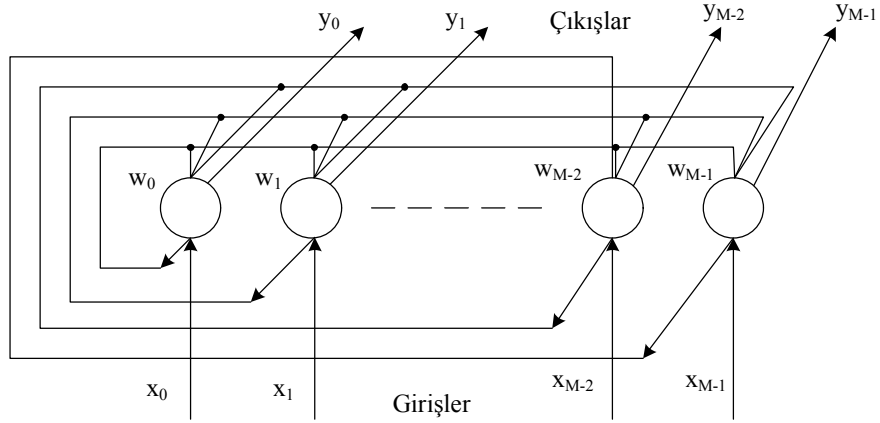
Burada $y_i = g(u_i)$ ve

$$g(x) = \frac{1}{2} \left(\tanh \left(\frac{x}{a_0} \right) + 1 \right) \text{ ile verilir.}$$

$a_0 = 0$ olması durumu katı sınırlayıcı transfer işleve karşılık gelir. a_0 değeri yeterince küçük ise, ağırlıkların simetrik yani tüm i ve j 'ler için $w_{ij} = w_{ji}$ olması durumunda Hopfield ağı

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} y_i y_j - \sum_{i=1}^n y_i x_i \quad (2.4)$$

şeklinde bir sistem enerji işlevini en küçük duruma getirecek şekilde davranır ve bu enerji işlevinin bir yerel minimuma karşılık gelen kararlı duruma ulaşır [19].



Şekil 2.7: Hopfield Ağı

3. MİKROŞERİT FİLTRELER

Elektrik mühendisliğinde filtre kullanımının temeli, özellikle alıcılardaki gürültü girişlerini ve vericilerdeki parazit yayılımını azaltarak sinyal spektrumunu ayarlamaktır. Elektriksel filtrelerin kullanımı sadece sinyal spektrum cevaplarının genliğini ayarlamak ile sınırlı değildir, aynı zamanda faz cevaplarını değiştirmek için de kullanılmaktadırlar. Filtre teorisinin temelleri, sinyal spektrumu olarak adlandırılan, trigonometrik seriler ile temsil edilen keyfi fonksiyonları meydana getiren büyük Fransız matematikçi Jean Baptiste Joseph Fourier 'in tarafından oluşturulmuştur. Bir filtrenin sürekli, liner bir sistemdir. Elektrik mühendisliğinde filtreleme bir alıcının giriş bölümünde tasarlanarak kullanılabilirdiği gibi, istenmeden de bir mikrodalga sinyalinin iletim yolunda kullanılabilir. Her fiziksel sistem bir bakıma hangi amaçla yapılsa yapılsın bir sinyal, bir giriş, bir çıkış ve bir iletim yoluna sahip olduğunda filtreleme işlemini gerçekleştirir. Sinyaller elektriksel ve ya mekanik titreşimler olabilir .

Genel olarak mikrodalga filtreleri, koaksiyel hatlar ve dalga kılavuzu kullanarak yapılmaktadır. Bunun yanı sıra günümüzde baskı devre teknolojisi ve modelleme tekniklerinde muazzam büyümler olması nedeniyle, birkaç örnek dışında genellikle baskı devreler kullanılarak üretim yapılmaya başlanmıştır. Baskı devre filtreler dikdörtgen ve koaksiyel dalga kılavuzu filtrelerine göre düşük maliyet, yinelenebilirlik, yüksek doğruluk ve kompakt boyutlar gibi özellikleri ile avantajlara sahiptir. Yinelenebilirlik ve yüksek doğruluk fotolitografik tekniklerin kullanımı ile sağlanmaktadır. Yüksek dielektrik sabitli alt tabakaların seçimi ile baskı filtreler boyutları önemli ölçülerde azaltılmış olur ve compact boyutlar sağlanır. Buna ek olarak baskı filtreler ileri tam dalga elektromanyetik simülasyon teknikleri ile doğru bir şekilde tanımlanabilir. Baskı devrelerin diğer bir avantajı aktif devreler ile kolayca tümleşmeleridir; yani bu filtreler transistör amplifikatör, osilatör ve diğer devreler ile aynı tabaka üzerinde üretilebilirler. Filtreler transistör yükseltici, osilatör ve diğer devreler ile aynı tabakadan üretilebilir. Baskı devrelerin bir dezavantajı bazı

durumlarda dielektrik kayıpları ve metalleşmeden kaynaklı yüksek araya girme kaybının oluşmasıdır. Bu nedenden dolayı baskı filtrelerin yüksek güç ve düşük kayıp gerektiren uygulamalar için kullanılması uygun olmayabilir. Sonuçta yüksek güç ve düşük kayıplar istendiğinde bu baskı filtreler uygulamalar için uygun olmayabilir. Baskı filtreler şerit hat ya da mikroşerit hatlar kullanılarak tasarlanırlar. Basamak empedans, inter dijital ve kuplajlı hat filtreleri baskı filtre yapıları arasında en yaygın olarak kullanılanlarıdır. İlk yöntemde transmisyon hatlarının genişlikleri değiştirilerek periyodik yapılarda alçak geçiren filtre elde etmek için seri indüktans ile paralel kapasite ard arda bağlanırlar. İkinci yöntemde çeyrek dalga uzunluğundaki transmisyon hatları inter dijital formda düzenlenir. Son yöntemde band geçiren filtre elde etmek için kaskat bağlı çeyrek dalga uzunluğundaki kuplajlı transmisyon hatları kullanılır [20].

3.1 Temel Kavramlar Ve Filtre Teorisi

Bu bölümde mikroşerit filtreleri içeren genel RF/mikrodalga filtrelerin tasarımında altyapı oluşturmak için temel kavramlar ve teoriler tanımlanmaktadır.

3.1.1 Transfer fonksiyonları

3.1.1.1 Genel tanımlar

İki kapılı filtre devrelerinin transfer fonksiyonları S_{21} 'in matematiksel ifadesidir. Kayıpsız pasif filtre devreleri için transfer fonksiyonun genliğinin karesi

$$S_{21}(j\Omega)^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 F_n(\Omega)^2} \quad (3.1)$$

(3.1)'de verilmiştir. (3.1)'de ε dalgalanma katsayısını, $F_n(\Omega)$ filtrenin karakteristik fonksiyonu ve Ω frekans değişkenini temsil eder. Burda ele alınan tanımlar radyan cinsinden frekans değişkeni ile temsil edilen ve Ω_c kesim frekansına sahip alçak geçiren filtre prototipi için uygundur.

Lineer ve zamanla değişmeyen devreler için transfer fonksiyonu (3.2)'de gösterildiği gibi rasyonel bir fonksiyon olarak ifade edilebilir.

$$S_{21}(p) = \frac{N(p)}{D(p)} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte $N(p)$ ve $D(p)$ kompleks frekans değişkeni $p=\sigma+j\Omega$ nin polinomlarıdır. Kayıpsız pasif devreler için, neper frekansı $\sigma=0$ ve $p=j\Omega$ olur. İstenen cevaba yakın cevap karakteristiğini üreten gerçekleştirilebilir rasyonel fonksiyonu bulmak için yaklaşım problemi kullanılır ve birçok durumda rasyonel transfer fonksiyonu (3.1)'de verilen eşitlik kullanılarak bulunur.

(3.1)'de verilen transfer fonksiyonu için filtrelerin araya girme kaybı

$$L_A(\Omega)=10\log\left(\left|S_{21}(j\Omega)\right|^2\right) \text{ dB} \quad (3.3)$$

ile hesaplanır.

Kayıpsız, pasif iki kapılı devreler için $|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2 = 1$ olduğundan filtrenin yansıma kaybı cevabı

$$L_R(\Omega)=10\log\left(1-|S_{21}(j\Omega)|^2\right) \text{ dB} \quad (3.4)$$

kullanılarak bulunabilir.

Eğer transfer fonksiyonu kullanılırsa, filtrenin faz cevabı

$$\phi_{21}=\text{Arg}S_{21}(j\Omega) \quad (3.5)$$

olarak bulunur.

Bu devrenin grup gecikme hızı ise

$$\tau_d(\Omega)=\frac{d\phi_{21}(\Omega)}{-d\Omega} \quad (3.6)$$

ile hesaplanır. (3.6)'da $d\phi_{21}(\Omega)$ radian cinsinden verilir ve Ω radian/sn'dir.

3.1.1.2 Kompleks düzlemde kutuplar ve sıfırlar

Rasyonel fonksiyonun tanımlı olduğu (σ, Ω) düzlemi kompleks düzlem ya da p düzlemi olarak adlandırılır. Bu düzlemin yatay eksen reel eksen ya da σ eksen, dikey eksen ise imajiner ya da $j\Omega$ eksen olarak adlandırılır. Fonksiyonun sıfır olduğu p değerleri fonksiyonun sıfırları, fonksiyonun sonsuz olduğu p değerleri ise fonksiyonun kutupları olarak adlandırılır. Bu nedenle $S_{21}(p)$ 'nin sıfırları $N(p)$ 'nin (numaratör) kutupları ve $S_{21}(p)$ 'nin kutupları ise $D(p)$ 'nin (denumaratör) kökleridir.

Bu kutuplar cevabı $S_{21}(p)$ ile ifade edilen filtrenin doğal frekansı olacaktır. Filtrenin kararlı olması için, bu doğal frekansların p düzleminin sol yarı düzleminde yer alması gerekir.

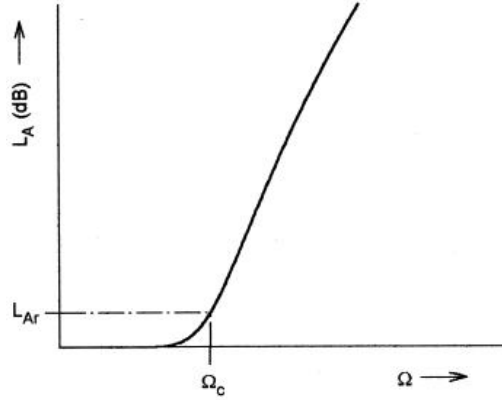
Rasyonel transfer fonksiyonun kutupları ve sıfırları p düzlemine bağlıdır.

3.1.1.3 Butterworth cevabı

Kesim frekansı $\Omega_c=1$ ve araya girme kaybı $L_{Ar}=3.01$ dB olan Butterworth filtreler için transfer fonksiyonun genliğinin karesi

$$|S_{21}(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1+\Omega^{2n}} \quad (3.7)$$

ile verilir. (3.7)'de n filtre derecesini yani alçak geçiren filtre prototipinde kullanılacak olan pasif eleman sayısını temsil etmektedir.



Şekil 3.1: Butterworth alçak geçiren cevabı

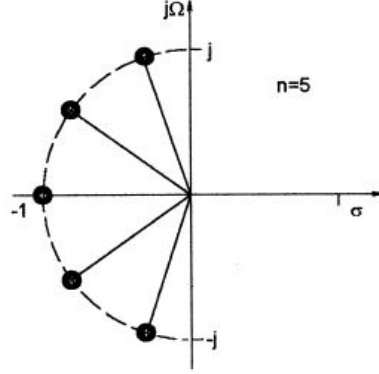
Rasyonel transfer fonksiyonu (3.7)'den faydalanılarak

$$|S_{21}(p)| = \frac{1}{\prod_{i=1}^n (p-p_i)} \quad (3.8a)$$

$$p_i = j \exp \left[\frac{(2i-1)\pi}{2n} \right] \quad (3.8b)$$

şeklinde elde edilir.

Sonlu-frekanslı transmisyon sıfırı yoktur ve $|p_i|=1$ ve $\text{Arg } p_i=(2i-1)\Pi/2n$ olduğundan kutuplar eşit açılı aralıklarla sol yarı düzlemdeki birim çember üzerinde yer almaktadır.



Şekil 3.2: Butterworth cevabı için kutupların dağılımı

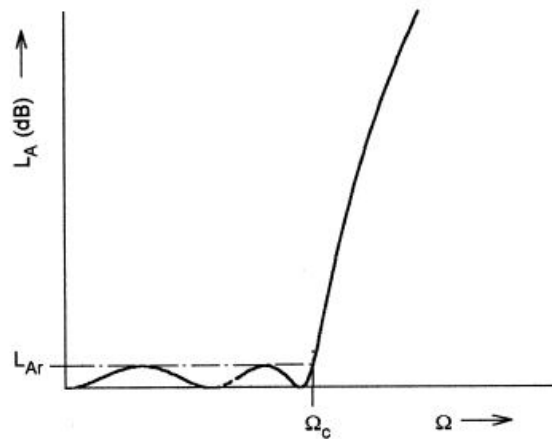
3.1.1.4 Chebyshev cevabı

Şekil’de görülmekte olan Chebyshev cevabı geçme bandında eşit dalgalanmalı ve tutma bandında düz bir karakteristik sergiler. Chebyshev cevabı için gerekli transfer fonksiyonun genliğinin karesi

$$|S_{21}(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1+\varepsilon^2 T_n^2(\Omega)} \quad (3.9)$$

şeklinde elde edilir. (3.9)’da ε verilen geçme bandı dB cinsinden L_{Ar} değerine bağlı olarak ile ilgili dalgalanma katsayısıdır.

$$\varepsilon = \sqrt{10^{\frac{L_{Ar}}{10}} - 1} \quad (3.10)$$



Şekil 3.3: Chebyshev alçak geçiren filtre cevabı

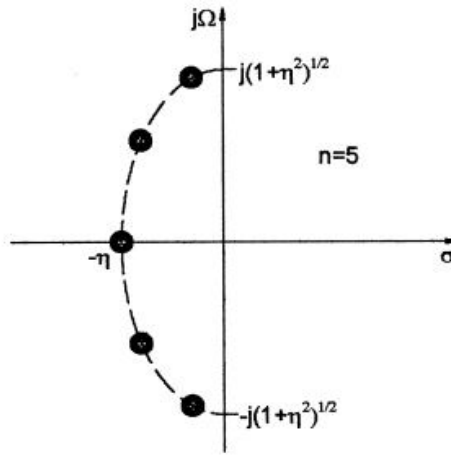
Bu nedenle (3.11) ile gerçekleştirilen filtreler genellikle Cebyshev filtreleri olarak bilinir. Rhodes [21] nolu çalışmada Chebyshev filtreleri için (3.9) kullanarak rasyonel transfer fonksiyonunun genel formülü türetilmiştir (3.12).

$$|S_{21}(p)| = \frac{\prod_{i=1}^n \left[\eta^2 + \sin^2(i\pi/n) \right]^{1/2}}{\prod_{i=1}^n (p+p_i)} \quad (3.12a)$$

$$p_i = j \cos \left[\sin^{-1} j \eta + \frac{(2i-1)\pi}{2n} \right] \quad (3.12b)$$

$$\eta = \sinh \left(\frac{1}{\eta} \sinh^{-1} \frac{1}{\epsilon} \right) \quad (3.12c)$$

Butterworth cevabına benzer şekilde bütün transmision sıfırları sonsuzda yer almaktadır. Bu nedenle Butterworth ve Chebyshev filtreleri kutup filtreleri olarak da adlandırılırlar. Ancak Chebyshev için kutupların dağılımı farklıdır ve kutuplar sol yarı düzlemde elips şeklinde yer almaktadır. Elipsin büyük eksen imajiner eksen üzerinde yer almaktadır ve boyutu $\sqrt{1+\eta^2}$ dır, küçük eksen reel eksen üzerinde yer alır ve boyutu η dır. 5. derece için kutup dağılımı şekil 3.4'de görülmektedir.



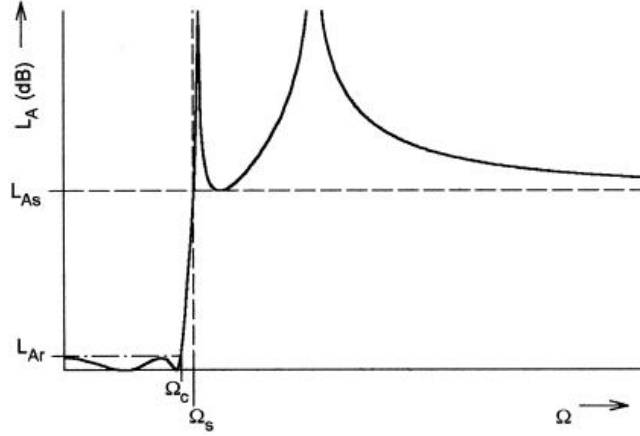
Şekil 3.4: Chebyshev cevabı için kutup dağılımı

3.1.1.5 Eliptik fonksiyon cevabı

Hem tutma hem de geçme bandının her ikisinde de eşit dalgalanmalara sahip olan cevap eliptik fonksiyon cevabıdır (şekil 3.5). Bu cevap türü için transfer fonksiyonu

$$|S_{21}(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 F_n^2(\Omega)} \quad (3.13a)$$

ile verilir.



Şekil 3.5: Eliptik fonksiyonu alçak geçiren cevabı

$$F_n(\Omega) = \begin{cases} M \frac{\prod_{i=1}^{n/2} (\Omega_i^2 - \Omega^2)}{\prod_{i=1}^{n/2} (\Omega_s^2 / \Omega_i^2 - \Omega^2)} & n \text{ çift} \\ N \frac{\Omega \prod_{i=1}^{(n-1)/2} (\Omega_i^2 - \Omega^2)}{\prod_{i=1}^{(n-1)/2} (\Omega_s^2 / \Omega_i^2 - \Omega^2)} & n \geq 3 \text{ tek} \end{cases} \quad (3.13b)$$

Ω_s parametresi, tutma bandında eşit dalgalanmanın başladığı frekanstır. Çift n değerleri için $F_n(\Omega_s) = M$ belirlenen geçme bandı dalgalanma katsayısı için tutma bandındaki minimumun belirlenmesinde kullanıldığından gereklidir [22].

4. YSA İLE FİLTRE TASARIMI

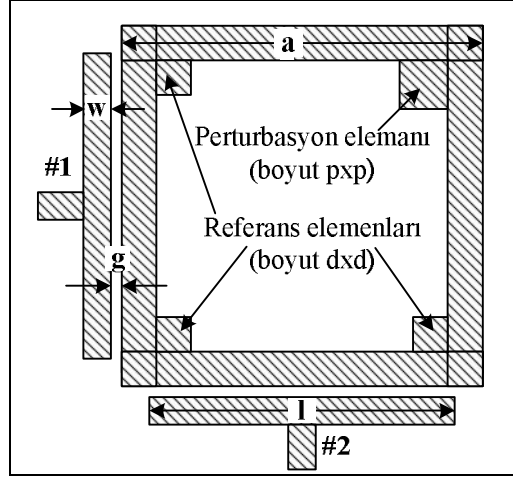
Son yıllarda Yapay Sinir Ağlarına (YSA) dayalı bilgisayar destekli tasarım yaklaşımı mikrodalga modelleme, simülasyon ve filtre optimizasyonunda kullanılmaya başlanmıştır. Simüle edilen veya ölçülen mikrodalga verileri ile uygun YSA modelleri kullanılarak hızlı, doğru, güvenilir bir uygulama elde edilmesi mümkün olabilmektedir. YSA modelleri ile eğitim işlemi gerçekleştirilerek, mikrodalga devre tasarımında kullanılan aktif ya da pasif elemanların yoğun fiziksel/elektromanyetik modellerinin hesaplanma süresinin kısaltılması gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca eğitilmiş YSA modellemeleri mikrodalga devre elemanlarının ve mikrodalga filtrelerinin tasarım, simülasyon, optimizasyon ve sentez işlemlerinde de kullanılabilir. [23]-[25]

Mikrodalga filtre tasarımlarında eşdeğer devre modeline dayalı olan sentez metodu kullanılan bir yöntemdir. Fakat eşdeğer devre modelinin doğruluğu her zaman yeteri kadar iyi olmayabilir. Bir EM simülatör, eşdeğer devre modelinde göz ardı edilen dispersiyon ve karşılıklı kuplaj etkilerini dikkate aldığı için doğru bir modelleme gerçekleştirebilir. Ancak elektromanyetik simülasyon programları genellikle hesaplama açısından oldukça yoğundur ve fazla zaman gerektirir. Bu gibi nedenlerle mikrodalga filtre tasarımında eğitilmiş yapay sinir ağları (YSA) kullanımı günümüzde uygun bir teknik olarak görülmektedir.

Bu bölümde, YSA modelleme tekniği kullanılarak “Çift Mod Mikroşerit Rezonatörlü Filtre Tasarımı” ile “Dahili Beslemeli Mikroşerit Lineer Faz Filtrelerin Optimizasyonu” gerçekleştirilmiştir.

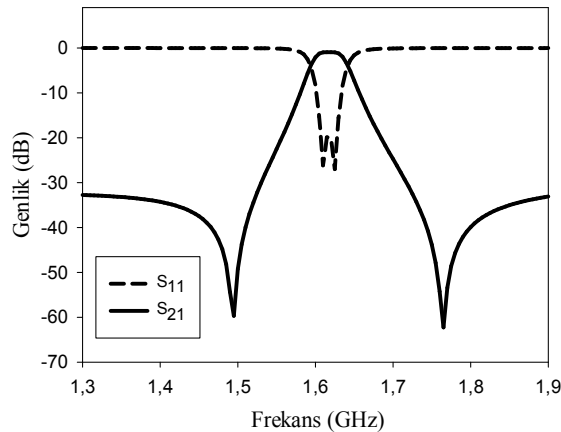
4.1 Mikroşerit Çift Modlu Rezonatör Filtre Yapılarının Optimizasyonunun Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Modellenmesi

4.1.1 Filtre yapısı



Şekil 4.1: Yama elemanlı çift mod mikroşerit halka rezonatör

Mikroşerit halka rezonatörün dört köşesinde bulunan kare yamalarla oluşturulan çift mod rezonatörde, bu yama elemanlarından bir tanesi perturbasyon diğerleri ise referans elemanlar olarak adlandırılır (Şekil 4.1). Bu tasarımda, referans elemanlarının boyutu (d) sabit tutulup geçme bandı değiştirilmeksizin, perturbasyon boyutunun (p) değişimi incelenerek transmisyon sıfırlarının oluşumu ya da yok edilmesi sağlanmaktadır. Böylece filtre karakteristiğinin eliptik ya da Chebyshev olarak belirlenmesi, perturbasyon boyutunun ayarlanması ile gerçekleştirilebilmektedir [26].



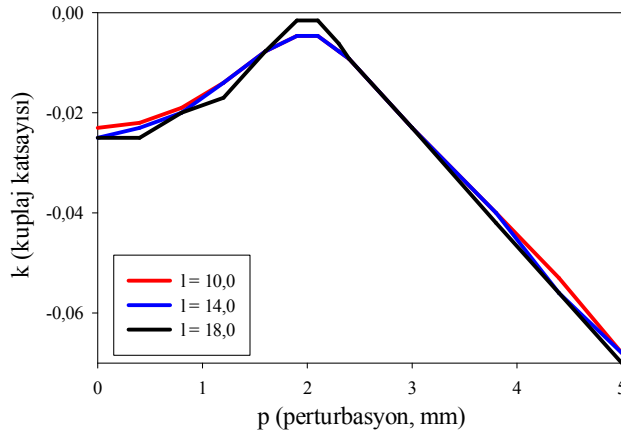
Şekil 4.2: Simülasyon Sonucu ($\epsilon_r = 10.8$, $h = 1.27$ mm, $a = 20$, $w = 2$ mm, $g = 0.25$ mm, $d = 2$ mm, $p = 2.6$ mm, $l = 18$ mm)

Perturbasyon boyutu (p) bir yandan çift mod halka rezonatörün kutup ve sıfırlarının yerleşimini kontrol ederken, diğer yandan da mod ayrışımını kontrol etmektedir. Mod ayrışımını gözlemlemek için farklı perturbasyon boyutuna sahip mikroşerit halka rezonatör tam dalga EM simülasyon programı kullanılarak simüle edilmiştir. Tam dalga EM simülasyon programından elde edilen uygun bir sonuç Şekil.4.2’de gösterilmektedir. Simülasyon programı olarak SONNET EM elektromanyetik simülasyon programı kullanılmıştır [27].

Referans elemanlarının boyutuna bağlı olarak farklı perturbasyon boyutları ile 2 farklı filtre karakteristiği görülmektedir. Bu durum ayrılan 2 modun rezonans frekansı arasındaki ilişki kullanılarak hesaplanan kuplaj katsayısından da görülebilmektedir. Kuplaj katsayısı;

$$k = \frac{f_{02}^2 - f_{01}^2}{f_{02}^2 + f_{01}^2} \quad (4.1)$$

ile tanımlanır. Dejenere modlar arasındaki kuplaj katsayısının perturbasyon boyutu (p) ve kuplaj kolu uzunluğuna (l) bağlı olan değişimi Şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.3: Farklı kuplaj kolu uzunlukları (10, 14, 18 mm) için perturbasyon boyutuna bağlı olarak kuplaj katsayısı değişimi

4.1.2 YSA model

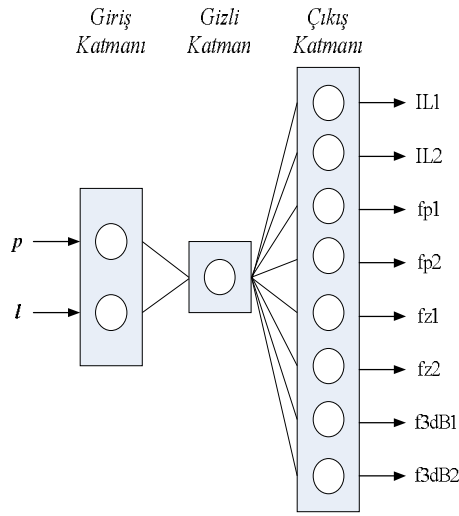
Tasarımı gerçekleştirilecek filtre karakteristiğinin referans elemanının boyutuna bağlı olarak eliptik ya da Chebyshev olarak değişmesi nedeniyle, bu çalışmada referans elemanı boyutundan küçük perturbasyon boyutları ile referans elemanı boyutundan büyük perturbasyon boyutlarındaki mikroşerit halka rezonatör yapısı için 2 farklı YSA model kullanılmıştır.

Perturbasyon boyutunun referans eleman boyutundan büyük olduğu mikroşerit yapı tasarımında kullanılan YSA model yapısı Şekil 4.4’de verilmiştir. Bu model yapı, 2 giriş, 1 gizli katman (hidden layer) ve 8 çıkıştan oluşan “Multilayer Perceptron” Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) YSA yapısıdır.

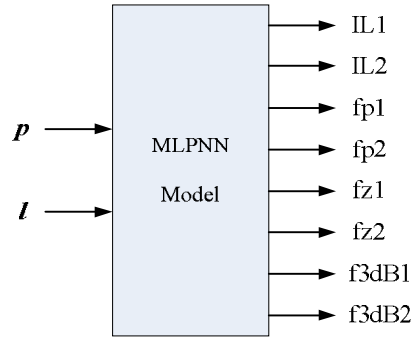
Bu modelde, perturbasyon boyutu (p) ve kuplaj kolu uzunluğu (l) giriş parametrelerini oluştururken, sırasıyla mikroşerit halka rezonatörün kutup ve sıfırlarının yeri (fp_1, fp_2, fz_1, fz_2), 3dB noktalarının frekansı (f_{3dB1}, f_{3dB2}) ve araya girme kaybı seviyelerine (IL_1, IL_2) ait ölçüm noktaları çıkış parametrelerini oluşturmaktadır. Perturbasyon boyutunun referans eleman boyutundan küçük olduğu mikroşerit yapı tasarımında kullanılan YSA model yapısı ise 2 giriş, 1 gizli katman (hidden layer) ve 6 çıkıştan oluşan Çok Katmanlı Algılayıcı YSA model yapısıdır. Burada, perturbasyon boyutu (p) ve kuplaj kolu uzunluğu (l) giriş parametrelerini oluştururken, sırasıyla mikroşerit halka rezonatörün kutuplarının yeri (fp_1, fp_2), 3dB noktalarının frekansı (f_{3dB1}, f_{3dB2}), araya girme kaybı seviye (IL_1, IL_2) noktaları çıkış parametrelerini oluşturmaktadır. Modelin giriş ve çıkış değerleri YSA modelini geliştirmek için SONNET EM simülasyon sonuçlarından alınmaktadır. Lineer olmayan aktivasyon fonksiyonlarından oluşan gizli katman çoklu giriş ve çıkışlar arasındaki kompleks giriş çıkış ilişkisinin modellenmesini sağlamaktadır.

YSA model gelişimi, verilerin seçimi, analizi ve işlenmesi ile başlar. Verilerin işlenmesi için her bir simülasyona ait sonuçların giriş-çıkış çifti olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda elde edilen simülasyon sonuçlarına ait tüm verilerin eğitim ve test verileri olarak nasıl ayrılacağı da öncelikle belirlenmelidir. Bu çalışmada $p < d$ için toplam 306, $p > d$ için ise toplam 357 simülasyon yapılmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçlarına göre eğitilecek verilerin, girişlerin değişimlerine bağlı olarak istenilen filtre karakteristik özelliklerini ortaya koyabileceği oranı sağlamak için her bir modelde toplam verilerin yaklaşık olarak %70’i eğitim, %24’ü test ve %7’si de sonuçların karşılaştırılması için ayrılmıştır. YSA model, filtre karakteristiğine uygun olarak giriş ve çıkışlara ait veri çiftleri ile eğitilir ve gizli katmandaki vektör nöron yapıları düzenlenerek çıkış vektörleri hesaplanır. (Bu çalışmada $p > d$ çift modlu filtre karakteristiği için oluşturulan YSA modelde gizli katmandaki nöron sayısı 12 olarak, $p < d$ çift modlu filtre karakteristiği için oluşturulan YSA modelde de gizli katmandaki nöron sayısı 10 olarak alınmıştır.) YSA model çıkışları EM simülasyon sonuçlarından alınan sonuçlar ile karşılaştırılır

ve hatalar hesaplanır. Eğitim işlemi hatalar belirlenen değerin altına düştüğünde sona erer.



(a)



(b)

Şekil 4.4: ÇKA YSA modelleri

Bu çalışmada model yapının uygunluğunun test edilebilmesi amacıyla farklı aktivasyon fonksiyonları ile çalışmalar yapılmıştır. Tek ve iki gizli katman kullanılarak elde edilen ve perturbasyon boyutunun referans eleman boyutundan büyük olduğu yapılar için %1 ve %0.2 minimum karesel hatalarda elde edilen değerler Tablo A.1’de, tek ve iki gizli katman kullanılarak elde edilen ve perturbasyon boyutunun referans eleman boyutundan küçük olduğu yapılar için %1 ve %0.2 minimum karesel hatalarda elde edilen değerler Tablo A.2’de verilmiştir. Tablo A.3, Tablo A.4, Tablo A.5 ve Tablo A.6’da ise farklı YSA modelleri için, EM Simülasyon modeli ve deneysel çalışma sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Bu çalışmada simulasyon yoluyla elde edilen veriler Neuro Solutions programı kullanılarak modellenmiştir [28].

Bu çalışmada, mikrodalga filtrelerin bilgisayar destekli tasarımlarında ihtiyaç duyulan optimizasyon işlemleri açısından işlem kolaylığı ve hesaplama süresinin azaltılması vb. konularda avantaj sağlayan YSA uygulamalarının çift modlu mikroşerit filtre yapılarına uygulanması gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, literatürde mevcut çift modlu mikroşerit filtre yapıları referans alınarak Sonnet EM Simülatör yardımıyla veriler üretilmiş ve daha sonra bu veriler YSA için kullanılan Neuro Solutions programı kullanılarak tek ve iki katmanlı MLP ağ modeli kullanılarak eğitilmiş ve filtre için frekans cevabını inceleyebilecek nitelikte çıkış parametreleri tanımlayarak YSA modeli gerçekleştirilmiştir. %1 ve %0.2'lik sabit minimum karesel hata oranları için her iki model kullanılarak tekrarlı eğitim sayıları (epoch) üzerinden karşılaştırmalar yapılmıştır. Hassasiyet arttırıldığında ise doğal olarak eğitim süresi ve sayısında artış meydana gelmektedir. Tablodaki sonuçlardan görüleceği üzere minimum karesel hata (MSE) miktarları göz önüne alındığında tek katmanlı YSA model yapıda aktivasyon fonksiyonu tanh ve sigmoid kullanılarak çok kısa bir sürede hızlı bir eğitim yapılabilmektedir. Bu durum bir mikrodalga filtre yapısı için tek katmanlı ÇKA model yapısının iki katmanlı ÇKA yapısıyla eğitim bakımından karşılaştırıldığında, sistem modeline daha uygun bir yapı olduğunu göstermektedir. Uygun aktivasyon fonksiyonlu tek katmanlı yapı kullanıldığında aşırı eğitime işlemine gerek duyulmaksızın EM simülasyon programlarında çok uzun bir süre ve deneme gerektiren uygulamalarda önceden eğitilen YSA 'nın hızlı ve yüksek başarımlı sağladığı söylenebilir. Sonuç olarak çift modlu mikroşerit mikrodalga filtreleri için YSA modelleri kullanılarak hızlı ve optimum sonuçlar elde edilebilmektedir.[29]

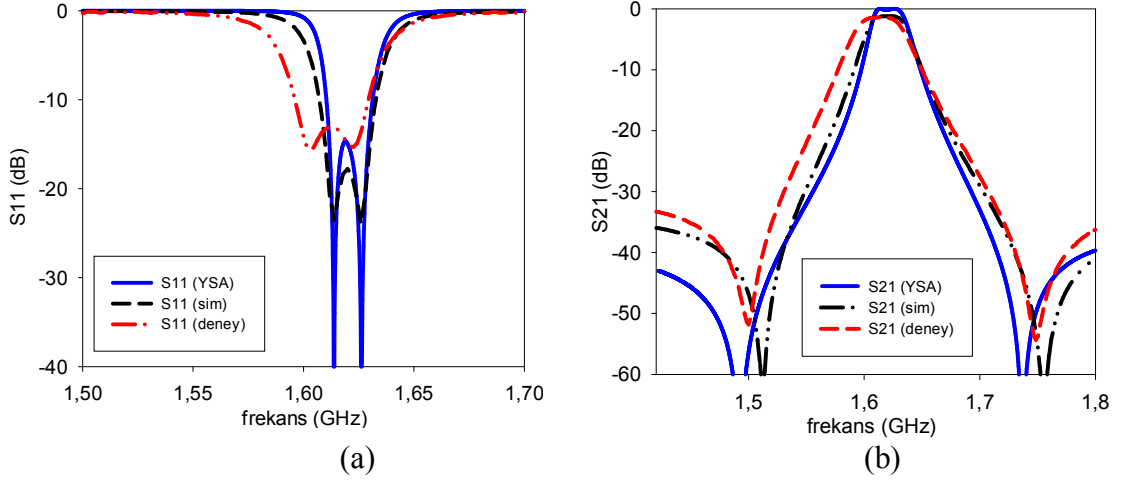
4.1.3 Teorik model

YSA modelin çıkışları olarak alınan kutup ve sıfırların yeri (f_z , f_p) ve yansıma kaybı (RL) bilgileri kullanılarak teorik model oluşturulabilmektedir. Öncelikle çalışılan frekans aralığında normalizasyon işlemleri yapılarak başlanır. Kullanacağımız filtre karakteristiği eliptik filtre karakteristiğinde olduğundan, teorik modelde kullanılacak olan karakteristik fonksiyonu eliptik filtre karakteristik fonksiyonu olarak seçilmiştir. Karakteristik fonksiyonun belirlenmesinin ardından (4.2), (4.3) kullanılarak frekans

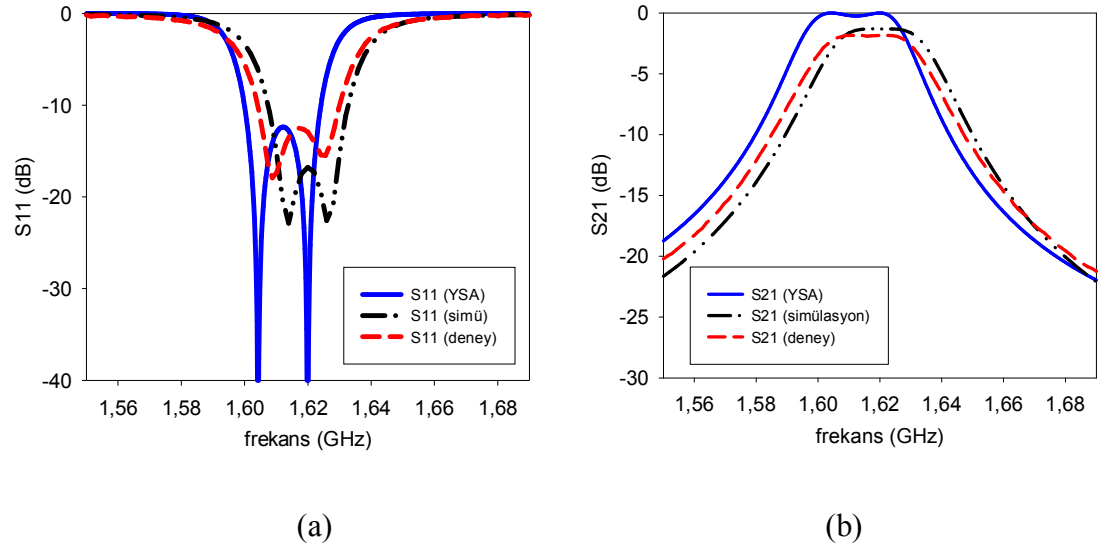
cevabını oluşturacak olan saçılma parametreleri elde edilir. Sonuç olarak frekans cevabına ulaşmak için tekrar gerçek frekanslara geçiş yapılır.

$$S_{11}(j\Omega)^2 = \frac{\varepsilon^2 F_n(\Omega)^2}{1 + \varepsilon^2 F_n(\Omega)^2} \quad (4.2)$$

$$S_{21}(j\Omega)^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 F_n(\Omega)^2} \quad (4.3)$$



Şekil 4.5: $p>d$ çift modlu filtre yapısı için YSA model, simülasyon ve deney sonuçlarının karşılaştırılması a) S11 b) S21



Şekil 4.6: $p<d$ çift modlu filtre yapısı için YSA model, simülasyon ve deney sonuçlarının karşılaştırılması

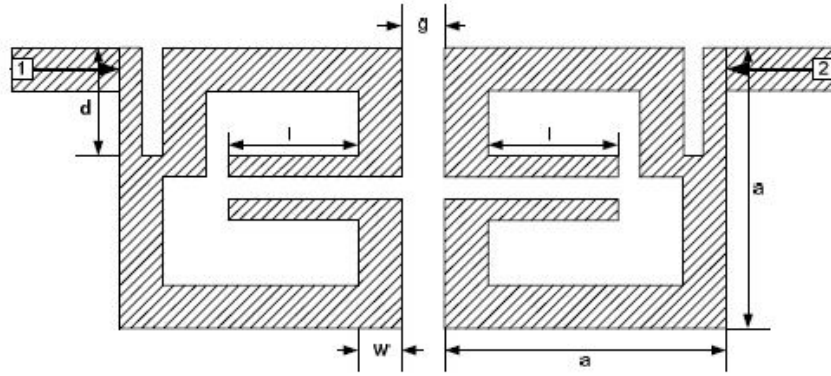
Sonuç olarak ($p>d$) çift modlu filtre yapısı için oluşturulan modelde, en iyi sonucun bir gizli katmana sahip ve tanh aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı ÇKA modeli ile olduğu, ($p<d$) çift modlu filtre yapısı için oluşturulan modelde ise, iyi sonuçlardan

biri olan bir gizli katmana sahip ve sigmoid aktivasyon fonksiyonun kullanıldığı ÇKA modeli ile oluştuğu görülmektedir.

Sonuç kısmında her iki model içinde YSA modelinden alınan veriler ile simülasyon ve deney çalışmalarının sonuçları karşılaştırılmakta ve iyi bir uyum yakalandığı gözlemlenmektedir. Böylece uzun teorik işlemler yapılmadan, sadece giriş parametreleri belirlenerek belirli bir hata payı ile istenilen filtre karakteristiğinin elde edilmesi sağlanabilmektedir.

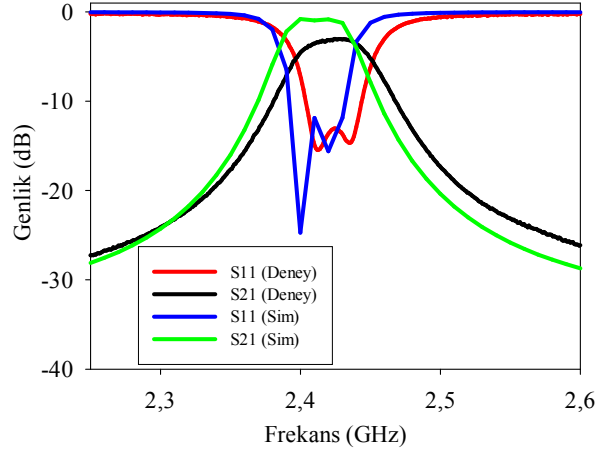
4.2 Dahili Beslemeli Mikroşerit Linear Faz Filtrelerin Optimizasyonu için Yapay Sinir Ağı Uygulamaları

4.2.1 Filtre yapısı



Şekil 4.7: Dahili beslemeli açık halka rezonatör yapısı

Düzlemsel transmisyon hatlarındaki minyatürizasyon işlemlerinde, elektriksel karakteristikler sadece düzlemdeki boyutlarla yüzey alanını değiştirmeden tanımlanabildiğinden devrenin toplam elektriksel uzunluğunu arttıracak şekilde düzenlemeler yapılarak minyatürizasyon işlemleri gerçekleştirilmektedir. Mikrodalga filtreleri için minyatür boyut özelliğinin yanı sıra, ihtiyaç duyulan diğer özellikler ise düşük araya girme kaybı ve yüksek seçiciliğe sahip yüksek performans karakteristiğidir. Bir rezonatörün dual mod özelliğine sahip olabilmesi için, rezonatör yapısının normal simetrik alan dağılımının bozularak iki dejenere modun veya aynı özelliklere sahip iki rezonatörü, rezonatörler arasında kuplaj oluşturacak şekilde yerleştirmek suretiyle iki ayrı modun uyarılması gerekmektedir. Bu durum, açık halka rezonatör modellerinde rezonatörler arasında indüktif veya kapasitif kuplaj oluşturularak sağlanabilmektedir.



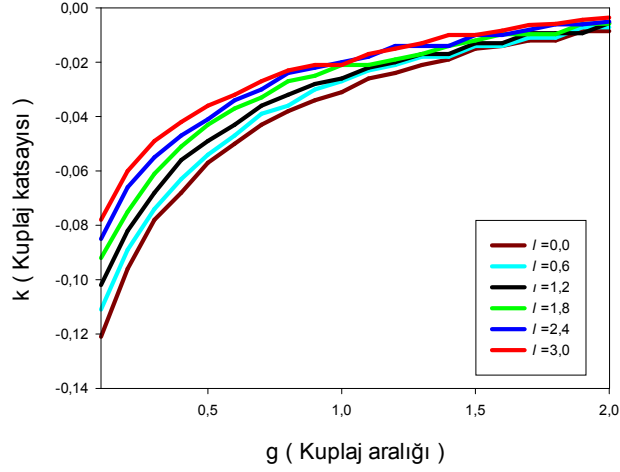
Şekil 4.8: Deneysel ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Bu çalışmada kullanılan rezonatör, önerilen besleme şekli bakımından (dahili beslemeli) normal açık halka rezonatörlerden farklıdır. Çalışmada kullanılan model yapı Şekil 4.7’de verilmiştir. Şekil 4.8’de, dahili beslemeli açık halka yapının tam dalga EM simülasyon programından elde edilen sonucu ile gerçekleştirilen deneyden elde edilen sonucun karşılaştırılması gösterilmektedir. Rezonatörde kullanılan dahili besleme, düşük araya girme kaybı sağlamak ve imalat hatalarının neden olduğu rezonans frekansı belirsizliklerini azaltmaktadır[30].

Bu çalışmada halka rezonatörlerin açık uçları birbirini görecekle şekilde yerleştirildiğinden rezonatörler arası oluşan kuplaj, elektrik kuplaj özelliğine sahiptir. İki rezonatör arasındaki mesafeye (g) göre değişen rezonatörler arasındaki kuplaj katsayısı (k) her bir rezonatörün oluşturduğu rezonans modlarının frekansına bağlı olarak,

$$k = \frac{f_{02}^2 - f_{01}^2}{f_{02}^2 + f_{01}^2} \quad (4.4)$$

tanımlanır. İki rezonatör arasındaki kuplaj (g) ile modellenen yapının kuplaj değişimi (k) Şekil 4.9’da görülmektedir.



Şekil 4.9: Farklı kuplaj kolu uzunlukları (10, 14, 18 mm) için perturbasyon boyutuna bağlı olarak kuplaj katsayısı değişimi

4.2.2 YSA model gelişimi

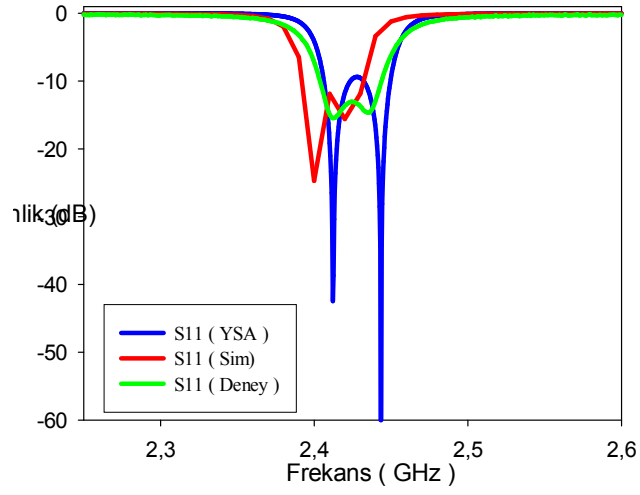
Tasarımı gerçekleştirilecek olan filtre için kullanılan dahili beslemeli açık halka rezonatör, farklı kuplaj aralığı (g) ve kuplajlı kol uzunluğunun (l) farklı değerleri için Sonnet EM simülatör ile simule edilmiştir. Model yapıdaki kuplaj aralığı (g), modele bağlı olarak araya girme kaybı seviyesini de etkilemektedir. Bu çalışmada minyatür boyutlarda filtre tasarımı gerçekleştirilebilmek için, normal açık halka rezonatör yapılarına alternatif olarak, açık uçların içeriye doğru kıvrılmasıyla (kuplajlı kol uzunluğu l) minyatürizasyon gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle yapay sinir ağları ile oluşturulacak optimum modelde g ve l değerlerinin değişimi kullanılmıştır. Dahili beslemeli yapı tasarımında kullanılan YSA model yapısı 2 giriş, 1 gizli katman (hidden layer) ve 6 çıkıştan oluşan “Çok Katmanlı Algılayıcı” (ÇKA) yapısıdır.

Girişler kuplaj aralığı (g) ve kuplajlı kol uzunluğundan (l) oluşurken, çıkışlar sırasıyla dahili beslemeli açık halka rezonatörün kutup yerleri (fp1, fp2), 3dB noktalarının frekansı (f3dB1, f3dB2), araya girme kaybı seviyelerinden (IL1, IL2) oluşmaktadır. Optimum bir YSA modeli geliştirmek için ihtiyaç duyulan veriler, Sonnet EM simülasyon programı ile elde edilen sonuçlarından alınmaktadır. Kullanılan bu modelde, lineer olmayan aktivasyon fonksiyonlarından oluşan gizli tabakalar çoklu giriş ve çıkışlar arasındaki kompleks giriş çıkış ilişkisinin modellenmesini sağlamaktadır.

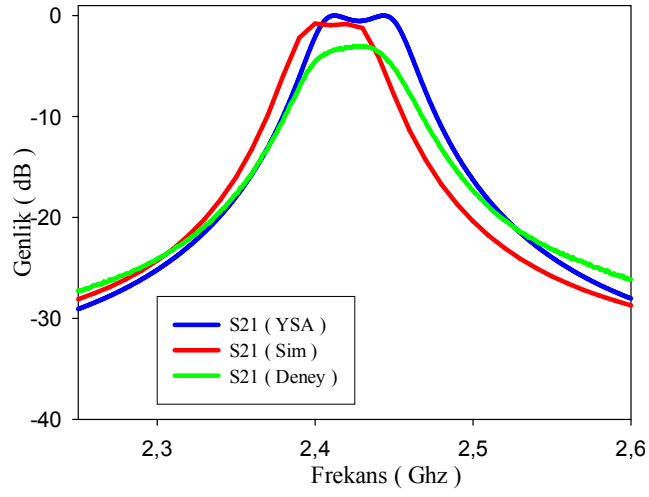
YSA model gelişimi verilerin seçimi, analizi ve işlenmesi ile başlar. Verilerin işlenebilmesi için giriş-çıkış çifti olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda

simulasyon sonucu elde edilen verilerin eğitim ve test verileri olarak nasıl ayrılacağı da belirlenmelidir. Bu çalışmada, toplam 1000'e yakın simülasyon yapılmış olup, elde edilen simülasyon sonuçlarına göre eğitilecek verilerin, girişlerin değişimlerine bağlı olarak istenilen filtre karakteristik özelliklerini ortaya koyabileceği oranı sağlamak için her bir modelde toplam verilerin %70'i eğitim, %25'i test ve %5'i de sonuçların karşılaştırılması için ayrılmıştır Model yapı için oluşturulan YSA filtre karakteristiğine uygun olarak giriş ve çıkışlara ait veri çiftleri ile eğitilmekte ve gizli tabakadaki vektör nöron yapıları düzenlenerek çıkış vektörleri hesaplanmaktadır. (Bu işlem sırasında gizli katmanda kullanılan nöron sayısı 10 olarak alınmıştır) Bu çalışmada model yapının uygunluğunun test edilebilmesi amacıyla farklı aktivasyon fonksiyonları ile çalışmalar yapılmıştır. Tek bir gizli katman kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo A.7'de ve iki gizli katman kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo A.8'de verilmiştir. Tablo A.9'da ise YSA model, EM Simülasyon modeli ve deneysel çalışma sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Simülasyon yoluyla elde edilen veriler Neuro Solutions programı kullanılarak modellenmiştir.

Bu çalışmada, mikrodalga filtrelerin bilgisayar destekli tasarımlarında ihtiyaç duyulan optimizasyon işlemleri açısından işlem kolaylığı ve hesaplama süresinin azaltılması vb. konularda avantaj sağlayan YSA uygulamalarının dahili beslemeli lineer faz mikroşerit filtre yapısına uygulanması gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, literatürde mevcut dahili beslemeli lineer faz mikroşerit filtre yapısı referans alınarak Sonnet EM Simulatör yardımıyla veriler üretilmiş ve daha sonra bu veriler YSA için kullanılan Neuro Solutions programı ile tek ve iki katmanlı MLP ağ modeli kullanılarak eğitilmiş ve filtre için frekans cevabını inceleyebilecek nitelikte çıkış parametreleri tanımlayarak YSA modeli gerçekleştirilmiştir. %1 ve %0.2'lik sabit minimum karesel hata oranları için her iki model kullanılarak tekrarlı eğitim sayıları üzerinden karşılaştırmalar yapılmıştır. Hassasiyet arttırıldığında ise doğal olarak eğitim süresi ve sayısında artış meydana gelmektedir. Ek.A'da verilen tablo A.9'un sonuçlarından görüleceği üzere minimum karesel hata miktarları göz önüne alındığında tek katmanlı YSA model yapıda aktivasyon fonksiyonu tanh kullanılarak çok kısa bir sürede hızlı bir eğitim yapılabilir. Bu durum bu mikrodalga filtre yapısı için tek katmanlı YSA model yapısının iki katmanlı YSA yapısıyla eğitim bakımından karşılaştırıldığında sistem modeline daha uygun bir yapı olduğunu göstermektedir. [31]



(a)



(b)

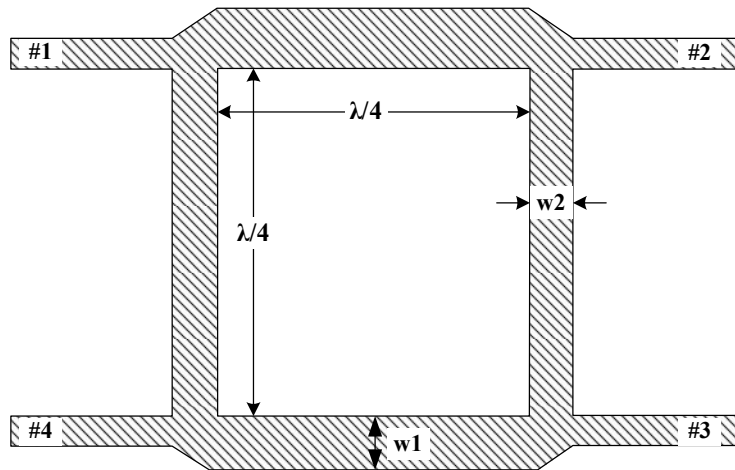
Şekil 4.10: Simülasyon, deney, YSA model sonuçlarının karşılaştırılması

5. 90° HİBRİD KUPLÖR

90° hibrid kuplörler mikrodalga uygulamalarında en çok kullanılan pasif devre elemanlarından biridir. Kuplörler içinde, dörtlü hibridler istenilen frekanslarda eşit genlik ve 90° farklı faz çıkışı sağlayan iyi örneklerdendir [32,33]. 90° hibrid kuplörler mikserler, data modülatörleri, amplifikatörler ve faz kaydırıcı gibi mikrodalga devrelerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

5.1 90° Hibrid Kuplör Yapısı

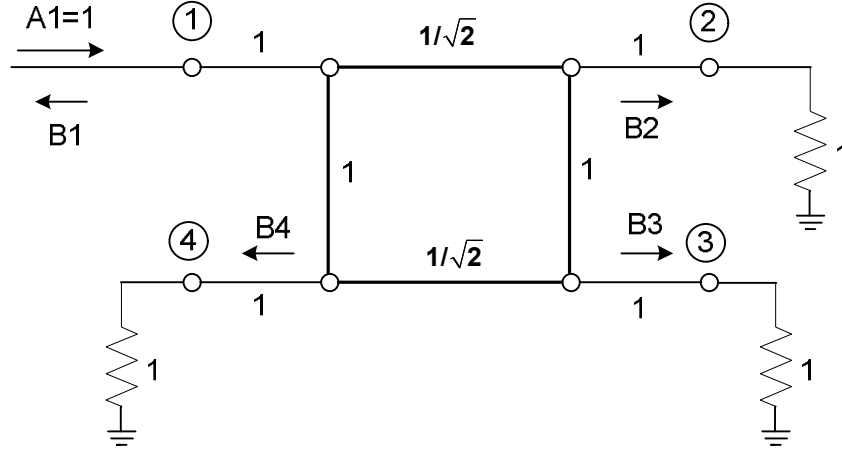
Şekil 5.1.1’de görülmekte olan 90° hibrid kuplörler 3 dB yönlü kuplördür. Bir 90° hibrid kuplör iki farklı karakteristik empedansa sahip $\lambda/4$ uzunluğunda dört transmisyon hattından oluşmaktadır. Şekil 5.1’de görülmekte olan 90° hibrid kuplör temel alınır, 1 nolu girişten bir sinyal uygulandığında sinyal 2 ve 3 nolu portlar arasında eşit genlik ve 90° lik faz farkıyla ikiye bölünmektedir. Bu durumda 2 nolu port geçiş portu, 3 nolu portta kuplaj portu olarak adlandırılır. 4 nolu portta ise (ideal durumlarda) enerji bulunmaz, bu nedenle 4 nolu port izole port olarak adlandırılır.



Şekil 5.1: 90° hibrid kuplör yapısı

5.1.1 Tek ve çift mod analizi

Tek ve çift mod analizinde şekil 5.1’de gösterilmekte olan 90° hibrid koplör eşdeğer devresi kullanılmaktadır. 1 nolu porttan gelen dalga genliğinin genliği $A_1=1$ olarak kabul edildiğinde tek ve çift mod analizini gerçekleştirmek için şekil 5.1’de görülmekte olan eşdeğer devre yatay simetri eksenini boyunca iki eşit parçaya bölünür. Böylece devrenin iki farklı portlarında gelen dalga genliği $\pm 1/2$ olur (Şekil 5.2). [34]



Şekil 5.2: 90° hibrid koplör eşdeğer devresi

90° hibrid koplör ün her bir portunda görülen dalga genlikleri;

$$B_1 = \frac{1}{2}\Gamma_e + \frac{1}{2}\Gamma_o$$

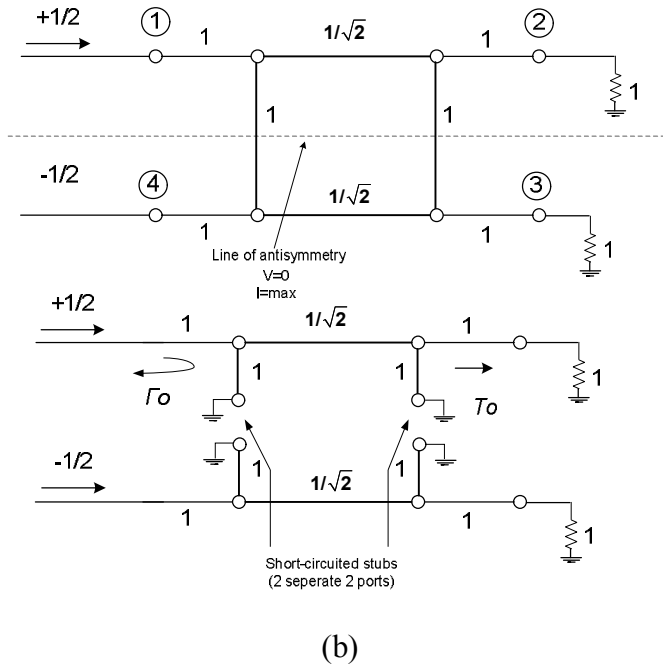
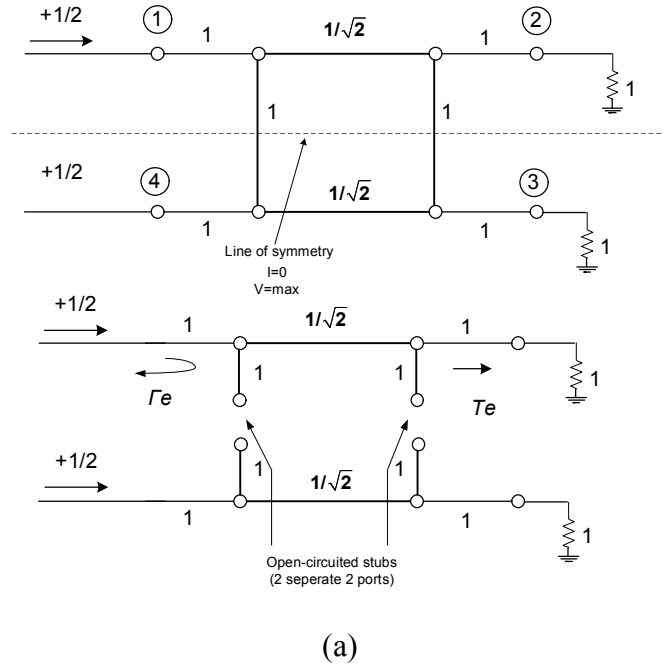
$$B_2 = \frac{1}{2}T_e + \frac{1}{2}T_o \quad (5.1)$$

$$B_3 = \frac{1}{2}T_e - \frac{1}{2}T_o$$

$$B_4 = \frac{1}{2}\Gamma_e - \frac{1}{2}\Gamma_o$$

şeklinde verilir. (5.1)’de kullanılan Γ_e çift mod yansıma katsayısı, Γ_o tek mod yansıma katsayısı, T_e çift mod iletim katsayısı, T_o tek mod iletim katsayısı olarak adlandırılır.

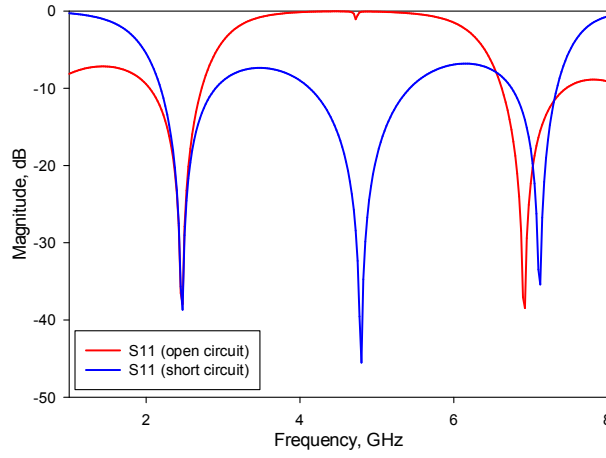
90° hibrid koplör ün eşdeğer devresinin simetrik olması nedeniyle orijinal frekans cevabına tek ve çift mod analizlerinin toplamı alınarak ulaşılmaktadır.



Şekil 5.3: Devrenin a) tek mod b) çift mod için ayrışımı

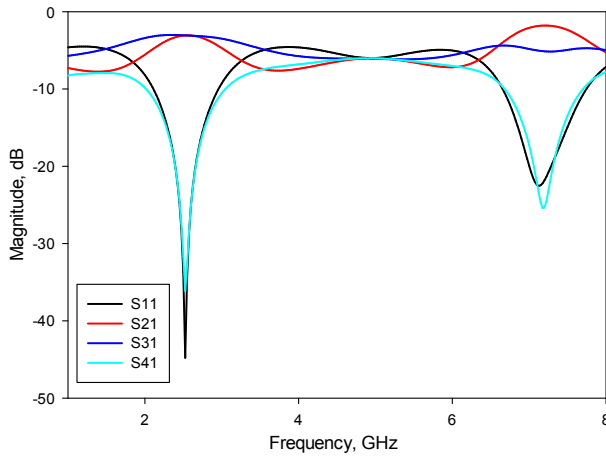
$w_1=2.1$ mm ve $w_2=1.2$ mm alınarak gerçekleştirilen branch line coupler için tek ve çift mod analizlerinin simülasyondan alınan sonuçları şekil 5.3'de verilmiştir. Tek ve çift mod analizi cevaplarının toplamı ile gerçek cevaba ulaşabileceğini göstermek

için de şekil 5.4’de aynı ölçülerdeki branch line coupler için simülasyon sonucu verilmiştir.



Şekil 5.4: Tek ve çift mod analiz simülasyonu sonucu

(Grafikte tek mod analiz sonucu kırmızı ile çift mod analiz sonucu mavi ile gösterilmiştir.)



Şekil 5.5: Branch line coupler simülasyon sonucu

5.1.2 Teorik model

Şekil 5.2’de verilen her bir kaskat bileşenin ABCD matrisi eşdeğerlerinden yararlanılarak teorik model oluşturulmaktadır. Öncelikle çift mod analizi için inceleme yapacak olursak, yan hatlar çift mod analizinde açık devre sonlandırılmalı olacağından admitans değeri

$$Y_e = jY_0 \tan \theta_1 \quad (5.2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. (5.2)'de $\theta_1 = \beta d_1$ yan hatların elektriksel uzunluğunu, Y_0 ise yan hattın karakteristik admitansını temsil etmektedir. Yan hatların admitansı hesaplandıktan sonra ABCD matrisi elde edilir. Aynı şekilde $\theta_2 = \beta d_2$ elektriksel uzunluğuna sahip ana hattı da transmisyon hattı gibi düşünülerek ABCD matrisi eşdeğeri belirlendikten sonra çift mod için ABCD matrisi eşdeğeri, ana ve yan hatlar için hesaplanan ABCD matrislerin çarpımı şeklinde (5.3)'de verildiği şekilde bulunmuş olur.

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}_e = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y_e & 1 \end{bmatrix}}_{\text{Paralel yan hat}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} \cos\theta_2 & jZ_0\sin\theta_2 \\ jY_0\sin\theta_2 & \cos\theta_2 \end{bmatrix}}_{\text{Ana iletim hattı}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y_e & 1 \end{bmatrix}}_{\text{Paralel yan hat}} \quad (5.3)$$

Tek mod analizi için de çift mod analizine benzer işlem adımları uygulanır. Ancak tek mod analizi için paralel yan hatlar kısa devre olarak sonlandırılmış olacağından, yan hatların admitans değeri

$$Y_0 = -jY_0 \cot\theta_1 \quad (5.4)$$

olarak bulunur. Tek mod için ABCD matrisi eşdeğeri,

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}_o = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y_o & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & jZ_0\sin\theta_2 \\ jY_0\sin\theta_2 & \cos\theta_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y_o & 1 \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

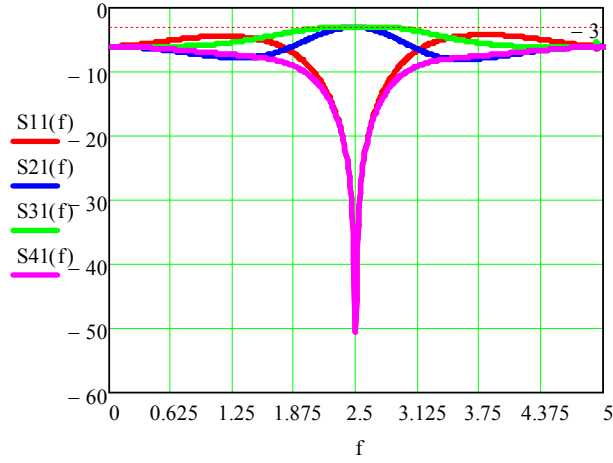
şeklinde elde edilir.

Elde edilen ABCD matrisi eşdeğerlerinden frekans cevabını elde etmek için, S saçılma parametrelerinin hesaplanması gerekir. Bu nedenle yansıma ve iletim katsayıları sırasıyla tek ve çift modlar için (5.6) ve (5.7)'de verildiği şekilde bulunur.

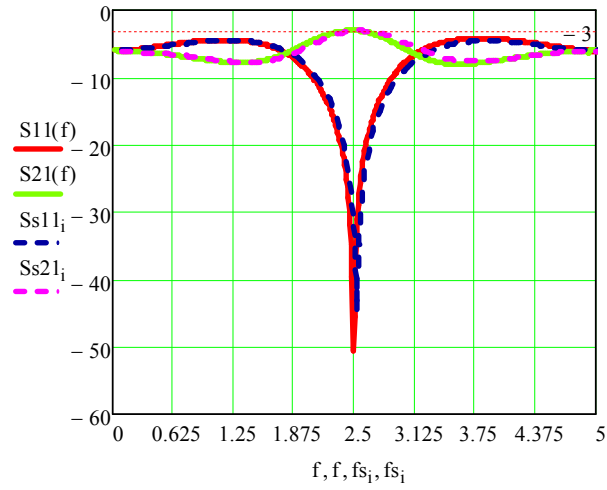
$$\Gamma = \frac{A+B-C-D}{A+B+C+D} \quad (5.6)$$

$$T = \frac{2}{A+B+C+D} \quad (5.7)$$

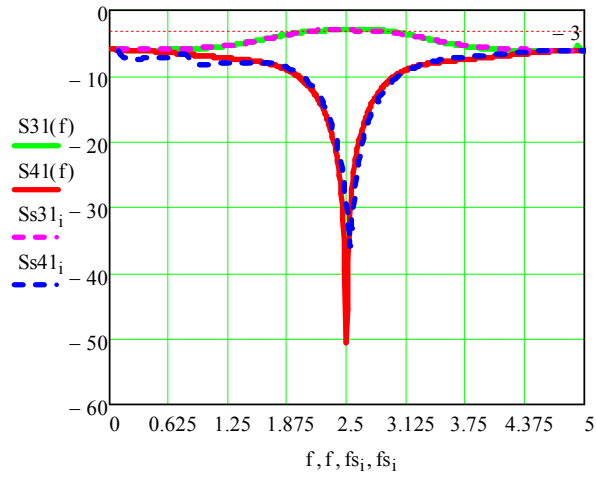
(5.1)'de gereken değerlerin yerine konulmasıyla S parametreleri, kuplörün frekans cevabı şekil 5.6 ve 5.7'de gösterildiği şekilde elde edilir.



Şekil 5.6: 90° hibrid kuplör teorik model frekans cevabı



Şekil 5.7: 90° hibrid kuplör teorik model ve simülasyon sonucu karşılaştırması (S11-S21)



Şekil 5.8: 90° hibrid kuplör teorik model ve simülasyon sonucu karşılaştırması (S31-S41)

5.2 İndüktif Yüklemeli 90° Hibrid Kuplör Yapısı

Verilen hat için ideal karakteristik empedans ve hız (5.8)-(5.10)'da verilmiştir.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (5.8)$$

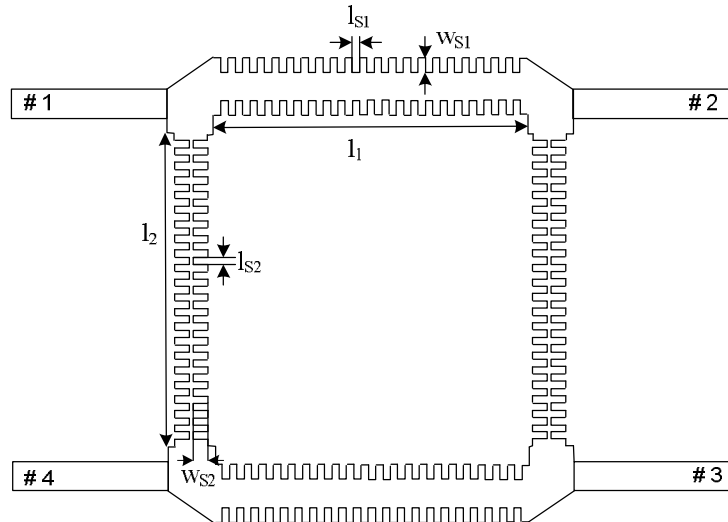
$$\lambda = \frac{v_p}{f} \quad (5.9)$$

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (5.10)$$

(5.8)-(5.10)'dan görüldüğü gibi indüktans ile kapasitenin aynı oranda artırılmasıyla karakteristik empedans değişmez. Hem indüktans hem de kapasite hattın genişliği ile ilişkilidir. Hattın genişliğinin azalması ile indüktans değeri artarken, genişliğin artması ile de kapasite değeri artar. [35]

Minyatürizasyon işlemini de gerçekleştirmenin bir yolu yapıya indüktif ya da kapasitif elemanlar eklenmesidir.

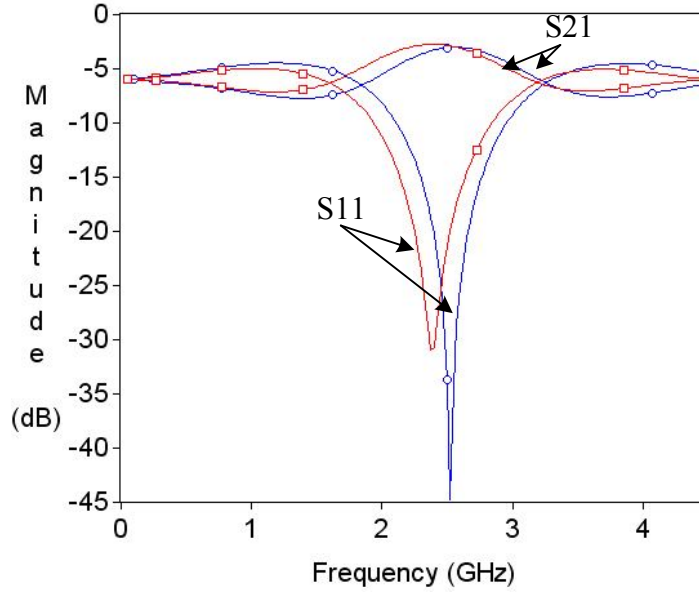
Tek parça Mikrodalga Tümlüşik Devrelerin (TMTD) minyatürizasyonu tasarımlarda önemli gereksinimlerdendir. Klasik düzlemsel hatlar, kılavuz dalga boyundan $\epsilon_r^{1/2}$ faktöründen daha fazla küçültülemez (ϵ_r bağıl dielektrik sabiti). Bu nedenle yavaş dalgalı yapılar bu soruna çözüm olabilir.



Şekil 5.9: 21 parmak 90° hibrid kuplör

90° hibrid kuplörün frekansını azaltmak için, 90° hibrid kuplör şekil 5.9'da görüldüğü gibi indüktif olarak yüklenir. Şekil 5.10'da klasik 90° hibrid kuplör ile 5

parmak indüktif yüklü 90° hibrid kuplör simülasyonları arasındaki fark gözlemlenebilir.



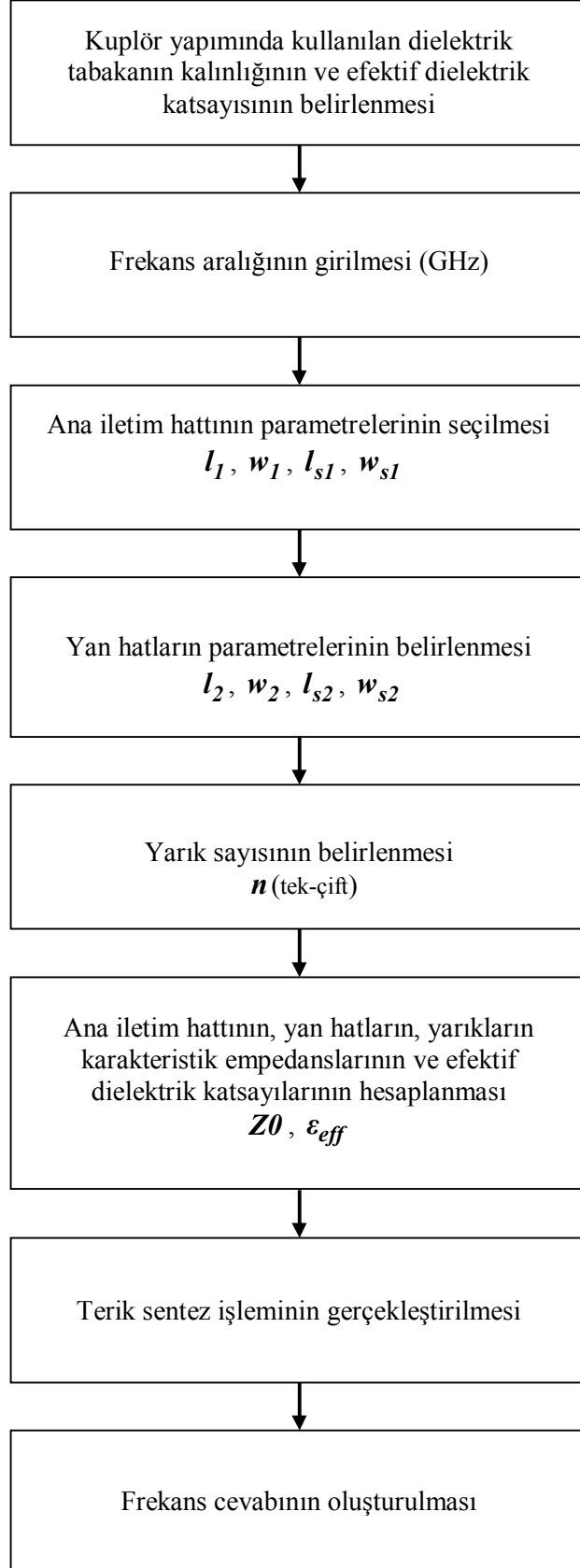
Şekil 5.10: Klasik ve 5 parmak indüktif yüklü 90° hibrid kuplörlerin karşılaştırılması

Şekil 5.10'dan da görüldüğü gibi klasik 90° hibrid kuplöre göre indüktif yüklü kuplörün frekansında azda olsa bir düşüş olmuştur. Frekans düşmesinin az miktarda olmasının sebebi indüktif yükleme kullanılmış olmasıdır.

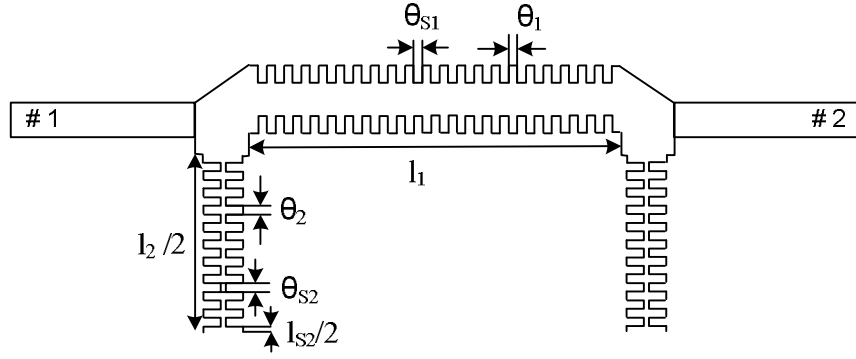
5.2.1 İndüktif yüklemeli 90° hibrid kuplör teorik modeli

Eşdeğer devreleri şekil 5.9'da gösterilen indüktif yüklü kuplörün teorik analizi tek ve çift mod analizlerinden faydalanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle indüktif yüklü kuplör yatay simetri eksenini boyunca ikiye bölünmüştür. Teorik analiz için belirlenmesi gereken işlem basamakları aşağıda adımlar halinde verilmiştir.

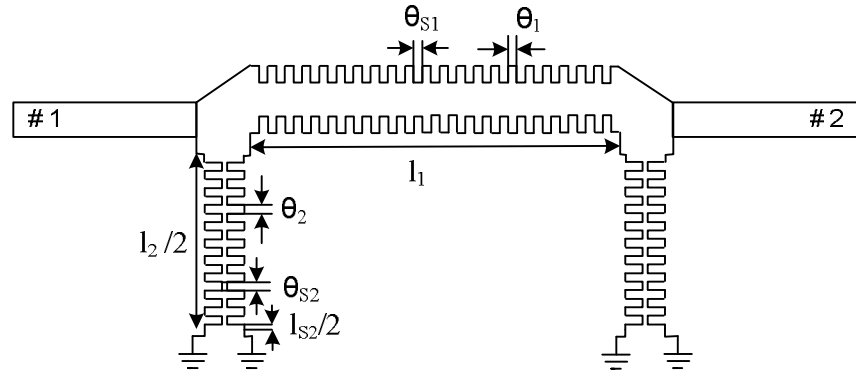
Şekil 5.11'de verilen algoritmada verilen işlem adımları belirlendikten sonra n yarık sayısının tek veya çift olması durumuna göre aşağıda verilmekte olan teorik analiz gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.11: Teorik analiz için gerekli parametrelerin belirlenmesi



(a)



(b)

Şekil 5.12: İndüktif yüklü 90° hibrid kuplör devrenin a) çift mod b) tek mod için ayrışımı

n yarık sayısı tek ise;

Ana transmisyon hattı için ABCD matrisi eşdeğerinin bulunması:

$$TL1(f) = \begin{pmatrix} \cos\theta_1 & iZ_0\sin\theta_1(f) \\ iY_0\sin\theta_1(f) & \cos\theta_1 \end{pmatrix} \quad (5.11)$$

$$TLs1(f) = \begin{pmatrix} \cos\theta_{s1} & iZ_{s1}\sin\theta_{s1}(f) \\ \frac{i\sin\theta_{s1}(f)}{Z_{s1}} & \cos\theta_{s1} \end{pmatrix} \quad (5.12)$$

(5.11) ve (5.12)'de verilmekte olan eşitliklerde TL1(f) θ_1 elektriksel uzunluğundaki hattın ABCD matrisi eşdeğeri, TLs1(f) ise θ_{s1} elektriksel uzunluğuna sahip yarıklı hatların ABCD matrisi eşdeğerini vermektedir.

Bu durumda ana hattın tamamının ABCD matrisi eşdeğeri;

$$ABCD_{\text{main}}(f) = (TL1(f).TLs1(f))^n . TL1(f) \quad (5.13)$$

şeklinde elde edilir.

Yan hatlar için even-odd mod analizi yapılarak ABCD matrisi eşdeğeri bulunur.

a) Even Mod Analizi;

Şekil 5.12 a)'da gösterilmekte olan eşdeğer devre açık devre olarak sonlandırıldığından, $l_{s2}/2$ uzunluğundaki yarık hat parçası yük olarak alındığında admitans değeri (5.14)'deki gibi bulunur.

$$Y_s = i \cdot Y_0 \cdot \tan(\theta_{s2}/2) \quad (5.14)$$

Bir sonraki adımda (5.15)'de verilen admitans formülü ile yan hattın girişinden okunan admitans değeri her bir hat parçasının elektriksel uzunluğuna bağlı olarak her bir hat parçasının kendinden önce gelen hattın yükü gibi davrandığı kabul edilerek belirlenir.

$$Y(d) = Y_0 \frac{Y_L + i Y_0 \tan(\theta)}{Y_0 + i Y_L \tan(\theta)} \quad (5.15)$$

Bu durumda yan hat girişinden gözüken admitans

$$\begin{aligned} Y_1(d) &= Y_0 \frac{Y_s + i \cdot Y_0 \cdot \tan(\theta_{s2})}{Y_0 + i \cdot Y_s \cdot \tan(\theta_{s2})} \\ Y_2(d) &= Y_0 \frac{Y_1(d) + i \cdot Y_0 \cdot \tan(\theta_2)}{Y_0 + i \cdot Y_1(d) \cdot \tan(\theta_2)} \\ Y_3(d) &= Y_0 \frac{Y_2(d) + i \cdot Y_0 \cdot \tan(\theta_{s2})}{Y_0 + i \cdot Y_2(d) \cdot \tan(\theta_{s2})} \\ &\vdots \\ Y_n(d) &= Y_e \end{aligned} \quad (5.16)$$

n. adımda bulunmaktadır.

b) Odd Mod Analizi;

Aynı işlemler şekil 5.12 b)'de gösterilmekte olan kısa devre sonlandırılmış eşdeğer devre için yük empedansının (5.17)'de gösterildiği gibi alınmasıyla Y_0 admitansı da n. adımda bulunmuş olacaktır.

$$Y_s = -i \cdot Y_0 \cdot \cot(\theta_{s2}/2) \quad (5.17)$$

Bir sonraki adımda (5.18) ve (5.19) kullanılarak even odd mod analizinin sonuçları ABCD matrisi cinsinden elde edilmektedir (5.20), (5.21).

$$ABCD_{Y_e} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Y_e & 1 \end{pmatrix} \quad (5.18)$$

$$ABCD_{Y_o} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Y_o & 1 \end{pmatrix} \quad (5.19)$$

$$ABCD_e = ABCD_{Y_e} \cdot ABCD_{main} \cdot ABCD_{Y_e} \quad (5.20)$$

$$ABCD_o = ABCD_{Y_o} \cdot ABCD_{main} \cdot ABCD_{Y_o} \quad (5.21)$$

ABCD matrisinden S parametrelerine dönüşümü sağlamak için (5.22) ve (5.23) de verilen dönüşüm formülleri ile yansıma ve iletim katsayıları hesaplanır.

$$\Gamma = \frac{A+B-C-D}{A+B+C+D} \quad (5.22)$$

$$T = \frac{2}{A+B+C+D} \quad (5.23)$$

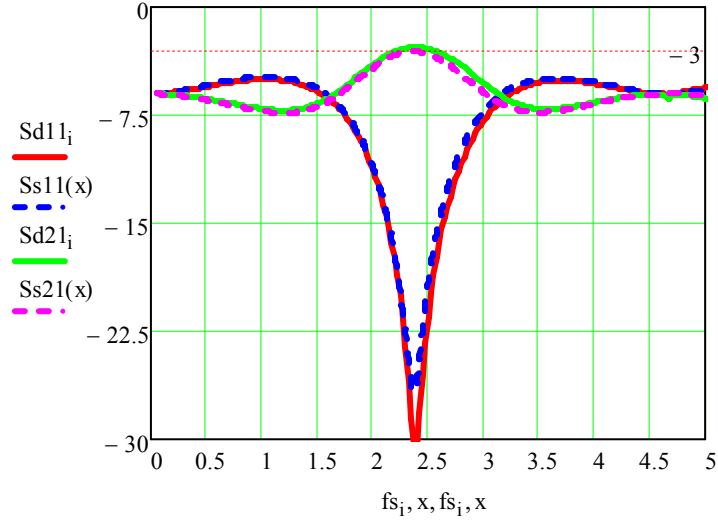
Yansıma iletim katsayıları kullanılarak S parametreleri (5.24)'de gösterildiği gibi elde edilir. [29]

$$\begin{aligned} S_{11} &= \frac{1}{2}\Gamma_e + \frac{1}{2}\Gamma_o \\ S_{21} &= \frac{1}{2}T_e + \frac{1}{2}T_o \\ S_{31} &= \frac{1}{2}T_e - \frac{1}{2}T_o \\ S_{41} &= \frac{1}{2}\Gamma_e - \frac{1}{2}\Gamma_o \end{aligned} \quad (5.24)$$

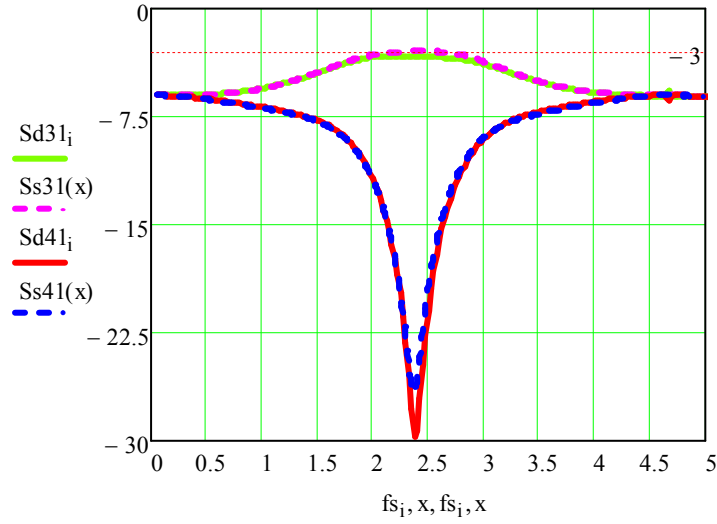
n yarık sayısı çift olduğunda, yan hatların girişinden gözükten empedans (5.16)'da verildiği şekilde hesaplanır. Bunun dışında yarık sayısı tek olduğunda yapılan işlemler tekrarlanır.

$$Y_s = i \cdot Y_0 \cdot \tan(\theta_2/2) \quad (5.25)$$

Teorik analiz sonucunda elde edilen frekans cevapları şekil 5.13 ve 5.14'de simülasyon cevapları ile karşılaştırılarak gösterilmiştir.



Şekil 5.13: 5 parmak indüktif yüklü 90° hibrid kuplörün simülasyon ve teorik model sonuçlarının karşılaştırılması (S11-S21)



Şekil 5.14: 5 parmak indüktif yüklü 90° hibrid kuplörün simülasyon ve teorik model sonuçlarının karşılaştırılması (S31-S41)

6. SONUÇ

Uygun aktivasyon fonksiyonlu ve uygun katman sayısına sahip yapı kullanıldığında aşırı eğitime işlemine gerek duyulmaksızın EM simülasyon programlarında çok uzun bir süre ve deneme gerektiren uygulamalarda önceden eğitilen YSA' nın hızlı ve yüksek başarımlar sağladığı tez çalışması içerisinde yapılan teorik, simülasyon ve deney sonuçlarının karşılaştırmalarının mükemmel bir uyum içinde olmasına dayalı olarak gösterilmektedir. Böylece uzun teorik işlemler yapılmadan, sadece giriş parametreleri belirlenerek belirli bir hata payı ile istenilen filtre karakteristiğinin elde edilmesi sağlanabilmektedir. Bu da YSA modelleme tekniklerinin mikrodalga devre elemanlarının ve mikrodalga filtrelerinin tasarım, simülasyon, optimizasyon ve sentez işlemlerinde de kullanılabileceğini göstermektedir. Bu gibi nedenlerle mikrodalga filtre tasarımında eğitilmiş YSA kullanımını günümüzde uygun bir teknik olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Çağlar M. F., Güneş F. “ Smith Abaginin Bir Yapay Sinir Ağı Eşdegeri Uygulaması”, *IEEE 14. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı* Antalya, Nisan 2006.
- [2] Wang H. S., Li X. P., “Asymmetrical Two $\lambda/2$ Resonators Bandpass Filter Design by Artificial Neural Network Modeling”, *IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Art of Miniaturizing RF and Microwave Passive Components*, pp. 230-232, December, 2008.
- [3] Creech G. L., Paul B. J., Lesniak C. D., Jenkins T. J., Calcaterra M.C. “Artificial Neural Network For Fast and Accurate EM-CAD of Microwave Circuits”, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 45, pp. 794-802, May 1997.
- [4] Ciminski A. S. “Artificial Neural Networks Modeling for Computer-Aided Design of Microwave Filter” in *Int. Microw., Radar, Wireless Commun. Conf., Gdansk, Poland*, vol.1, pp. 96-99, May 2002.
- [5] Altun İ., Dündar S., “Yapay Sinir Ağları İle Trafik Akım Kontrolü”, *Deprem Sempozyumu, Kocaeli*, pp.1335-1344, Mart, 2005.
- [6] Uno, Y., Prasher, S. O., Lacroix, R., Goel, P. K., Karimi, Y., Viau, A. and Patel, R. M., “Artificial neural networks to predict corn yield from Compact Airborne Spectrographic Imager data”, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol 47, pp: 149-161, 2005.
- [7] Elizondo D., G.Hoogenboom and McClendon R.W., , “Development of a Neural Network Model to Predict Daily Solar Radiation”, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol 71, pp.115-132, 1994.
- [8] Elizondo D.A., McClendon R.W. and Hoogenboom G., “Neural Network Models for Predicting Flowering and Physiological Maturity of Soybean”, *Transactions of the ASAE*, Vol 37(3), pp.981-988, 1994.
- [9] Akkaya G., “Yapay Sinir Ağları ve Tarım Alanındaki Uygulamaları”, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 38(2), pp. 195-202, 2007.
- [10] Tolon M., Tosunoğlu N., Tüketici Tatmini Verilerinin Analizi: Yapay Sinir Ağları Ve Regresyon Analizi Karşılaştırması”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, pp. 247-259, 2008.
- [11] Demirhan A., Kılıç Y. A., Güler İ., “Tıpta Yapay Zeka Uygulamaları”, *Yoğun Bakım Dergisi*, pp. 31-41, 2009.
- [12] Hong J.-S., Shaman H., Chun Y.-H., “Dual-Mode Microstrip Open-Loop Resonators and Filters”, *IEEE Trans. Microw. Theory Tech*, vol 55, pp. 1764-1770, 2007.
- [13] Görür A., Karpuz C., “Miniature Dual-Mode Microstrip Filters”, *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol 17, pp. 37-39, 2007.

- [14] Eryılmaz G.M., Karpuz C., Görür A., “Dual-Mode Microstrip Filters with Adjustable Transmission Zeros”, *Microwaves, IET Antennas & Propagation*, vol 2, pp. 839-847, 2008.
- [15] Helvacı A. K., Karpuz C., Görür A., “Compact Dual-Mode Microstrip Resonator for 900 Mhz Bandpass Filter Applications”, *Microwave and Opt. Tech. Lett.*, vol 45, 2005.
- [16] Li X., Liu H., Shi Z., Li L. Li W., “A Compact Dual-mode Microstrip Filter Using Hexagonal Resonator and Capacitive Loading Technique”, *Asia Pacific Microwave Conference*, pp.1-4, December, 2008.
- [17] Mo S. G., Yu Z. Y., Zhang L. “Design of Microstrip Square Loop Stub Loaded Dual-Mode Filter”, *3rd IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communication*, pp. 1174-1176, October, 2009
- [18] Elmas Ç., “Yapay Sinir Ağları”, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Nisan, 2003.
- [19] Negnevitsky M., “Artificial Intelligence”, Second Edition, England, 2005.
- [20] Kinayman N., Aksun M. I., “Modern Microwave Circuit”, Artech House Books, Norwood, 2005.
- [21] Rhodes J. D., “Theory of Electrical Filters”, Wiley Inc., New York, 1976.
- [22] Hong J. S., Lancaster M. J., “Microstrip Filters for RF/Microwave Applications”, Wiley, New York, 2001.
- [23] Watson P. M., Gupta K.C. “Design and Optimization of CPW Circuits Using EM-ANN Models for CPW Components” *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.45, pp. 2515-2523, December 1997.
- [24] Devabhaktuni V. K., Xi C., Wang F., Zhang Q. J. “Robust Training Of Microwave Neural Models” in *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, Anaheim, CA, pp. 145-148, June 1999.
- [25] Watson P. M., Gupta K.C., Mahajan R. L. “Applications of Knowledge-Based Artificial Neural Network Modeling to Microwave Components” *Int. J. RF Microwave Computer-Aided Eng.*, vol.9, pp. 254-260, 1999.
- [26] Görür A. “Description of Coupling Between Degenerate Modes of A Dual Mode Microstrip Loop Resonator Using A Novel Perturbation Arrangement and Its Dual-Mode Bandpass Filter Applications”, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 52, No. 2, pp. 671-677, February 2004.
- [27] EM User’s Manual, Version 12.52, Sonnet Software, Inc., Liverpool, NY, 2009.
- [28] Neuro Solution’s Manual, Version 6.03, Neuro Dimension, Inc, 2010.
- [29] Karpuz C., Özek A., Görür A., Öztürk P., Bağ N., “Mikroşerit Çift Modlu Rezonatör Filtre Yapılarının Optimizasyonun Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Modellenmesi”, *National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering ELECO*, pp. 484-488, 2010.
- [30] Kaptan G., Karpuz C., Görür A., “Mobil Haberleşme Sistemleri İçin Mikrodalga Dual Mod Planar Filtre Tasarımı”, *Bilgi teknolojileri kongresi III*, pp. 148-152, 2004.

- [31] Karpuz C., Özek A., Görür A., Bağ N., Öztürk P., “Dahili Beslemeli Lineer Faz Filtrelerin Optimizasyonu İçin Yapay Sinir Ağı Uygulamaları”, *National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering ELECO*, pp. 489-492, 2010.
- [32] P. Meaney, "A Novel Branch-Line Coupler Design For Millimeter-Wave Applications ", *in IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*,, vol. 1, pp. 585-588, May, 1990.
- [33] R. W. Vogel, "Analysis And Design Of Lumped-And Lumped-Distributed Element Directional Couplers For MIC And MMIC Applications ", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.40, pp. 253-262, Feb. 1992.
- [34] Pozar D. M., “Microwave Engineering”, Third Edition, Wiley Inc., USA, 2005.
- [35] Sun K. O., Ho S.J., Yen C.C, Weide V. D., “A Compact Branch Line Coupler Using Discontinuous Microstrip Lines” *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol.15, pp. 519-520, 2005.

EK A

Tablo A.1: p>d YSA modelinde değişik aktivasyon fonksiyonları için % 1 ve % 0.2 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

- a) Tek gizli katmanlı p>d YSA modeli için % 1 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

Aktivasyon Fonksiyonu	Adım Sayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	8836	% 1
Lineer tanh	444	% 1
tanh	56	%1
sigmoid	186	% 1

- b) Tek gizli tabakalı p>d YSA modeli için % 0.2 Min. Karesel hata değeri için adım sayıları

Aktivasyon Fonksiyonu	Adım Sayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	37413	% 0.2
Lineer tanh	31412	% 0.2
tanh	35718	%0.2
sigmoid	7722	% 0.2

- c) İki gizli tabakalı p>d YSA modeli için % 1 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

Aktivasyon Fonksiyonu	Adım Sayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	1022	% 1
Lineer tanh	754	% 1
tanh	214	%1
sigmoid	902	% 1

- d)İki gizli tabakalı p>d YSA modeli için % 0.2 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

Aktivasyon Fonksiyonu	Adım Sayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	37043	% 0.2
Lineer tanh	7257	% 0.2
tanh	3472	%0.2
sigmoid	21041	% 0.2

Tablo A.2: p<d YSA modelinde değişik aktivasyon fonksiyonları için % 1 ve % 0.2 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

- a) Tek gizli katmanlı p<d YSA modeli için % 1 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

Aktivasyon fonksiyonu	AdımS ayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	1304	% 1
Lineer tanh	7372	% 1
sigmoid	248	% 1
tanh	161	% 1

- b) Tek gizli tabakalı p<d YSA modeli için % 0.2 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

Aktivasyon fonksiyonu	Adım Sayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	27162	% 0.2
Lineer tanh	12927	% 0.2
Sigmoid	10215	% 0.2
Tanh	1671	% 0.2

- c) İki gizli tabakalı p<d YSA modeli için % 1 Min. karesel hata değeri için adım sayıları

Aktivasyon fonksiyonu	Epoch Sayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	3330	% 1
Lineer tanh	857	% 1
Sigmoid	1255	% 1
Tanh	241	% 1

- d) İki gizli tabakalı p<d YSA modeli için % 0.2 Min. karesel hata değerini veren adım sayıları

Aktivasyon fonksiyonu	Adım Sayısı	Min. Karesel Hata
Lineer sigmoid	7292	% 0.2
Lineer tanh	31023	% 0.2
sigmoid	8556	% 0.2
tanh	12949	% 0.2

Tablo A.3: l=14 mm ve p=2.48 mm değerleri için üretilen frekans sonuçlarının, simülasyon ve deney çalışmalarından alınan sonuçlarla karşılaştırılması

Çıkışlar	YSA Model*	YSA Model**	EM Model	Deney Sonucu
f _{p1} (GHz)	1.613	1.621	1.614	1.605
f _{p2} (GHz)	1.624	1.618	1.626	1.625
f _{3dB1} (GHz)	1.597	1.594	1.602	1.587
f _{3dB2} (GHz)	1.631	1.639	1.640	1.641
f _{z1} (GHz)	1.510	1.510	1.512	1.488
f _{z2} (GHz)	1.729	1.757	1.756	1.764

Tablo A.3’de, perturbasyon elemanının boyutunun referans elemanından büyük olduğu yapı için oluşturulan tek gizli katmanlı MLP modelindeki %1 ve %0.2 lik minimum karesel hatalardaki tanh aktivasyon fonksiyonu ile üretilen veriler kullanılmıştır.

Tablo A. 4: $l=14$ mm ve $p=1.45$ mm değerleri için üretilen frekans sonuçlarının, simülasyon ve deney çalışmalarından alınan sonuçlarla karşılaştırılması

Çıkışlar	YSA Model*	YSA Model**	EM Model	Deney Sonucu
fp1 (GHz)	1.608	1.621	1.614	1,604
fp2 (GHz)	1.625	1.615	1.626	1,628
f3dB1 (GHz)	1.598	1.616	1.602	1.589
f3dB2 (GHz)	1.762	1.712	1.638	1.642

Tablo A.4’de, perturbasyon boyutunun referans elemanından küçük olduğu yapı için oluşturulan tek gizli tabakalı MLP modelindeki %1 ve %0.2 lik minimum karesel hatalardaki sigmoid aktivasyon fonksiyonu ile üretilen veriler kullanılmıştır.

Tablo A.5: $l=14$ mm ve $p=2.48$ mm değerleri için üretilen frekans sonuçlarının, simülasyon ve deney çalışmalarından alınan sonuçlarla karşılaştırılması

Çıkışlar	YSA Model*	YSA Model**	EM Model	Deney Sonucu
fp1 (GHz)	1.620	1.512	1.614	1.605
fp2 (GHz)	1.618	1.713	1.626	1.625
f3dB1 (GHz)	1.614	1.514	1.602	1.587
f3dB2 (GHz)	1.628	1.730	1.640	1.641
fz1 (GHz)	1.495	1.272	1.512	1.488
fz2 (GHz)	1.727	1.988	1.756	1.764

Tablo A.5’de, perturbasyon boyutunun referans elemanından büyük olduğu yapı için oluşturulan iki gizli tabakalı MLP modelindeki % 1 ve % 0.2 lik minimum karesel hatalardaki tanh aktivasyon fonksiyonu ile üretilen veriler kullanılmıştır.

Tablo A.6: $l=14$ mm ve $p=1.45$ mm değerleri için üretilen frekans sonuçlarının, simülasyon ve deney çalışmalarından alınan sonuçlarla karşılaştırılması

Çıkışlar	YSA Model*	YSA Model**	EM Model	Deney Sonucu
fp1 (GHz)	1.613	1.620	1.614	1.604
fp2 (GHz)	1.622	1.621	1.626	1.628
f3dB1 (GHz)	1.598	1.614	1.602	1.589
f3dB2 (GHz)	1.663	1.768	1.638	1.642

Tablo A.6’da, perturbasyon boyutunun referans elemanından küçük olduğu yapı için oluşturulan iki gizli tabakalı MLP modelindeki % 1 ve % 0.2 lik minimum karesel hatalardaki tanh aktivasyon fonksiyonu ile üretilen veriler kullanılmıştır.

Tablo A.7: Tek gizli katman kullanılarak değişik aktivasyon fonksiyonları için Min. MSE değeri için tekrarlı eğitim (epoch) sayıları

% 1 Min. MSE değeri için			% 0.2 Min. MSE değeri için		
Aktivasyon Fonksiyonu	Epoch Sayısı	Min. MSE	Aktivasyon Fonksiyonu	Epoch Sayısı	Min. MSE
Lineer sigmoid	2061	%1	Lineer sigmoid	6494	%0.2
Lineer tanh	27	%1	Lineer tanh	14298	%0.2
tanh	23	%1	tanh	2251	%0.2
sigmoid	257	%1	sigmoid	1049	%0.2

Tablo A.8: İki gizli katman kullanılarak değişik aktivasyon fonksiyonları için Min. MSE değeri için tekrarlı eğitim (epoch) sayıları

% 1 Min. MSE değeri için			% 0.2 Min. MSE değeri için		
Aktivasyon Fonksiyonu	Epoch Sayısı	Min. MSE	Aktivasyon Fonksiyonu	Epoch Sayısı	Min. MSE
Lineer sigmoid	16449	%1	Lineer sigmoid	13363	%0.2
Lineer tanh	67	%1	Lineer tanh	13336	%0.2
tanh	69	%1	tanh	1668	%0.2
sigmoid	3269	%1	sigmoid	16689	%0.2

Tablo A.9: $g=1.4$ mm ve $l=2.8$ mm için elde edilen değerlerin karşılaştırılması

Çıktılar	YSA Model*	YSA Model**	EM Model	Deney Sonucu
IL1 (dB)	33.29	32.11	32.16	3225
IL2 (dB)	34.32	33.52	33.94	30.78
fp1 (GHz)	2.404	2.388	2.400	2.411
fp2 (GHz)	2.459	2.436	2.420	2.434
f3dB1 (GHz)	2.397	2.374	2.380	2.395
f3dB2 (GHz)	2.470	2.450	2.440	2.451

*YSA %1 min karesel hata değeri için değerler kullanılmıştır.

**YSA %0.2 min karesel hata değeri için değerler kullanılmıştır.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Pınar Öztürk

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir / 07.04.1987

Adres: Değirmenönü Mah. Saltak Cad. Özgür Apt. Kat:5 Daire:9 Merkez /DENİZLİ

Lisans Üniversitesi: Pamukkale Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Karpuz C., Özek A., Görür A., Öztürk P., Bağ N., “Mikroşerit Çift Modlu Rezonatör Filtre Yapılarının Optimizasyonun Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Modellenmesi”, National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering ELECO, pp. 484-488, 2010.
- Karpuz C., Özek A., Görür A., Bağ N., Öztürk P., “Dahili Beslemeli Lineer Faz Filtrelerin Optimizasyonu İçin Yapay Sinir Ağı Uygulamaları”, National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering ELECO, pp. 489-492, 2010.