T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIKLIK KUPLAJLI MİKROŞERİT YAMA ANTENİN REZONANS FREKANSININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

İsa ATAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Şubat – 2011

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

İsa ATAŞ tarafından yapılan "Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Antenin Rezonans Frekansının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :Yrd. Doç. Dr. M. Bahattin KURT

Üye :Yrd. Doç. Dr. M. Siraç ÖZERDEM

Üye :Yrd. Doç. Dr. Orhan ARPA

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 15/02/2011

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../.....

Prof. Dr. Hamdi TEMEL

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, değerli zamanını ayırıp danışmanlığımı üstlenen ve her konuda desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Bahattin Kurt hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın başından itibaren değerli katkıları ile beni yönlendiren ve bilimsel çalışma mantığını kazanmama yardımcı olan ağabeyim Musa ATAŞ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamı hazırlarken bana her zaman destek olan ve yardımlarını esirgemeyen, beni sabırla bekleyen ve bana sonsuz anlayış gösteren aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR I

İÇİNDEKİLER II

ÖZET V

ABSTRACT VI

ÇİZELGE LİSTESİ VII

ŞEKİL LİSTESİ VIII

EK LİSTESİ IX

SİMGELER VE KISALTMALAR X

1. GİRİŞ 1

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3

3. MATERYAL VE METOD 5

3.1. Temel Anten Parametreleri 5

3.1.1. Işınım Modeli (Radiation Pattern) 5

3.1.2. Geri Dönüş Kaybı (Return Loss) 6

3.1.3. Anten Yönelticiliği ve Kazanç (Gain) 7

3.1.4. Yarım Güç Işını (Half Power Beam Width (HPBW)) 7

3.1.4.1. Ortadan/Uçtan ışımalı antenler 8

3.1.5. Voltaj Duran Dalga Oranı (Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)) 9

3.1.6. Verim (Efficiency) 9

3.1.7. Band Genişliği (Band Width (BW)) 9

3.2. Mikroşerit Yama Antenler 11

3.2.1. Mikroşerit Yama Antenlerin Uygulama Alanları 13

3.2.2. Mikroşerit Yama Anten Besleme Teknikleri.....14

3.2.2.1. Koaksiyel Besleme 14

3.2.2.2. Mikroşerit Hat Besleme 15

3.2.2.3. Elektromanyetik Kuplajlı Besleme 16

3.2.2.4. Açıklık Kuplajlı Besleme 16

3.2.3. Mikroşerit Yama Antenlerin Şekil ve Boyut Özellikleri.....18

3.2.4. Mikroşerit Yama Antenlerde Analiz Yöntemleri 19

3.2.5. Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Antenler.....19

3.2.5.1. Açık Kuplajlı Mikroşerit Yama Antenin Temel Özellikleri.....21

3.3. Yapay Sinir Ağları (YSA).....23

3.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri.....27

3.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması 27

3.3.2.1. YSA' ların yapılarına göre sınıflandırılmaları.....28

İleri Beslemeli Ağlar.....28

Geri Beslemeli Ağlar 29

3.3.3. Bazı Ağ Mimarileri ve Levenberg-Marquardt Algoritması(LM) 30

3.3.3.1. Tek Katmanlı YSA' lar.....30

3.3.3.2. Çok Katmanlı Algılayıcılar (ÇKA).....32

3.3.3.3. Levenberg-Marquardt Algoritması 33

3.4. Yüksek Frekans Yapı Simülatörü (HFSS) 35

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....37

4.1. HFSS ile Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Antenin Rezonans Frekansının Bulunması 37

4.1.1. Rezonans Frekansının Antene Bağımlı Parametreleri 38

4.2. YSA ile Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Antenin Rezonans Frekansının Bulunması 41

5. SONUÇLAR.....47

6. KAYNAKLAR.....49

EKLER 55

ÖZGEÇMİŞ.....57

ÖZET

AÇIKLIK KUPLAJLI MİKROŞERİT YAMA ANTENİN REZONANS FREKANSININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsa ATAŞ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2011

Bu çalışmada, mikroşerit yama antenin rezonans frekansının yapay sinir ağları (YSA) ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Kendi sınıfında en yüksek band genişliğine sahip Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Anten (AKMYA) üzerinde çalışılmıştır.

Tez çalışmasında AKMYA, HFSS paket programı ile modellenerek simüle edilmiştir. Simülasyon sonucunda rezonans frekans değerleri bulunmuş, anten boyutlarında sistematik bir şekilde gerekli değişiklikler yapılmıştır. Tüm giriş parametreleri manuel olarak girilmiş ve çıkış rezonans frekans değeri yine manuel olarak kaydedilmiştir.

İstenilen anten parametrelerinin elde edilmesinde simülasyon programlarının ağır hesap yükünden dolayı sonuçları uzun zaman diliminde vermesi bilgisayar destekli yeni yöntemlerin arayışına yol açmıştır. Bu bağlamda az bir bilgiye gereksinim duyması, farklı problemlere cevap vermesi, genelleme yapabilmesi, hızlı öğrenme becerisi gibi özellikler YSA' nın kullanılmasında ana etken olmuştur. Ayrıca YSA' ların eğitilmesinde çok katlı perseptronlar üzerinde farklı öğrenme yöntemleri kullanılarak, bu yöntemlerin performansları karşılaştırılmıştır.

YSA modellerinden elde edilen sonuçların, HFSS sonuçlarıyla uyumluluk içinde olduğu görülmüştür. Bununla beraber kullanılan YSA modeller sayesinde sonuçlar HFSS'ye göre çok daha kısa bir sürede elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Mikroşerit yama anten, açıklık kuplajlı, rezonans frekansı, anten simülasyonu, yapay sinir ağları.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE RESONANCE FREQUENCY OF APARTURE COUPLED MİCROSTRIP PATCH ANTENNA WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

M Sc. THESIS

İsa ATAŞ

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2011

The aim of this study is to determine the resonance frequency of microstrip patch antenna with artificial neural networks (ANN). Having the highest bandwidth in its class, the aparture coupled microstrip patch antenna (ACMPA) has been studied on.

In this study ACMPA has been simulated by modelling with HFSS package software. In the result of simulation, resonance frequency values have been calculated, the required changes in antenna sizes have been made systematically. Each input parameter changes have been entered manually and output resonance frequency values have been recorded manually as well.

The long period of time caused by the excessive calculation of simulation softwares used to obtain the desired antenna parameters has led to the search of new computer aided methods. Because it needs less information, responds to different problems, makes generalizations, has fast learning ability ANN has been chosen. In the training of ANNs using different learning methods on multi layer perceptrons, the performances of these methods have been compared.

The results obtained from ANN models are in compliance with HFSS results. The advantages of the neural models used in this study are that the results are obtained within a short period of time and these results are correct.

Key words: Microstrip patch antenna, aparture coupled, resonance frequency, antenna simulation, artificial neural networks.

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1.	Mikroşerit yama antenlerde değişik tiplerdeki besleme tekniklerinin karşılaştırılması	17
Çizelge 4.1.	AKMYA' nın giriş parametre değerlerine göre rezonans frekans cevabı	37
Çizelge 4.2.	HFSS'de kullanılan AKMYA'nın giriş parametre değerleri ve elde edilen çıkış rezonans frekans değerleri	40
Çizelge 4.3.	YSA modelinin özellikleri	42
Çizelge 4.4.	500 iterasyon için Geri Yayılım Algoritması Kullanılarak YSA Modeli ve HFSS'nin Fr Sonuçlarındaki Hata Ölçümleri	45
Çizelge 4.5.	AKMYA için sunulan YSA modelinde algoritma performansları	46

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 3.1.	Işıyan yama anten	6
Şekil 3.2.	Antenin ışıma diyagramı	7
Şekil 3.3.	Ortadan (solda) ve uçtan (sağda) ışımalı anten dizileri	8
Şekil 3.4.	Yansıma katsayısı grafiğinde band genişliği ölçümü	10
Şekil 3.5.	Mikroşerit yama anten	11
Şekil 3.6.	Koaksiyel beslemeli MYA konfigürasyonu	15
Şekil 3.7.	Mikroşerit hat beslemeli MYA konfigürasyonu	15
Şekil 3.8.	Elektromanyetik kuplajlı MYA konfigürasyonu	16
Şekil 3.9.	Açıklık kuplajlı MYA konfigurasyonu	17
Şekil 3.10.	Mikroşerit yama antenlerde kullanılan temel yama şekilleri	18
Şekil 3.11.	Açık kuplajlı mikroşerit yama anten geometrisi a) yandan görünüşü b) üstten görünüşü	20
Şekil 3.12.	Açık kuplajlı alanın yayılımı	20
Şekil 3.13.	Miyelinli bir nöron yapısı	24
Şekil 3.14.	Biyolojik nöron	25
Şekil 3.15.	Yapay nöron	25
Şekil 3.16.	YSA' lar için kullanılan eşik fonksiyonları	26
Şekil 3.17.	Çok katmanlı ve ileri beslemeli ağ	28
Şekil 3.18.	Geri beslemeli ağ için blok diyagram	29
Şekil 3.19.	Tek katmanlı YSA	32
Şekil 4.1.	HFSS ile modellenmiş AKMYA	37
Şekil 4.2.	Açık kuplajlı mikroşerit yama antenin üstten ve yandan görünüşü	38
Şekil 4.3.	AKMYA' nın giriş parametre değerlerine göre rezonans frekans cevapları	39
Şekil 4.4.	YSA ağ yapısı	41
Şekil 4.5.	YSA modelinin performans eğrisi	43
Şekil 4.6.	Eğitim sonucu ile gerçek sonucun karşılaştırılması	44
Şekil 4.7.	Test sonucu ile gerçek sonucun karşılaştırılması	44

EK LİSTESİ

Ek No		Sayfa
Ek-1.	Eğitim ve test veri seti oluşturmak için kullanılan MATLAB kodu	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

AKMYA : Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Anten

ALPS : Adaptif Lanczos-Pade Taraması

BW : Band Genişliği

ÇKA : Çok Katmanlı Ağ

EM : Elektro Magnetic

EMC : Elektromanyetik Uyumluluk

EMI : Elektromanyetik Girişim

FEM : Finite Element Method

GD : Gradient Descent

GDM : Gradient Descent with Momentum

HFSS : High Frequency Structure Simulator

HPBW : Half Power Beam Width

IC : Integrated Circuit

LM : Levenberg-Marquardt

LVQ : Learning Vector Quantization

MLP : Multi Layer Perseptron

MYA : Mikroşerit Yama Anten

PCB : Printed Circuit Board

RCS : Radar Cross Section

RF : Radio Frequency

RL : Return Loss

SOM : Self Organising Map

TEM : Transverse Electro Magnetic

TM : Transverse Magnetic

VSWR : Voltage Standing Wave Ratio

YSA : Yapay Sinir Ağları

ε_{rf} : Beslemenin Dielektrik Katsayısı

ε_{rp} : Yamanın Dielektrik Katsayısı

ε_r : Dielektrik Katsayısı

λ : Dalga Boyu

λ_0 : Serbest uzay dalga boyu

λ_d : Dielektrik Sabitenin dalga boyu

ΔL	: Birim Uzunluk
α	: Alfa
β	: Beta
e	: Verim
G	: Kazanç
D	: Yönlülük
dB	: Birimsiz
Γ	: Yansıma Katsayısı
Q	: Kayıplı rezonatör faktörü
F	: Aktivasyon Fonksiyonu
p	: Nöron giriş sayısı
n	: Çıkış sayısı
w	: Ağırlık matrisi

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak kablosuz iletişimin ilgi görmesi, son yıllarda anten teknolojisinin hızlı ilerlemesine olanak sağlamıştır. Kablosuz iletişim araçlarından biri de mobil uygulamalarında ve uzay araçlarında kullanılan mikroşerit yama antenlerdir (MYA). Kişisel taşınabilir cihazların yoğun talep edilmesi MYA' nın önemini daha da artırmıştır.

MYA' ların, anten yapıları içinde önemli bir gelişme ve yenilik sağlamasının diğer bir yönü düşük bir profile sahip olması ve mikrodalga tümleşik devrelerine rahatlıkla uyum sağlayabilmesidir. MYA' lar, alışılmış mikrodalga antenlere göre çeşitli avantajlara sahip olduğundan pek çok uygulaması 100 MHz – 50 GHz frekans aralığındadır. Yapılarının küçüklüğü ve devre elemanlarıyla aynı dielektrik katmanı paylaşabilmeleri nedeniyle kolayca entegre devre yapılara uyum sağlayıp, taşınabilir cihazların boyutlarını büyütmezler. Bu avantajlarının yanında temel MYA' ların dar band genişliği, besleme devrelerinde yüksek kayıplar, düşük çapraz polarizasyon ve düşük güç kontrolü kapasitesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Detaylı araştırma ve geliştirmeler bu dezavantajların çoğunun temel MYA elemanlar üzerine yapılabilecek eklemeler ve değişikliklerle yok edilebileceğini veya en azından azaltılabileceğini göstermektedir.

MYA'lar belli başlı bazı sistem uygulamalarında kullanılmaktadırlar. Bunlar kablosuz sistemler, uydu haberleşmesi, biomedikal ışınlayıcı, çevresel enstrümantasyon ve uzaktan algılamadır. Teknolojideki ilerlemelere paralel olarak bu uygulamaların sayısı artmaya devam edecektir.

MYA'lar diğer antenlere göre daha dar bant genişliğinde çalıştığı için rezonans frekansının belirlenmesi önem taşımaktadır. MYA' nın rezonans frekansını etkileyen parametreler, kullanılan dielektrik malzemenin kalınlığına, dielektrik sabitine, toprak yüzeyinin boyutuna, iletken yamanın kalınlığına ve genişliğine bağlıdır.

Bu tez çalışmasında MYA' lardan besleme tekniklerinde kendi sınıfındaki mikroşerit yama anten tiplerine göre band genişliği yüksek olan mikroşerit hat ile beslenen Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Anten (AKMYA) incelenecektir. AKMYA

ilk olarak Prof. David M. Pozar tarafından önerilmiş ve yalıtkan malzeme olan alttaş yüksekliği ile band genişliği aralığını geliştirmiştir.

İncelenecek AKMYA prototipi, yüksek frekans yapı simülatör programı olan High Frequency Structure Simulator (HFSS) ile hazırlanacaktır. HFSS paket programı windows grafiksel kullanıcı ara yüzünü kullanan yüksek performanslı bir tam dalga elektromanyetik (EM) alan simülatörüdür. Bilgisayar ortamında hazırlanacak olan prototipin simüle edilmesi fabrikasyon aşamasındaki gereksiz maliyetleri ortadan kaldıracak ve en iyi sonucun üretim aşamasında vermesine katkıda bulunacaktır. Simülatör programının arka planında yüksek doğruluk payına sahip olan tam dalga modeli kullanılmaktadır. Fakat bu model oldukça karmaşıktır ve fiziksel çözümleme yeteneği düşüktür.

İstenilen anten parametrelerinin elde edilmesinde simülasyon programlarının ağır hesap yükünden dolayı sonuçları uzun zaman diliminde vermesi bilgisayar destekli yeni yöntemlerin arayışına yol açmıştır. Bu yöntemlerden biri Yapay Sinir Ağları (YSA)' dır. Öğrenme becerisi, kolayca farklı problemlere uygulanabilirliği, genelleme yapabilmesi, az bilgiye gereksinim duyması, hızlı ve kolayca işlem yapabilmesi gibi özellikler YSA' ları son yıllarda popüler yapmıştır.

Günümüzde birçok çalışmalarda sinir ağ modelleri, MYA' ların rezonans frekansı hesaplamalarında karmaşık ve zaman alıcı matematiksel yöntemlerden doğan problemleri ortadan kaldırmaktadır. Bu çalışmada 1 GHz ile 3.5 GHz arasındaki frekans aralığı için AKMYA' nın istenilen parametrelerini veren bir YSA modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen nöral ağ model sonuçları ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Nöral ağ sonuçları, simülasyon sonuçlarına yakın ve doğru bir yaklaşım sergilemiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

S.Sinan Gültekin ve arkadaşları 2002 yılında elektriksel olarak ince ve kalın dikdörtgen mikroşerit antenlerin rezonans direncini, yapay sinir ağlarında farklı öğrenme algoritmaları kullanarak hesaplamışlardır. Çalışmalarında Nöral modellerden elde edilen sonuçların, literatürde mevcut olan klasik yöntemlerin sonuçlarından çok daha iyi deneysel sonuçlarla uyumluluk içinde olduğu gözlemlemişlerdir (Gültekin ve ark. 2002).

Bratislav Milovanovic, Marija Milijic, Aleksandar Atanaskovic, Zoran Stankovic tarafından hazırlanan "Modeling of Patch Antennas Using Neural Networks" çalışmasında, çok katmanlı perseptron ağlarına dayalı sinir ağı modeliyle bir yama anten modellenmiştir. Ağ eğitilirken HFSS' den elde edilen elektromanyetik simülasyon sonuçlarına ait veriler kullanılmıştır. Modelde giriş değerleri olarak yama uzunluğu (L), yama genişliği (W), yarık derinliği (l) ve yarık genişliği (s) olmak üzere kullanılan dört parametre, çıkış değerleri olarak rezonans frekansı ve minimum S11 değerlerinin hesaplanmasına imkan tanımıştır (Milovanovic ve ark. 2005).

Pejman Taslimi 2005 yılındaki çalışmasında HFSS programını kullanarak mikroşerit yama antenlerin analizi ile uğraşmıştır (Taslimi 2005).

Nurhan Türker ve arkadaşları 2006 yılındaki tübitak çalışmalarında mikroşerit antenler için yapay sinir ağ yapısı tasarlamışlardır (Türker ve ark. 2006).

Vandana Vikas Thakare ve Pramod Singhal 2006 yılındaki makale çalışmalarında dikdörtgen mikroşerit yama antenlerin tasarımı için yapay sinir ağları tabanlı bir model geliştirmişlerdir (Thakare ve Singhal 2006).

Müh. İpek Tansarıkaya 2007 yılında kendi y.lisans tezinde mikroşerit yama antenlerin geniş band tasarımını HFSS ile gerçekleştirmiştir. Tasarım çalışmasında yazılım ve laboratuar desteğiyle yama antenlerin band genişliklerini karşılaştırmıştır (Tansarıkaya 2007).

Som Pal Gangwar ve arkadaşları 2008 yılındaki makalelerinde yapay sinir ağlarını kullanarak dairesel mikroşerit antenin rezonans frekansını incelemişlerdir (Gangwar ve ark. 2008).

Dilek Koçer 2009 yılında kendi y.lisans tezinde daire ve dikdörtgen geometrik yapılı mikroşerit antenlerin simülasyonunu HFSS ile gerçekleştirip, Ağ eğitilirken HFSS' den elde edilen elektromanyetik simülasyon sonuçlarına ait veriler kullanarak rezonans frekanslarını belirlemiştir (Koçer 2009).

Tanushree Bose and Nisha Gupta 2009 yılında yazdıkları makalede açıklık kuplajlı mikroşerit yama antenlerin yapay sinir ağları ile rezonans frekansları incelemişlerdir. Çalışmada YSA modellemede bulunan rezonans frekans değerlerinin, simülasyon program değerlerine yakın olması YSA çalışmaların yüksek doğruluk payına sahip olduğunu göstermiştir (Bose ve Gupta 2009).

P. Malathi ve Raj Kumar 2009 yılındaki makale çalışmalarında yapay sinir ağlarını kullanarak çok katmanlı dikdörtgen mikroşerit anten tasarımı gerçekleştirmişlerdir (Malathi ve Kumar 2009).

Burak Gökçe 2009 yılında y.lisans çalışmasında HFSS programı kullanarak cep telefonları için mikroşerit yama anten tasarımı yapmıştır (Gökçe 2009).

Alper Yıldırım ve arkadaşları 2010 yılındaki çalışmalarında HFSS programını kullanarak 2.4 GHz' de Yüksek Kazançlı Mikroşerit Yama Anten tasarımı gerçekleştirmişlerdir (Yıldırım ve ark. 2010).

Bu çalışmada ise mikroşerit yama antenlerden AKMYA' nın simülasyon programı (HFSS) ile prototipi hazırlanmış, girişte anten yapısında değişikler yapılarak çıkış rezonans frekans değeri gözlemlenmiştir, Ağ eğitilirken HFSS' den elde edilen veriler kullanılmıştır. Oluşturulan veri seti YSA girişine uygulanarak küçük bir hata oranı ile çıkış frekans değerleri tespit edilmiştir. YSA modellerinden elde edilen sonuçların HFSS sonuçlarıyla uyumluluk içinde olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

Temel antenler, haberleşme sistemlerinde genel olarak elektromanyetik dalgalar ve elektriksel işaretler arasındaki çevrimden sorumlu devre bileşenidirler. İletim kanalı olarak hava veya atmosferi kullanan haberleşme sistemlerinin, bu kanala açılan ara yüzüne anten diye tanımlanır. Buna göre bir antenin kullanımı verici anten, alıcı anten veya verici-alıcı anten karakteristiklerinden birine uyabilir.

Verici anten, elektriksel işareti, elektromanyetik dalgaya çevirip iletim ortamına aktarmakla yükümlüdür. Alıcı anten ise, verici anten tarafından gönderilmiş elektromanyetik dalgayı toplayarak kendisine bağlı devrede elektriksel işaret indüklemekle görevini yapar. Bir anten resiprokluk (çift yönlü dönüştürücü) özelliğinden dolayı hem verici, hem de alıcı anten olarak kullanılabilir. Her iki karakteristiği de aynı anda göstermesi beklenen alıcı-verici anten kullanan sistemlerde, gönderilen ve alınan işaretlerin karışmaması için bir tür çoğullama tekniği kullanılması gerekir (Özdemir 2009).

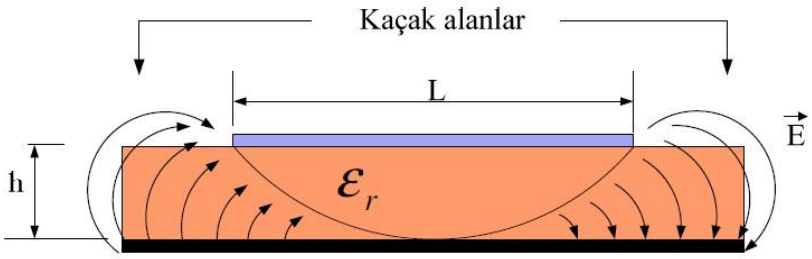
3.1. Temel Anten Parametreleri

Tüm anten tasarımlarını karakterize eden ve dikkate alınması gereken önemli parametreler vardır. Bunlar, ışınım modeli, geri dönüş kaybı (RL), anten yönelticiliği ve kazanç, yarım-güç ışın genişliği, voltaj durağan dalga oranı (VSWR), anten verimi ve band genişliğidir (BW).

3.1.1. Işınım Modeli (Radiation Pattern)

MYA'larda ışıma, yama ve toprak düzlemi arasındaki kenarlardan oluşur. Elektrik alanın genişlik ve kalınlık boyunca değişmediği kabul edilerek elektrik alan dağılımı Şekil 3.1'de gösterildiği gibi çizilebilir. Bu saçılan elektrik alanlar, Kaçak Alanlar olarak da adlandırılır ve antenin ışımasını yani elektrik alanın yayılmasını sağlarlar. Kenarlardaki bu alanlar toprak düzlemine göre dik ve teğet iki bileşene ayrılabilir. Yama iletkeni genel olarak $\lambda / 2$ uzunluğunda olması nedeniyle; dik bileşenler iki kenarda saçılmayla oluşan dalgaların aynı fazda olmamaları sonucu uzak alanda birbirlerini yok ederler. Teğet bileşenler ise aynı fazdadırlar ve uzak alanda en yüksek ışıma alan değerini verecek biçimde toplanırlar. Böylece, kaçak alanlardan

dolayı, MYA'nın $\lambda / 2$ uzaklığında yerleştirilmiş, eş fazda uyarılmış ve toprak düzleminin üst kısmında ışıma yapan ΔL uzunluğunda iki antenin var olduğu düşünülebilir (Balanis ve ark. 1982).



Şekil 3.1. Işıyan yama anten (Toktaş 2009)

3.1.2. Geri Dönüş Kaybı (Return Loss)

Geri dönüş kaybı (RL), antene gönderilen gücün ne kadarının geri döndüğünün bir ölçüsüdür. Esasında birimsiz olan bu büyüklüğün logaritmik skalaya indirgendiğini anlatmak için dB birimi ile anılır. Bir antenin geri dönüş kaybı -9.95'in altına düşmüşse, o anten, o frekans bölgesinde çalıştırılabilir demektir.

Geri Dönüş Kaybı veya saçılma (scattering) S1:1 giriş ve çıkış kaynaklarını uygun karakterize eden bir yoldur. Geri dönüş kaybı aşağıda belirtildiği gibi dB olarak belirlenir (Nakar 2004).

$$RL = -20 \log_{10} |\Gamma| \text{ (dB)} \tag{3.1}$$

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_{in} - Z_S}{Z_{in} + Z_S} \tag{3.2}$$

- RL = Geri Dönüş Kaybı
- Γ = Yansıma Katsayısı
- V_r = Yansıyan dalganın genliği
- V_i = İletilen dalganın genliği
- Z_{in} = Giriş empedans
- Z_s = Karakteristik empedans (Harith 2005)

$\Gamma = 0$ olduğu durumlarda $RL = \infty$, $\Gamma = 1$ olduğu durumlarda $RL = 0$ olur.

3.1.3. Anten Yönelticiliği ve Kazanç (Gain)

Anten yönelticiliği ve kazanç belli bir referans antene göre tanımlanan iki önemli parametre. Bir noktasal kaynak her yöne eşit ışıma yapar. Bu kaynağa izotropik kaynak adı verilir ve referans olarak kullanılır. İzotropik kaynağın her yöne yaydığı güce eşit gücü belli bir doğrultuya yayabilme özelliğine anten yönelticiliği denir.

Kayıpsız antenlerde yönelticilik aynı zamanda anten kazancı demektir. Ancak kayıplı antenlerde kazanç, yönlülük ile kayıp oranının (verimin) çarpımına eşittir.

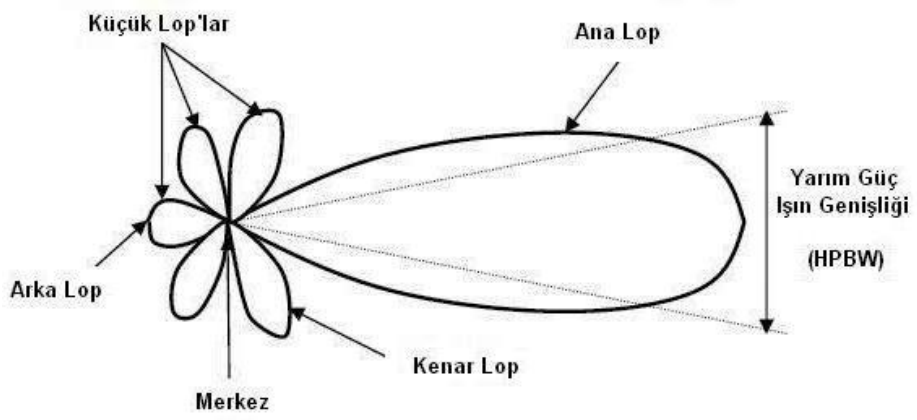
- $G = e \times D$ (3.3)
- e = verim D = yönlülük

Anten yönelticiliğinin analitik olarak hesaplanabilmesine karşın kazanç ancak referans antene göre yapılan ölçülerle bulunabilir. Anten kazancı ile doğrudan ilgili olan diğer parametre ise etkin yüzeydir. Anten etkin yüzeyi, uzaydaki elektrik alanlardan anten uçlarına güç aktarabilme yeteneği olarak tanımlanır.

Basit bir yama anten maksimum 6-9 dBi'lik bir yönlü kazanç sağlar (Sevgi 2005).

3.1.4. Yarım Güç Işın Genişliği (Half Power Beam Width (HPBW))

Işıma diyagramları, genelde antenlerin hangi yöne ne kadar güç yaydığını belirten bir grafiksel gösterimdir. Şekil 3.2' de antenin ışıma diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Antenin ışıma diyagramı

Işıma diyagramı her hangi bir düzlemde söz konusu olsa da, genelde, yatayda ya da düşeydeki diyagramlarla ilgilenilir. Işıma diyagramı ve yöneltmiş antenlerde kullanılan tanımlar aşağıda tanımlanmıştır.

• Ana ışıma kulakçığı: Antenin en fazla ışıma yaptığı yöndeki demet.

• Yan kulakçıklar: Ana kulakçık etrafında oluşan istenmeyen kulakçıklar.

• Arka kulakçık: Antenin gerisinde oluşan kulakçık

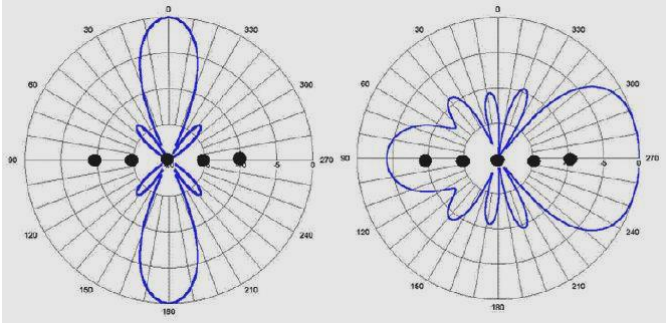
• Ön-Arka bastırma oranı: Ana kulakçık – arka kulakçık güç oranı.

• Ön- yan bastırma oranı: Ana kulakçık – yan kulakçık güç oranı.

• Işıma demeti: Ana kulakçık gücünün yarıya düştüğü noktalar arasındaki açı (Sevgi 2005).

3.1.4.1. Ortadan / Uçtan Işımalı Antenler

Antenler tek parça olarak veya bir dizi oluşturulduğunda farklı yönlere ışıma yapabilirler. Demet oluşturmalı ya da demet taramalı anten dizileri adı verilen bu sistemlerde iki farklı ışıma yönü ayrıca belirtilmektedir. Ortadan ışımalı antenler (diziler) ya da uçtan ışımalı antenlerdir (diziler). Şekil 3.3'de bu tanımlara bir örnek gösterilmektedir (Sevgi 2005).



Şekil 3.3. Ortadan (solda) ve uçtan (sağda) ışımalı anten dizileri (Sevgi 2005).

3.1.5. Voltaj Duran Dalga Oranı (Voltage Standing Wave Ratio (VSWR))

Anten giriş empedansı genelde uçlarına bağlanan besleme kaynağının empedansından farklı olduğundan kaynak, iletim hattı ve anten arasında bir empedans uygunsuzluğu meydana gelir. Bu farkın belirlediği oranda antene gelen gücün bir kısmı geri yansır. Aynı şekilde kaynak ucunda da bir uyumsuzluk söz konusu olduğundan burada da bir güç yansıması oluşur. Anten girişinde yansıyan ve giden gerilim dalgalarının oluşturduğu maksimum gerilimin minimum gerilime oranı duran dalga oranı (VSWR) olarak isimlendirilir. VSWR diğer bir tanımla maksimum voltaj genliğinin minimum voltaj genliğine oranı olarak söylenebilir. VSWR, anten girişinde geri yansıyan gücü belirten bir parametre olarak ta belirtilir (Sevgi 2005).

$$VSWR = E_{max}/E_{min} \tag{3.4}$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \tag{3.5}$$

3.1.6. Verim (Efficiency)

Antenin kaynaktan çektiği gücün bir kısmı ısıl kayıp olarak harcanır. Işıma gücü ve ısıl kayıpların toplamı kaynaktan çekilen güce eşittir. Anten veriminin tanımı ışıma gücünün kaynaktan çekilen güce oranıdır. Isıl kayıplar ne kadar az ise verim o kadar yüksek olur (Sevgi 2005).

3.1.7. Band Genişliği (Band Width (BW))

Dipol, yarık ve dalga kılavuzu anten modellerinin çalıştıkları band genişlikleri %15–50 arasında değişirken, temel mikroşerit yama anten modellerinin çok düşük yüzdeli bir band genişliği empedansı vardır. Alt katman kalınlaştıkça ve dielektrik katsayısı düştükçe band genişliği artar. Mikroşerit antenlerin band genişliği $h/\sqrt{\varepsilon r}$ ile orantılıdır. Her iki eğilim de yama akımının alt katmandaki toprak düzlemindeki negatif görüntüsünün yakınlığı nedeniyle rezonatörün artan Q`suyla açıklanabilir. Band genişliği için, düşük dielektrik sabitli kalın bir anten alt katmanı kullanmak tercih edilir. Ancak endüktif yükleme ve düzlemsel mikroşerit devrelerden gelebilecek sahte ışımalar nedeniyle bir mikroşerit anten alt katmanının kalınlığı 0.02λ veya daha düşüktür. Temel elemanın band genişliğinin sınırlı olması, son 15 yılda yapılan araştırma ve geliştirme

çalışmaları sonunda mikroşerit anten band genişliğinin yükseltilmesi için birçok tekniğin oluşmasına yol açtı, böylece %10-40'lık empedans band genişliği aşılabildi.

Mikroşerit anten band genişliğinin geliştirilmesine yönelik düzinelerce teknik bulunmuştur ve bunları üç kanonik yaklaşıma göre kategorize edebiliriz:

- uyum devreleri kullanarak empedans uydurma,
- yığılmış veya parazitik elemanlarla ikili rezonanslar,
- kayıplı elemanlar ekleyerek verimi düşürme (Sanıatı 1996).

$$BW_{broadband} = f_H / f_L \quad (3.6)$$

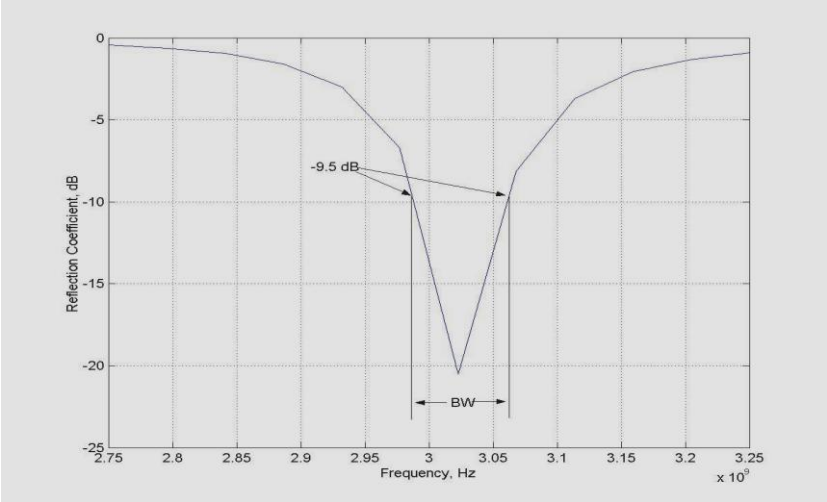
$$BW_{narrowband}(\%) = [(f_H - f_L) / (f_C)]x100 \quad (3.7)$$

f_H = Yüksek Frekans

f_L = Düşük Frekans

f_C = Merkez Frekans (Rezonans)

- broadband =geniş band
- narrowband= dar band



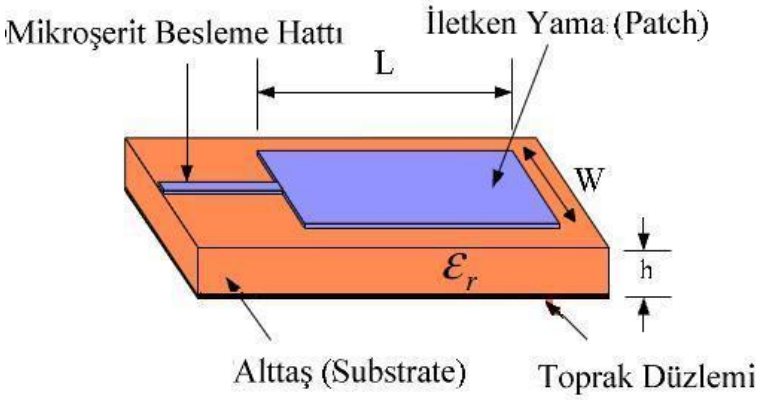
Şekil 3.4. Yansıma katsayısı grafiğinde band genişliği ölçümü (Nakar 2004).

"İyi bir anten performansı VSWR ≤ 2 (RL ≥ −9.5dB) olduğu durumlarda sağlanır" (Ghosh ve Parui 2010).

3.2. Mikroşerit Yama Antenler

Mikroşerit yama anten (MYA) kavramı ilk kez 1953 yılında Deschamps tarafından ortaya atıldı. Daha sonra Gutton ve Baissinot bir mikroşerit anten modeli için patent almışlardır. Buna rağmen geniş bir değer aralığındaki dielektrik sabitli, bakır ya da altınla kaplanmış alt tabaka, kullanılabilir ısıl ve mekanik özelliklerinin, düşük kayıp oranlarının geliştirilerek teorik modelleri kadar iyi pratik antenler üretilene kadar yirmi yıl geçti. Bunun başlıca nedeni iyi dielektrik tabanların mevcut olmamasıdır. Bu tabanların gelişimi ile mikroşerit anten de hızlı bir gelişim içine girmiştir. İlk pratik antenler 1970' lerin başlarında, Howel ve Munson tarafından geliştirildi. O zamandan beri, mikroşerit antenlerin, hafiflik, küçük hacim, ucuzluk, yüzeysel görünüş, baskı devrelere uygunluk gibi sayısız avantajı kullanarak yapılan araştırma ve geliştirmeler; mikrodalga antenlerinin geniş alanında, MYA' ların ayrı bir dal olarak yer almasına ve değişik uygulamalara kılavuzluk etmesine öncü olmuştur (Balanis 1997).

Şekil 3.5' de görüldüğü gibi, bir MYA' nın basit görünüşü, alt tarafında bir toprak levhası bulunan dielektrik alt tabaka ile ($2.2 \leq \varepsilon r \leq 12$) diğer tarafı üstündeki ışınım yapan yamadan oluşur (Akkaya 1997). MYA, mikroşerit transmisyon hatlarının bir uzantısı olarak düşünülebilir.



Şekil 3.5. Mikroşerit yama anten (Toktaş 2009)

Genelde anten yapısının yama ve toprak kısmı bakırdır. Dielektrik taban ise çok geniş bir aralıkta dalgalanan özelliklere sahip isteğe göre seçilen yalıtkan bir malzemedir. Yama kısım ve toprak kısım birlikte bir iletim hattı oluşturarak Transverse Electro Magnetic (TEM) dalgalarla oluşan enerji için kılavuz görevi görürler. Dielektrik malzemenin kalınlığı genellikle 0.005cm ile 0.635cm arasında değişir. Mikrodalga

devreleri için alumina, quartz, Poly Tetra Fluor Ethylene (PTFE) diğer ismi teflon gibi malzemeler kullanılır fakat bunlar pahalı oldukları için genellikle tercih edilmezler. Yüksek frekanslarda entegre devrelerle birleştirilme kolaylığı sağlamak amacıyla Reçineli Cam İzole Boru (FR4) Bant Çeşitleri malzeme kullanılır. Bakır yamanın kalınlığı genellikle 0.035 mm ile 0.070 mm arasında değişir. Dielektrik tabanların elektriksel özellikleri dielektrik sabiti ve kayıp tanjantı ile belirlenir. Bu kayıp tanjantı ne kadar büyük olursa anten verimi de o derece düşük olur. Bu nedenle çoğu zaman düşük tanjantlı malzemeler tercih edilir (Balanis 1982). Tez çalışmasında kayıp tanjantı küçük alttaş malzeme kullanılmıştır.

MYA' dan ışıma, toprak yüzeyi ve mikroşerit yama anten iletkeninin kenarı arasındaki saçak alanlarından yayımlanır. Sınır şartı, ilk yaklaşıklıkla, açık alan yanal yüzeydeki teğetsel manyetik alan bileşenlerinin sıfır olmasıdır. Böylece, herhangi bir mod için, alan bileşenleri ifade edilebilir. Rezonatör, uygulamada bir mikroşerit hatla beslendiğinden, içinde alt ve üst plakalara dik bir elektrik alan bileşeni vardır. Yani bu doğrultu esas alınarak bulunacak çözüm bir Transverse Magnetic (TM) modudur. Uzaya ışınlanan alan, rezonatörün çevresindeki alanlar tarafından oluşturulur. Bu sebepten, bu alanların, hassas bir çözümle ifadesi gerekir (Akkaya ve Balanis 1997).

MYA' ların, anten yapıları içinde önemli gelişmeler ve yenilikler daha çok elektriksel olmayan özelliklerinde oluşmuştur. MYA düşük bir profil ve ağırlığa sahiptir, mikrodalga tümleşik devrelerine rahatlıkla uyum sağlayabilir. Küçük olmalarından dolayı ve devre elemanlarıyla aynı dielektrik katmanı paylaşabilmeleri nedeniyle kolayca entegre devre yapılara uyum sağlayabilir ve taşınabilir cihazların boyutlarını büyütmezler. Eğer malzeme ve fabrikasyon giderleri engelleyici değilse sistem çok ucuza mal edilebilir. Elektriksel performansı, tel veya açıklık gibi geleneksel anten sistemleriyle karşılaştırıldığında ise temel mikroşerit antenler: `dar band genişliği`, `yüksek besleme devre kayıpları`, `düşük çapraz polarizasyon` ve `düşük güç kontrolü kapasitesi` gibi dezavantajlara sahiptirler. Detaylı araştırma ve geliştirmeler bu engellerin çoğunun temel mikroşerit elemanlar üzerine yapılabilecek eklemeler ve değişikliklerle yok edilebileceğini veya en azından azaltılabileceğini gösterdi. Yama antenlerin bazı temel özellikleri; düşük profil form faktörü, düşük ağırlık, yüksek olmayan maliyetler, yerleşme yapısı bakımından uyumluluk, düzlemsel devrelere kolay

entegrasyon, doğrusal ikili ve dairesel polarizasyon yeteneği ve çok yönlü besleme geometrileridir.

Yama antenlerin tüm bu özelliklerine rağmen, bu teknolojinin dezavantajı temel mikroşerit elemanların band genişliğidir (Sanıatı 1996).

3.2.1. Mikroşerit Yama Antenlerin Uygulama Alanları

MYA‘ lar, alışılmış mikrodalga antenlere göre çeşitli avantajlara sahip olduğundan pek çok uygulaması 100 MHz – 50 GHz frekans aralığındadır.

Mikroşerit antenlerin, alışılmış mikrodalga antenlerine göre belli başlı avantajlarından bazıları şunlardır:

- Hafiflik, küçük hacim ve düşük profilli yüzeysel görünüme sahiptir.
- Düşük üretim maliyeti, kütlesel üretim kolaylığı vardır.
- İnce yapılabilir, bundan dolayı taşıyıcı uzay araçlarının aerodinamiğini bozmaz.
- Antenler, büyük değişiklikler olmadan füze, roket ve uydulara kolayca monte edilebilir.
- Bu antenlerin Radar Cross Section (RCS) alanı düşüktür.
- Besleme yerinde küçük değişikliklerle doğrusal ya da dairesel polarizasyon yapılabilir.
- MYA’ lar modüler tasarıma uygundur (Modülatörler, değişken zayıflatıcılar, anahtarlar, osilatörler, kuvvetlendiriciler, karıştırıcılar, faz kaydırıcılar gibi yarı iletken elemanlar doğrudan anten alt tabaka katına eklenebilirler).

Bunlarla birlikte mikroşerit antenler mikrodalga antenleriyle karşılaştırıldığında şu dezavantajlara sahiptir:

- Bant genişlikleri dardır.
- Kayıplar nedeniyle kazançları düşüktür.
- Maksimum kazancın pratik sınırları yaklaşık 20 dB’ dir.
- Işıma yapan elemanlar ve besleme arasındaki yalıtım zayıftır.
- Boyuna dizi ışıma performansı zayıftır.

- Mikroşerit antenlerin çoğu yarım bir uzaya ışıma yaparlar.

Pek çok pratik tasarım için, mikroşerit antenlerin avantajları, dezavantajlarına göre daha ağır gelir. Araştırma ve geliştirmelerin sürmesi ve mikroşerit anten kullanımının artmasıyla, mikroşerit antenlerin pek çok uygulama için alışılmış antenlerin yerine eninde sonunda geçmesi beklenebilir.

Mikroşerit antenleri içeren belli başlı bazı sistem uygulamaları şunlardır:

- Kablosuz Sistemler,
- Uydu haberleşmesi,
- Silahların otomatik ateşlenmesi,
- Biomedikal ışınlayıcı,
- Çevresel enstrümantasyon ve uzaktan algılama.

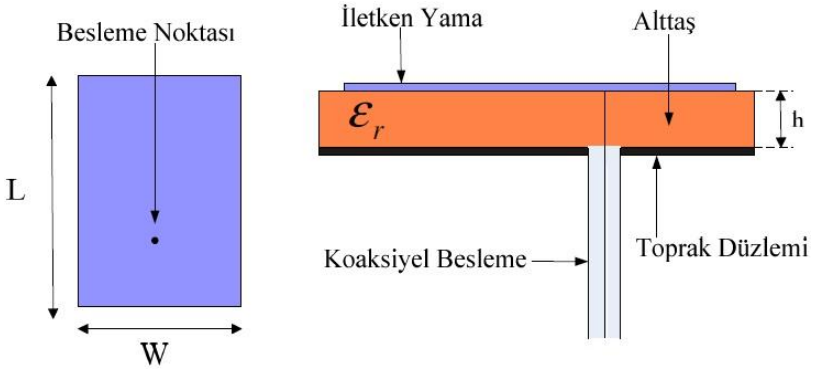
Mikroşerit antenlerin imkanlarının artmasıyla, bu uygulamaların sayısı artmaya devam edecektir (Balanis 1997).

3.2.2. Mikroşerit Yama Anten Besleme Teknikleri

MYA' lar koaksiyel hat veya mikroşerit hat ile beslenebilir. Ayrıca, açıklık kuplaj veya elektromanyetik kuplaj da olabilir. Besleme teknikleri, giriş empedansını ve anten karakteristiğini etkiler ve önemli bir tasarım parametresidir (James ve ark. 1988), (Akkaya 1997), (Garg ve ark. 2001), (Kumar ve ark. 2003).

3.2.2.1. Koaksiyel Besleme

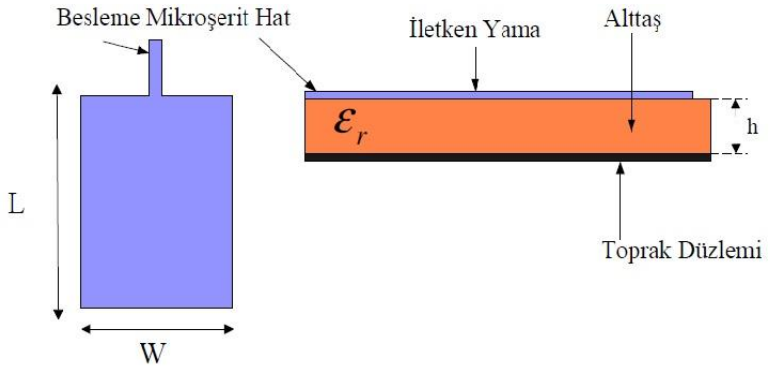
Şekil 3.6' da koaksiyel beslemeli dikdörtgen şekilli MYA gösterilmektedir. Koaksiyel kablonun merkez iletkeni yamaya ve dış iletkeni ise toprak düzleme bağlanmıştır. Bu besleme şeklinin en önemli avantajı, besleme iletkeni yamanın istenilen noktasına bağlantı yapılarak giriş empedansının eşlenebilmesidir. Dezavantajı ise, iletkenin yamaya ve toprak düzleme bağlantısının yapılabilmesi için alttaşta delik açılmasıdır. Bu nedenle tam olarak düzlemsel olmamaktadır. Ayrıca bu besleme yapısı tasarımı asimetrik yapmaktadır.



Şekil 3.6. Koaksiyel beslemeli MYA konfigürasyonu (Toktaş 2009)

3.2.2.2. Mikroşerit Hat Besleme

Şekil 3.7.'de Mikroşerit hat ile beslenmiş dikdörtgen şekilli bir MYA gösterilmektedir. Bu besleme yapısının avantajı; aynı alttaş üzerinde yerleştirildiği için yapının düzlemselliğinin bozulmamasıdır. Ayrıca, tasarlanması ve üretilmesi kolaydır. Dezavantajı ise, besleme hattından yapılan yayılım yüzey akım yoğunluğunu artırabilmektedir. Ayrıca, milimetre-dalga seviyesinde besleme mikroşerit hattının ölçüleri yamaya kıyasla istenmeyen yayılıma neden olabilmektedir.



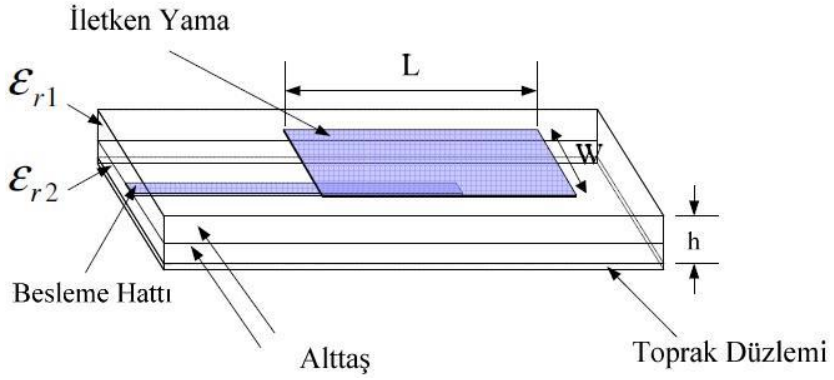
Şekil 3.7. Mikroşerit hat beslemeli MYA konfigürasyonu (Toktaş 2009)

Genellikle antenin bant genişliğini **(**BW**)** artırmak için alttaş kalınlığı artırılmaktadır. Yukarıda sözü edilen direk bağlantı ile yapılan beslemelerde çeşitli problemler oluşabilmektedir. Koaksiyel beslemede iletkenin uzunluğu giriş empedansının daha da endüktif olmasına ve bu nedenle empedans eşleşmesi probleminin oluşmasına yol açabilmektedir. Mikroşerit hat beslemesinde alttaş kalınlığının artması, besleme hattın genişliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum istenmeyen besleme yayılımına sebebiyet verebilmektedir. Bu tip problemleri

çözümlemek için temassız kuplaj besleme yöntemleri kullanılabilir (James ve ark. 1988), (Akkaya 1997), (Garg ve ark. 2001), (Kumar ve ark. 2003).

3.2.2.3. Elektromanyetik Kuplajlı Besleme

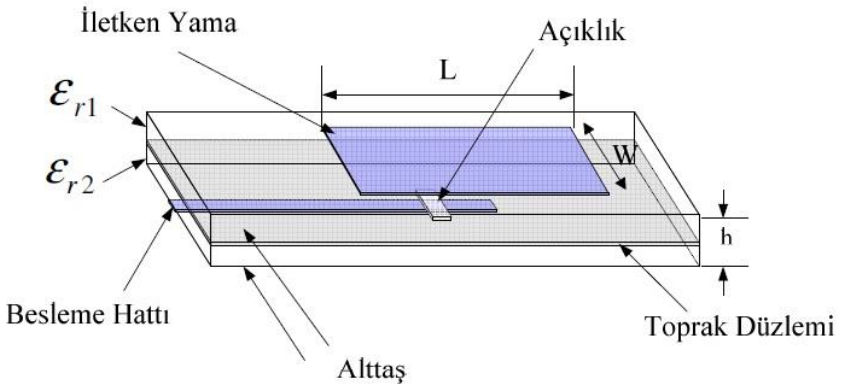
Şekil 3.8.'de elektromanyetik kuplajlı MYA gösterilmektedir. Elektromanyetik kuplaj, yakınlık (proximity) kuplaj olarak da bilinir. Besleme hattı, yama ve toprak düzlemi birbirinden ayıracak şekilde iki ortam arasına yerleştirilmektedir. İstenmeyen yayılımları engellemesi, performansının iyileştirilebilmesi için besleme hattı ile yama ve toprak düzlem arasındaki alttaşların farklı dielektrik malzemeden seçilebilmesi bu besleme yapısının avantajlarındandır. Dezavantajı ise, iki alttaşın uygun olarak ayarlanmasının gerekliliği ve toplam alttaşlardan dolayı antenin kalınlığının artmasıdır.



Şekil 3.8. Elektromanyetik kuplajlı MYA konfigürasyonu (Toktaş 2009)

3.2.2.4. Açıklık Kuplajlı Besleme

Bu besleme tekniğinde iletken yama, iki alttaş arasına yerleştirilmiş toprak düzlemde açılmış bir delik vasıtasıyla Şekil 3.9.' daki gibi beslenmektedir. Kuplaj deliği, simetrik yapıdan dolayı çapraz polarizasyonu azaltmak için genellikle yamanın altında merkezlenir. Antenin şekli, ölçüleri ve kuplaj deliğinin yeri; besleme hattından yamaya doğru kuplaj miktarını belirler. Bu besleme yapısında (elektromanyetik kuplaj beslemede olduğu gibi); istenmeyen yayılımları engellemek, performansını optimize edilebilmek için besleme hat ile yama ve toprak düzlem arasındaki alttaşlar farklı dielektrik malzemeden seçilir. Ayrıca, bu besleme yapısında daha geniş (BW) elde etmek mümkündür.



Şekil 3.9. Açıklık kuplajlı MYA konfigurasyonu (Toktaş 2009)

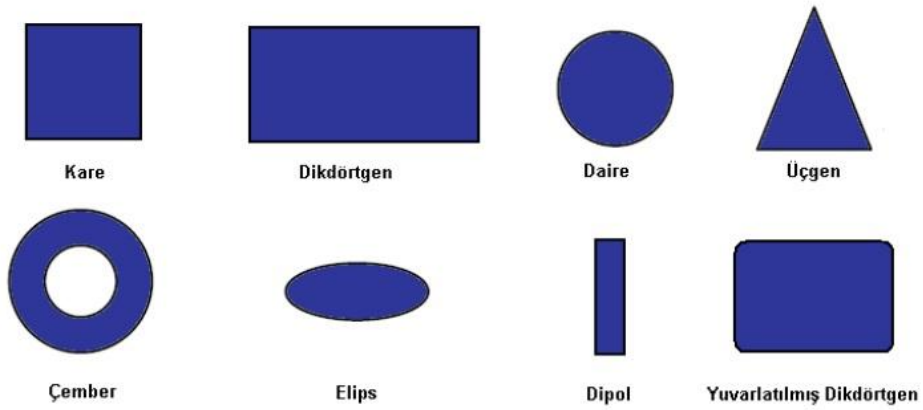
Bu besleme yapısının göze çarpan özellikleri daha geniş band genişliği ve ışıyan yamanın besleme yapısından meydana gelen ışımadan korunmasıdır (Pozar ve Schaubert 1995). Bir sonraki bölümde (AKMYA**)** analizi yapılıp daha detaylı anlatılacaktır. Aşağıdaki tabloda MYA'larda farklı tiplerdeki besleme tekniklerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Mikroşerit yama antenlerde değişik tiplerdeki besleme tekniklerinin karşılaştırılması (Garg ve ark. 2001)

Karakteristik	Mikroşerit Hatlı Besleme	Koaksiyel Hat ile Besleme	Yakınlık Kuplajlı Besleme	Açıklık Kuplajlı Besleme
Tasarım	Es düzlemsel	Düzlemsel olmayan	Düzlemsel	Düzlemsel
İstenmeyen Besleme Işıması	Az	Fazla	Fazla	Fazla
Üretim Kolaylığı	Kolay	Delme ve lehim gerekli	Hizalama gerekli	Hizalama gerekli
Empedans Uygunlaştırma	Kolay	Kolay	Kolay	Kolay
Bant Genişliği	% 2–5	% 2–5	% 13	% 21

3.2.3. Mikroşerit Yama Antenlerin Şekil ve Boyut Özellikleri

MYA yapılarında yamanın genellikle dikdörtgen ya da daire şeklinde seçilmesine karşın Şekil 3.10.'da gösterilen yama şekillerine de rastlamak mümkündür.



Şekil 3.10. MYA' larda kullanılan temel yama şekilleri (Özdemir 2009)

Herhangi bir dikdörtgen yama kullanılan basit bir MYA yapısı incelendiğinde λ_0 serbest uzay dalga boyunu göstermek üzere boyutlara ilişkin aşağıdaki eşitsizlikler genellikler sağlanmaktadır:

- t, yama kalınlığı: $t << \lambda_0$
- h, iletkenler arasındaki mesafe: $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$
- ε_r, dielektrik sabiti: $2.2 \leq \varepsilon_r \leq 12$
- L, dikdörtgen yamanın uzunluğu: $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$

Bunun yanında rezonans uzunluğu antenin rezonans frekansını da belirler ve dikdörtgensel bir yama için yaklaşık $\lambda/2$ kadardır. Aslında antenin elektriksel boyutu kenarlardan saçılan alan nedeniyle fiziksel boyutundan büyüktür ve aradaki fark, kullanılan dielektrik malzemenin kalınlığına ve dielektrik sabitine bağlıdır.

Rezonans frekansını etkileyebilecek diğer parametreler aşağıdaki gibidir:

- Toprak yüzeyin boyutu
- İletken yamanın kalınlığı
- İletken yamanın genişliği (Kumar ve ark. 2003)

3.2.4. Mikroşerit Yama Antenlerde Analiz Yöntemleri

MYA'lar, ince dielektrik alttaş üzerinde iki boyutlu ışıma yapan yamaya sahip olduğu için analiz amaçlı olarak iki boyutlu düzlemsel bir eleman olarak sınıflandırılabilir. MYA'lar için analiz yöntemleri, yama kenarları etrafında eşit manyetik akım dağılımına dayanmaktadır. En popüler olanları aşağıda sıralanmıştır;

- İletim Hattı Modeli (Transmission Line Model)
- Boşluk Modeli (Cavity Model)
- Tam Dalga Modeli (Full Wave Model)

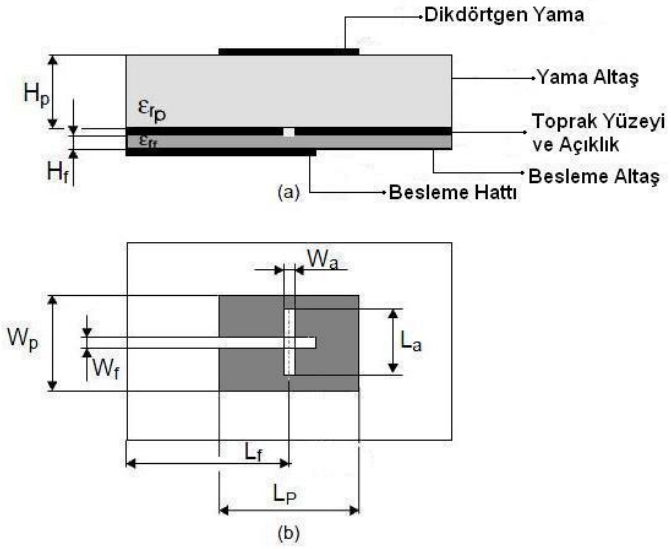
İletim hattı modeli analiz yöntemleri içinde en basit yöntem olmakla beraber fiziksel yapının çözümlenmesi konusunda da yeteneklidir. Ancak doğruluk payı diğer yöntemlere kıyasla düşüktür ve kuple yapıları modellemekte yetersizdir (Kumar ve ark. 2003).

İletim hattı modeline kıyasla kavite modeli daha yüksek doğruluğa sahiptir fakat aynı zamanda karmaşık bir yapısı vardır. Bunun özelliklere ek olarak iletim hattı modeli gibi fiziksel çözümleme konusunda yeteneklidir ancak kuple yapıların modellenmesinde bu yöntem de yetersiz kalmaktadır (Kumar ve ark. 2003).

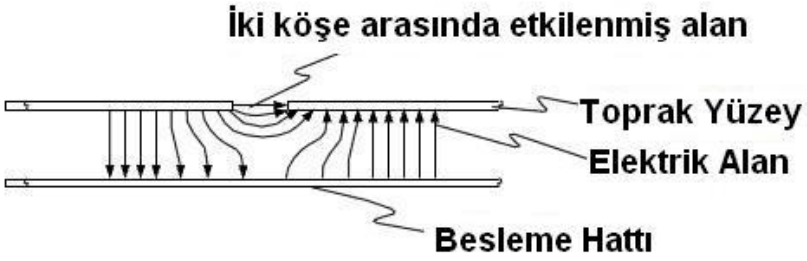
Bu modellerin içerisinde en yüksek doğruluk payına sahip olan model tam dalga modelidir. Bu model tak parçalı yapılara uygulanabileceği gibi sonlu ve sonsuz anten dizilerine, gelişigüzel şekillerdeki antenlere ve hatta kuple yapılara uygulanabilir. Ancak bu model oldukça karmaşıktır ve fiziksel çözümleme yeteneği düşüktür (Kumar ve ark. 2003).

3.2.5. Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Antenler

AKMYA fiziksel olarak karmaşık bir yapıya sahiptir. Şekil 3.11.'de AKMYA' nın geometrisi gösterilmektedir. AKMYA'larda dikdörtgen yama ışımanın yapacağı bölgeyi belirler, Açıklık kısmı simetrik yapıdan dolayı çapraz polarizasyonu azaltmak için kullanılır. En alt katmanda bulunan besleme hattı ise besleme yapısından dolayı istenmeyen yayılımları engellemek ve performansı uygun hale getirmek için kullanılır. Şekil 3.12.'de AKMYA'nın açıklık kısmının alan yayılımı gösterilmektedir.



Şekil 3.11. AKMYA geometrisi a) yandan görünüşü b) üstten görünüşü



Şekil 3.12. Açıklık kuplajlı alanın yayılımı

Şekil 3.11'de gösterilen;

H_p: Yama Yüksekliği

H_f: Besleme Yüksekliği

ε_{rp}: Yamanın Dielektrik Katsayısı

ε_{rf}: Beslemenin Dielektrik Katsayısı

W_{ap}: Açıklık Kısmının Genişliği

L_{ap}: Açıklık Kısmının Uzunluğu

W_f: Beslemenin Genişliği

L_f: Beslemenin Uzunluğu

W_p: Yamanın Genişliği

L_p: Yamanın Uzunluğu

3.2.6.1. Açık Kuplajlı Mikroşerit Yama Antenin Temel Özellikleri

Anten Alttaş Dielektrik Sabiti: Öncelikle geniş empedans bant genişliği ve düşük yüzey dalga uyartımı veren dielektrik sabitesi antenin band genişliğini ve ışıma verimliliğini etkiler.

Anten Alttaş Kalınlığı: Yüzey kalınlığı band genişliğini ve bağlantı düzeyini etkiler. Kalın alttaş geniş band genişliğini verir fakat düşük bir bağlantı belirli bir açıklık oluşturur.

Mikroşerit Yama Uzunluğu (P_{length}): Yamanın uzunluğu rezonans frekansı belirler

Mikroşerit Yama Genişliği (P_{width}): Düşük bir direnç gösteren yamanın genişliği antenin rezonans direncini etkiler. Kare yamalar çapraz polarizasyonların oluşumuna neden olabilir.

Besleme Alttaş dielektrik Sabiti: İyi bir mikroşerit yama anten için $2 \leq \varepsilon rf \leq 10$ aralığında olmalıdır.

Besleme Alttaş Kalınlığı: İnce mikroşerit alttaşlar besleme hatlarında daha az radyasyona sebep olur fakat kayıpları yüksektir. İstenilen ideal kalınlık 0.01λ - 0.02λ aralığında olmalıdır.

Açıklık Uzunluğu (AP_{length}): Kuplaj seviyesi geri ışın düzeyi yanı sıra kuplaj uzunluğu tarafından öncelikle belirlenir. Açıklık uygun empedans için gerekenden daha uzun yapılmamalıdır.

Açıklık Genişlik(AP_{width}): Kuplaj genişliği kuplaj seviyesini etkiler. Açıklığın genişlik ve uzunluk oranı genellikle 1/10'dur.

Besleme Hattı genişliği(F_{width}): Besleme Hattının Karekteristik Empedansı kontrolü yanında besleme hattının genişliği Açıklık kuplajını etkiler.

Açıklığa bağlı besleme hattının pozisyonu: Maksimum kuplaj için besleme hattı açıklık yuvası merkezine doğru açıda yerleştirilmelidir.

Açıklığa bağlı yamanın pozisyonu: Maksimum kuplaj için yama, açıklık üzerinden merkezde olmalıdır (Pozar 1996).

Bu besleme yapısının göze çarpan özellikleri daha geniş band genişliği ve ışıyan yamanın besleme yapısından meydana gelen ışımadan korunmasıdır (Pozar ve Schaubert 1996).

Bu besleme yapısı Şekil 3.11.' de gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, yapıda ortak bir toprak düzlemiyle ayrılan iki taban kullanılır. Alt tabandaki mikroşerit besleme hattı yamaya ortak toprak düzlemindeki bir yarık açıklık üzerinden elektromanyetik olarak kuplajlanmıştır. Yarık herhangi bir şekilde veya boyutta olabilir ve bu parametreler band genişligini geliştirmede kullanılabilir. İki katman için taban parametreleri beslemeyi ve ışımayı optimize edecek şekilde bağımsız olarak seçilir. Örneğin, besleme hattının tabanı ince ve yüksek dielektrik sabitine sahip olmalıdır. Hâlbuki yama tabanı kalın ve düşük dielektrik sabitine sahip olmalıdır. Dahası, besleme hattının açık ucunda oluşan ışıma yamanın ışıma deseniyle girişim yapmaz; çünkü toprak düzlemi bir koruma etkisi yaratır. Bu özellik ayrıca kutuplanma aralığını geliştirir. Eğer kuplajlama yarığı rezonansta değilse, yarıkta oluşan arka lob ışıması tipik olarak ileri yöndeki ana ışının 15 ile 20 dB altında kalır. Kuplajlama yarığı yamanın manyetik alanının maksimum olduğu yerde yamaya nazaran yaklaşık olarak merkezlenmiştir. Bu işlem manyetik kuplajlamayı genişletmek amacıyla yamanın manyetik alanı ile yarığa yakın konumdaki eşdeğer manyetik akım için bilerek yapılmıştır. Kuplajlama genliği aşağıdaki ifadeden belirlenebilir (Pozar 1992).

$$\text{Kuplajlama} = \iiint_{V} M'.H'.dv = \sin(\pi . X_0 / L) \qquad (3.8)$$

Burada X_0 yarıktan yama kenarına doğru olan kaymadır. Bu besleme yapısında, yama anteni yarık kuplajı sebebiyle beslemeye seri olarak görülür. Rezonans yapmayan yarık yama R-L-C ağıyla seri olan bir endüktör olarak temsil edilir. Yukarıda tanımlanan besleme tekniklerinin değerine ilaveten, bu besleme kuplajlama yarığının şeklinin ve uzunluğunun, besleme hattının genişliğinin ve saplama uzunluğunun ayarlanmasıyla band genişliğini genişletmek için tanımlanabilir. Yığılmamış bir yama için yaklaşık olarak %21' lik bir empedans band genişliği bildirilir. integral denklemi

yaklaşımına ve kavite modeline dayanan bu besleme tekniğinin analizi (Pozar 1985), (Sullivan ve Schaubert 1986), (Himdi 1989) çalışmalarında anlatılmıştır. Açıklık kuplajlı dikdörtgen yamanın iletim hattı analizi (Himdi 1989)' da, FDTD analizi ise (Wu ve Et 1992)' da anlatılmaktadır (Koçer 2009).

3.3. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları (YSA) biyolojik sinir ağlarından esinlenerek, birbirine bağlı doğrusal ve/veya doğrusal olmayan birçok işlemciden oluşan bir yapıdır. Ayrıca günümüzde bilgi sınıflama ve bilgi yorumlamalı problemlerin çözümünde de kullanılmaktadır.

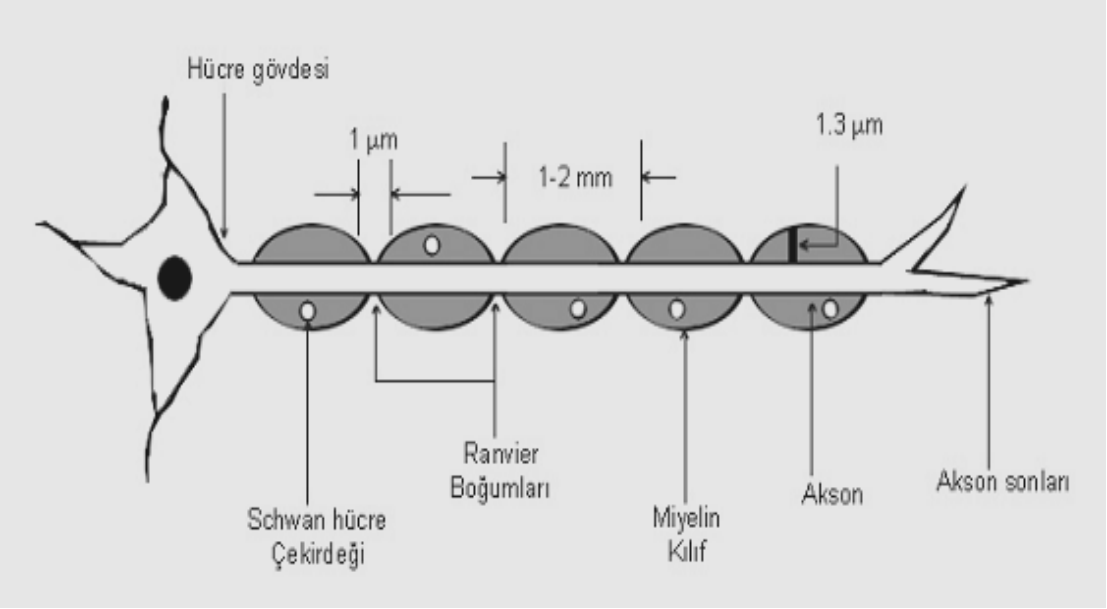
"YSA, insan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek oluşturulmuş bir bilgi işleme yöntemidir. Bu yapılar, birbirine paralel olarak bağlanmış işlem elemanlarından (yapay sinir ağı hücresi, nöron, ünite, birim, düğüm) ve onların hiyerarşik bir organizasyonundan oluşurlar. YSA' nın çalışma prensibi ile insan beyninin çalışması arasında benzerlikler vardır. YSA, her ne kadar temel yapı itibariyle bir kısım özellikleri insan beyninin fiziki özelliklerinden esinlenerek ortaya atılmış ise de, kesinlikle şu andaki halleri ile insan beyninin ne tam ne de yaklaşık bir modeli olarak değerlendirilemezler" (Hanbay 2007).

"İnsan beyninin ne olduğu ve nasıl çalıştığı henüz kesinlik derecesinde keşfedilmiş sayılmaz. Günümüzde her ne kadar karmaşık matematiksel hesaplamaları ve hafıza işlemlerini eldeki mevcut bilgisayarlarla hızlı ve doğru yapmak mümkün ise de, aynı bilgisayarlarla beynin birçok basit fonksiyonunu (görmek, duymak, koklamak gibi) yerine getirmek ya mümkün olmamakta ya da çok zor olmaktadır. Aynı şekilde biyolojik beyin, tecrübe ile öğrenme ve bilgiyi kendi kendine yorumlama, hatta eksik bilgilerden sonuçlar çıkartma kabiliyetine sahiptir.

Bu, daha çok biyolojik sistemlerin, hücreler üzerinde dağıtılmış bilgiyi paralel olarak işleme özelliklerinden kaynaklanır. Hücreler birbirine bağlı ve paralel çalıştıklarından bazılarının işlevini yitirmesi halinde, diğerleri çalıştığı için sinir sistemi, fonksiyonunu tamamen yitirmez. YSA, bu özellikleri bünyesinde toplayacak şekilde

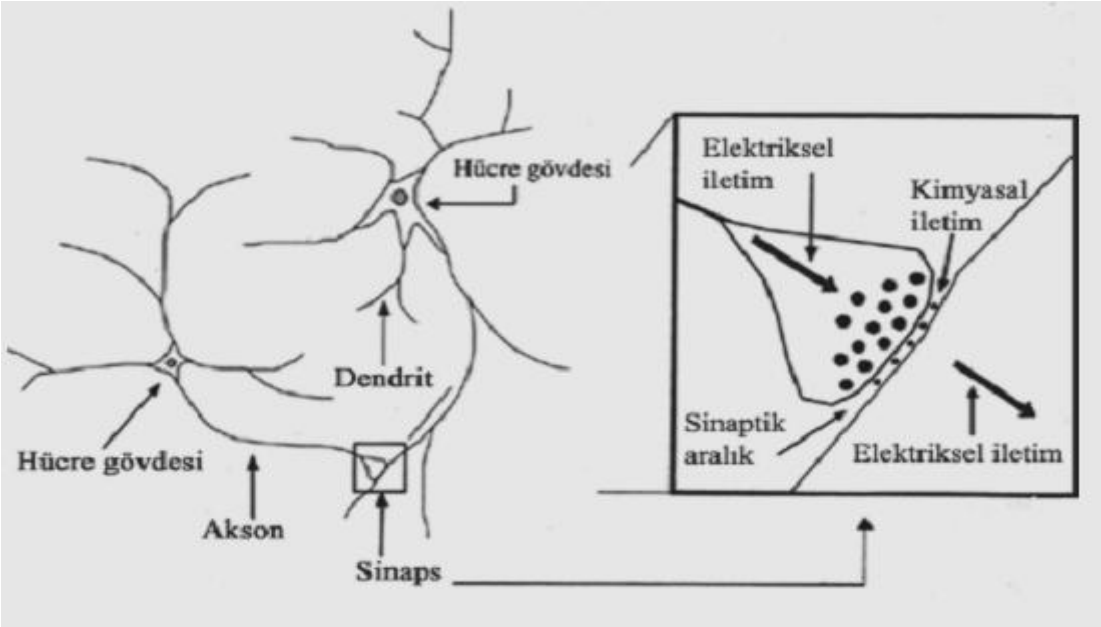
geliştirilmektedir. YSA'ları daha iyi anlamak için, önce biyolojik sinir ağlarına bakmak faydalı olacaktır" (Hanbay 2007).

Biyolojik sinir ağlarında girdi işaretlerini alan, yorumlayan ve uygun çıktıyı ileten temel işlemci nöron olarak adlandırılır. Bir nöron, gövde (cell body), gövdeye giren işaret alıcıları (dentrit) ve gövdeden çıkan işaret iletici (akson) olmak üzere üç kısımdan oluşur (İkiz 2006). Dentritler, nörona bilgiyi alan ve sayısal olarak birden fazla olabilen yapılardır ve içyapıları nöronla aynıdır. Aksonlar, dentritten aldığı bilgiyi diğer hücrelere aktaran uzantılardır. Uzunlukları birkaç mikrondan, 1-2 metreye kadar değişebilir. Her nöronun yalnızca bir aksonu vardır. Aksonlar özel bir örtüye sahip olmalarına göre miyelinli ya da miyelinsiz olarak sınıflandırılabilirler. Akson üzerini örten miyelin kılıfın, yalıtım ve darbe hızını arttırmak gibi iki önemli görevi vardır. Şekil 3.13.'de miyelinli bir nöronun yapısı gösterilmiştir.



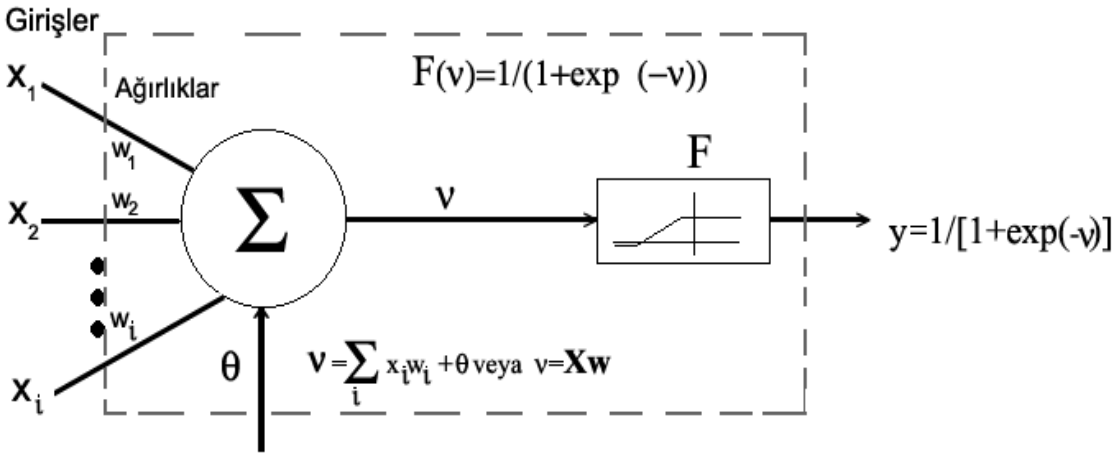
Şekil 3.13. Miyelinli bir nöron yapısı (Acar 2010)

Sinir hücreleri arasında iletişimin gerçekleştiği, yapısal ve fonksiyonel olarak özelleşmiş bölgelere sinaps adı verilir. Şekil 3.14.'de bir biyolojik nöronun yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Biyolojik nöron (Acar 2010)

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenerek, birbirine bağlı doğrusal ve/veya doğrusal olmayan birçok işlemci elemandan oluşur. Bir yapay nöron temel olarak girişler, ağırlıklar, toplam fonksiyonu, aktarım fonksiyonu ve çıkış olmak üzere beş kısımdan oluşur. Şekil 3.15'te yapay nöron ayrıntılı gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.15. Yapay nöron (Acar 2010)

Dentrit gösteriminde presinaptik aktiviteleri giriş işaretlerinin p elemanlı sütun vektörü olarak gösterilir. $x = [x_1, x_2, \dots, x_p]^T$ giriş desenlerinin uzayı p boyutludur.

Sinapslar ağırlıklar olarak adlandırılan ayarlanabilir parametreler ile karakterize edilirler. Ağırlıklar, p elemanlı satır vektörü,

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_p] \tag{3.9}$$

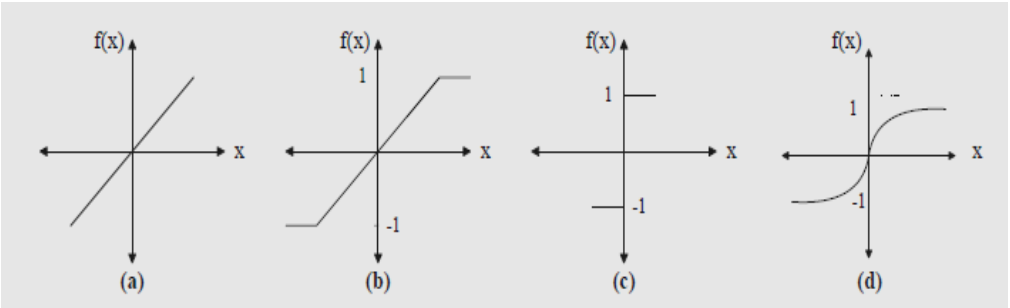
olarak düzenlenir. İşaret akış gösteriminde, p tane ağırlığı olan bir nöron giriş noktalarının bir katmanı şeklinde düzenlenir. Ağırlıklar, giriş ile toplama noktası arasındaki bağlantılara karşılık gelir.

Sinapslardan ve dentritlerden geçen giriş işaretleri, 'toplam post-sinaptik aktiviteyi tanımlayan' aktivasyon potansiyeli olarak toplanır.

Aktivasyon potansiyeli giriş işaretlerinin ve ağırlıklarının lineer toplamı olarak şekillenmiştir. Yani ağırlıklar ile geçiş vektörleri çarpımıdır (İkiz 2006).

$$v = \sum_{i=1}^{p} w_i x_i = [w_1 w_2 \dots w_p] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix} = WX^T \tag{3.10}$$

Eşik fonksiyonları, işlem elemanlarının sınırsız sayıdaki girişini önceden belirlenmiş sınırda çıkış olarak düzenler. En çok kullanılan dört tane eşik (aktivasyon) fonksiyonu vardır. Şekil 3.19.'da bu fonksiyonlar gösterilmiştir. Bunlar; lineer (a), rampa (b), basamak (c) ve sigmoid (d) fonksiyonudur (Hanbay 2007).



Şekil 3.16. YSA'lar için kullanılan eşik fonksiyonları (Hanbay 2007).

Toplama fonksiyonu, bir işlem elemanına gelen net girişi hesaplayan bir fonksiyondur. Net giriş genellikle gelen bilgilerin ilgili bağlantıların ağırlıkları ile çarpılıp toplanması ile belirlenir. Bu nedenle toplama fonksiyonu olarak adlandırılır. Eşik fonksiyonu da, toplama fonksiyonu tarafından belirlenen net girişi alarak, işlem elemanının çıkışını belirleyen fonksiyondur. Genel olarak türevi alınabilen bir fonksiyon olması tercih edilir.

Toplama ve çıkış fonksiyonları, ilgili probleme bağlı olarak farklı şekiller alabilirler. İşlem elemanının çıkış ünitesi ise çıkış fonksiyonunun ürettiği dürtüyü diğer işlem elemanlarına veya dış dünyaya aktarma işlevini yapar. İşlem elemanları ağın topolojik yapısına bağlı olarak, tamamen birbirinden bağımsız ve paralel olarak çalışabilirler (Hanbay 2007).

3.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay sinir ağlarının sahip olduğu özelliklerden birkaçı aşağıda sıralanmıştır.

- Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirirler. Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermeye çalışırlar.
- Ağ kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak görmediği örnekler hakkında bilgiler üretebilir.
- Yapay sinir ağlarının en önemli özelliklerinden birisi sınıflandırma yapmasıdır. Verilen örneklerin kümelendirilmesi ve belirli sınıflara ayrıştırılarak daha sonra gelen bir örneğin hangi sınıfa gireceğine karar vermesi hedeflenmektedir.
- Yapay sinir ağları sadece nümerik bilgiler ile çalışırlar.

3.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

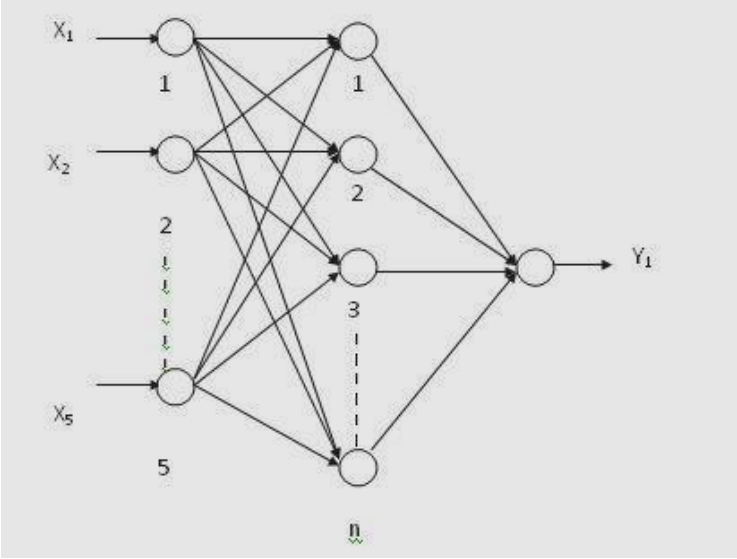
YSA'lar, genel olarak birbirleri ile bağlantılı işlemci birimlerden (sinir hücresi) oluşurlar. Her bir sinir hücresi arasındaki bağlantıların yapısı ağın yapısını belirler. İstenilen hedefe ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Kullanılan öğrenme algoritmasına göre, hatayı sıfıra indirecek şekilde, ağın ağırlıkları değiştirilir. YSA'lar yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılırlar (Sağıroğlu ve ark. 2003).

3.3.2.1. YSA' ların Yapılarına Göre Sınıflandırılmaları

YSA'lar, yapılarına göre, ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar (Sağıroğlu ve ark. 2003).

İleri Beslemeli Ağlar

İleri beslemeli YSA'da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar, doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA'nın, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. En çok bilinen geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip YSA'ların eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir (Çolak 2006). Şekil 3.20.'da çok katmanlı ileri beslemeli YSA yapısı verilmiştir.



Şekil 3.17. Çok katmanlı ve ileri beslemeli ağ

$$NET_j^a = \sum A_{kj}\, Ç_k^i \qquad (3.11)$$

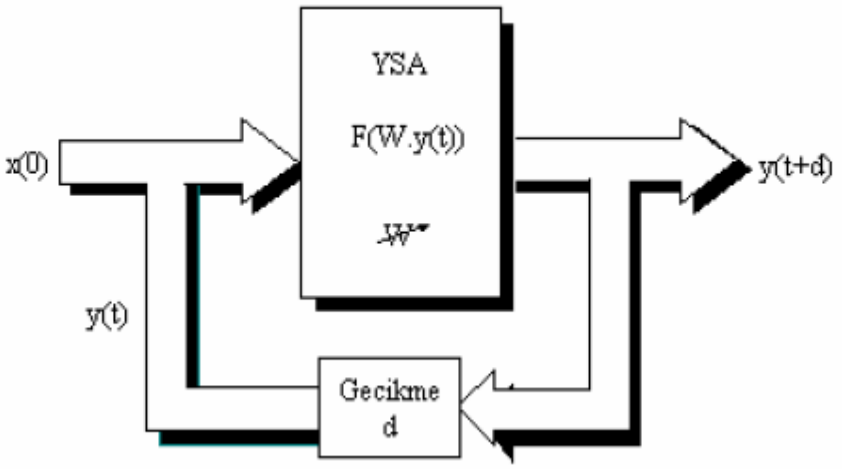
Akj, k. girdi katmanı elemanını j.ara katman elemanına bağlayan bağlantının ağırlık değeridir. J. ara katman elemanının çıktı değeri ise, net girdinin aktivasyon

fonksiyonundan geçirilmesi ile elde edilir. Herhangi bir problemi çözmek amacıyla kullanılan YSA'da, katman sayısı ve orta katmandaki hücre sayısı gibi kesin belirlenememiş bilgilere rağmen nesne tanıma ve işaret işleme gibi alanların yanı sıra, ileri beslemeli YSA, sistemlerin tanımlanması ve denetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Demir ve Coşkun 2008).

İleri beslemeli ağlara örnek olarak ÇKA (Multi Layer Perseptron-MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları verilebilir.

Geri Beslemeli Ağlar

Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve ara katlardaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Şekil 3.21.'de bir geri beslemeli ağ görülmektedir. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundurlar. Geri beslemeli ağlar çeşitli tipteki zaman serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamışlardır. Bu ağlara örnek olarak Hopfield, SOM (Self Organising Map), Elman ve Jordan ağları verilebilir.



Şekil 3.18. Geri beslemeli ağ için blok diyagram (Sağıroğlu 2003)

Geri beslemeli YSA'da, en az bir hücrenin çıkışı kendisine ya da diğer hücrelere giriş olarak verilir ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki

hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli YSA, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli YSA yapıları elde edilebilir.

Geriye doğru hesaplamada, ağın ürettiği çıktı değeri, ağın beklenen çıktıları ile kıyaslanır. Bunların arasındaki fark, hata olarak kabul edilir. Amaç bu hatanın düşürülmesidir. Çıktı katmanında m. proses için oluşan hata, Em= Bm- Çm olacaktır. Çıktı katmanında oluşan toplam hatayı bulmak için, bütün hataların toplanması gereklidir. Bazı hata değerleri negatif olacağından, toplamın sıfır olmasını önlemek amacıyla ağırlıkların kareleri hesaplanarak sonucun karekökü alınır. Toplam hata aşağıdaki formül ile bulunur.

$$\text{Toplam Hata} = \frac{1}{2}\sum_m E_m^2 \qquad (3.12)$$

Toplam hatayı en aza indirmek için, hatanın kendisine neden olan proses elemanlarına dağıtılması gerekmektedir. Bu da, proses elemanlarının ağırlıklarını değiştirmek demektir (Saraç 2004).

3.3.3. Bazı Ağ Mimarileri ve Levenberg-Marquardt Algoritması (LM)

3.3.3.1. Tek Katmanlı YSA' lar

Nöronlar, yapay sinir ağlarının yapı taşlarıdır. Tek katmanlı ileri beslemeli YSA olarak adlandırılan ağ yapısı en azından yukarıda söz edilen tipte bir nörondan oluşmaktadır. Şekil 3.22.'de genel yapısı gösterilmiştir. Burada *n* tane giriş, giriş vektörünü $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ oluşturmaktadır. YSA'nın tek katmanında *k* tane nöron bulunmaktadır. Genelde nöron sayısı ile giriş sayısı birbirine eşit değildir ($k \neq n$). Girişler her bir nöronun girişine uygun ağırlıklarla bağlanır. Her bir nöron, kendi girişleri ve sapmanın ağırlıklarını toplar ve bu toplamı kendi aktivasyon fonksiyonuna uygular. Bunu takiben tek katmanlı olarak tanımlanan YSA'nın *k* tane çıkısı, çıkış vektörünü $y1 = [y1_1, y1_2, \dots, y1_k]$ oluşturur.

Çıkış vektörünün ifadesi

$$Y1 = F1[W1x + bB1] \qquad (3.13)$$

olarak yazılabilir. Bu eşitlikte, *F1*, bu tek katmanın k elemanlı köşegen aktivasyon matrisidir ve bu katmanın net girişlerine bağlıdır.

$$F1(S1) = diag[f1(S_1), f1(S_2), \dots, f1(S_k)] \tag{3.14}$$

Burada k düğümlerinin her birinin aktivasyon fonksiyonları eşit kabul edilmiştir.

$$f1_1 = f1_2 = \cdots = f1_k = f_1 \tag{3.15}$$

S1 net vektörü $S1=[S_1, S_2, \dots, S_k]^T$ oluşturulur. $S_1, S_2, \dots, S_k$ sırasıyla 1.,2.,…, k. nöronlara karşılık gelir ve

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_j(t) + b_i \tag{3.16}$$

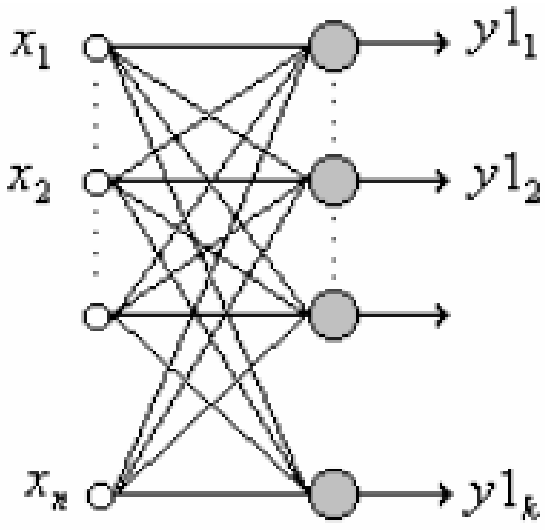
olarak ifade edilir. Ayrıca *W1* çıkış katmanının ağırlık matrisi, sinir ağının yapısına bağlı olarak, *k* satır *n* sütundan oluşturulmaktadır.

$$W1 = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{k1} & w_{k2} & \cdots & w_{kn} \end{bmatrix} \tag{3.17}$$

Genelde w_{ij} , *j*. hedef düğüm ile *i*. kaynağın ağırlığını temsil etmektedir. *B1*sapma vektörü tek katmanlı ağlarda $b1_1, b1_2, \dots, b1_k$ sırasıyla çıkış katmanının 1., 2., …, *k*. düğümlerinin sapmalarıdır.

$$B1=[\, b1_1 \;\; b1_2 \;\; \dots \;\; b1_k]^T \tag{3.18}$$

"Tek katmanlı YSA sadece sınırlı sayıda sistemlerde kullanılır. Tüm doğrusal olmayan fonksiyonları temsil edemezler. Tek katmanlı YSA'da aktivasyon fonksiyonu olarak keskin-sınırlayıcı fonksiyonu kullanıldığı zaman tek katmanlı perseptron adlı model meydana gelmektedir. Bu model bazı sınıflandırma problemlerinde aktivasyon fonksiyonunun giriş uzayını iki bölgeye bölmesi ve çıkış uzayının giriş vektörüne bağlı olarak 1 ve 0 değerleri alması ile gerçekler. Tek katmanlı ağlarda doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanıldığında doğrusal sinirlere sahip bir ağ oluşur. Bu sinirler, ADALINE sinirlerinden (Adaptive Lineer Neurons) Widrow-Hoff sinirleri olarak adlandırılır. Bu nöronlardan meydan gelen ağda adaptif öğrenme kullanılıyorsa ADALINE ağ veya MADALINE ağ olarak adlandırılır" (Batar 2005).



Şekil 3.19. Tek katmanlı YSA (Batar 2005)

3.3.3.2. Çok Katmanlı Algılayıcılar (ÇKA)

Rumelhart ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu modele hata yayma modeli veya geriye yayılım modeli (backpropogation network) de denilmektedir. ÇKA modeli yapay sinir ağlarına olan ilgiyi çok hızlı bir şekilde arttırmış ve YSA tarihinde yeni bir dönem başlatmıştır. Bu ağ modeli özellikle mühendislik uygulamalarında en çok kullanılan sinir ağı modeli olmuştur. Birçok öğretme algoritmasının bu ağı eğitmede kullanılabilir olması, bu modelin yaygın kullanılmasının sebebidir.

Bir ÇKA modeli, bir giriş, bir veya daha fazla ara ve bir de çıkış katmanından oluşur. Bir katmandaki bütün işlem elemanları bir üst katmandaki bütün işlem elemanlarına bağlıdır. Bilgi akışı ileri doğru olup geri besleme yoktur. Bunun için ileri beslemeli sinir ağı modeli olarak adlandırılır. Giriş katmanında herhangi bir bilgi işleme yapılmaz. Buradaki işlem elemanı sayısı tamamen uygulanan problemlerin giriş sayısına bağlıdır. Ara katman sayısı ve ara katmanlardaki işlem elemanı sayısı ise, deneme-yanılma yolu ile bulunur. Çıkış katmanındaki eleman sayısı ise yine uygulanan probleme dayanılarak belirlenir. Bu ağ modeli, özellikle sınıflandırma, tanıma ve genelleme yapmayı gerektiren problemler için çok önemli bir çözüm aracıdır.

"ÇKA modelinin temel amacı, ağın beklenen çıktısı ile ürettiği çıktı arasındaki hatayı en aza indirmektir. Bu ağlara eğitim sırasında hem girdiler hem de o girdilere karşılık üretilmesi gereken (beklenen) çıktılar gösterilir. Ağın görevi her girdi için o girdiye karşılık gelen çıktıyı üretmektir. Örnekler giriş katmanına uygulanır, ara katmanlarda işlenir ve çıkış katmanından da çıkışlar elde edilir. Kullanılan eğitme algoritmasına göre, ağın çıkışı ile arzu edilen çıkış arasındaki hata tekrar geriye doğru yayılarak hata minimuma düşünceye kadar ağın ağırlıkları değiştirilir. Şekil 3.20.'de ÇKA modeli gösterilmiştir" (Saraç 2004).

3.3.3.3. Levenberg-Marquardt Algoritması

"YSA'da yaygın olarak kullanılan geri yayılım algoritmalarında, geri yaylımın ağa öğretilmesi esnasında, çıkış nöronlarında sonuç üretmek üzere, girişten uygulanan veri gizli katmanlardan geçerek çıkışa aktarılmaktadır. Bu şekilde oluşturulan çıkış değeri, istenen değerle karşılaştırılır. Elde edilen çıkış hatalarının türevi tekrar çıkış katmanından, gizli katmanlara iletilir. Bu türev değerlerine göre, hataların azalması için, nöronlar kendi hatalarını ayarlarlar. Ağırlık değiştirme denklemleri ise hatayı en az seviyeye çekecek şekilde düzenlenir" (Bilgin 2008).

Aynı zamanda, geri yayılım algoritmaları, performans fonksiyonunu en küçük değere çekebilmek için geriye doğru bir gradyen hesaplaması yaparlar. Böylece, algoritmadaki ağırlıklar, performans fonksiyonunun azalması yönünde ayarlanır. Fakat

bu yöntem YSA için çok yavaş kalmaktadır. Bu yüzden daha hızlı ve performansı yüksek algoritma çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

"İki tür hızlı algoritma vardır: ilk kategorideki algoritmalar deneme yanılma mantığını kullanarak, standart gradyen azalması (steepest descent) yönteminden daha iyi sonuçlar verebilirken, ikinci tür hızlı algoritmalar standart sayısal optimizasyon yöntemlerini kullanmaktadırlar. Bu algoritmalar ise, eşlenik gradyen metodu, Newton öğrenme algoritmaları ve Levenberg-Marquardt (LM) öğrenme algoritmasıdır" (Bilgin 2008).

LM yönteminde, amaç performans fonksiyonunun ağırlıklara göre ikinci türevinin alınması ile oluşturulan Hessian matrisini elde etmektir. Hessian matrisi şu şekilde ifade edilir.

$$H(n) = J^T(n)J(n) + \mu mI \tag{3.19}$$

Bu denklemde, *H* Hessian matrisi, μ_m Marquardt parametresi, I ise birim matrisi ifade etmektedir. *J* ise, Jakobian matrisini olarak ağ hatalarının ağırlıklara göre birinci türevini belirtir.

$$J(n) = \frac{\partial e(n)}{\partial w(n-1)} \tag{3.20}$$

Burada ise, *e* ağ hataları vektörüdür. Ağın gradyeni ise,

$$g(n) = J^T(n)e(n) \tag{3.21}$$

şeklinde hesaplanarak, eşitlik 3.2.13'e göre değiştirilir.

$$w(n+1) = w(n) - [H(n)]^{-1}g(n) \tag{3.22}$$

Hata değerinin hesaplanmasında, her başarılı adımdan sonra μ_m değeri azaltılır. Buradaki hedef ise, performans fonksiyonunu en küçük yapacak ağırlık değerini bulmaktır (Bilgin 2008).

3.4. Yüksek Frekans Yapı Simülatörü (HFSS)

Yüksek Frekans Yapı Simülatörü (HFSS) 3 Boyutlu (3B) hacimsel pasif cihaz modellemesi için Windows grafiksel kullanıcı ara yüzünü kullanan yüksek performanslı bir tam dalga elektromanyetik (EM) alan simülatörüdür. Ansoft HFSS; Sonlu Eleman Metodu' nu (Finite Element Method, FEM), adaptif örgüleme ve parlak grafikleri kullanır. Ansoft HFSS; Rezonans frekansı, Geri Dönüş Kaybı ve Fiziksel Alanlar gibi parametrelerin hesabında kullanılabilir. Aşağıda Ansoft HFSS'de kullanılan bazı özellikler sıralanmıştır.

- Paket Modellemelerinde
- PCB Kart Modellemelerinde
- EMC/EMI
- Antenler/Mobil Haberleşme Alanlarında
- Konnektörlerde
- Dalga kılavuzlarında
- Filtrelerde

"HFSS basit bir monopolden karmaşık radar tertibatları ve rastgele besleme ağlarına kadar çeşitli antenlerin tasarlanmasına, iyileştirilmesine ve performanslarının tahminine izin verir. Antenlerden anten dizilerine ve besleme sistemlerine kadar, HFSS Işıma desenlerini, ışın genişliğini, dâhili alanları ve daha fazlasını içeren elektriksel performansları doğru bir şekilde tahmin eder. Diğer uygulamaları ise RF ve mikrodalga bileşen tasarımı, yüksek frekans IC tasarımı, yüksek hızlı paket tasarımı ve yüksek hızlı RF PCB tasarımıdır" (Koçer 2009).

Ansoft HFSS pek çok kullanıcıdan gelen öneriler ve endüstriden gelen istekler ile geliştirilmiştir.

HFSS'in mevcut çizdirme tipleri aşağıda verilmiştir:

- Dikdörtgensel Çizim
- 3B Dikdörtgensel Çizim
- Kutupsal Çizim

- 3B Kutupsal Çizim
- Smith Kart
- Işıma Deseni

"HFSS bir yapının elektromanyetik davranışını hesaplamak için kullanılan interaktif bir yazılım paketidir. Yazılım bu davranışın detaylı analizi için ön işleme komutlarını içerir.

HFSS' i kullanarak;

- Sınır problemleri, ışıyan yakın ve uzak alanlar için temel elektromanyetik alan belirleyicilerini
- Karakteristik port empedansı ve yayılma sabitlerini
- Genelleştirilmiş S-parametreleri ve belirli port empedansları için normalize edilmiş S-parametrelerini
- Bir yapının rezonans çıkışları hesaplanabilir.

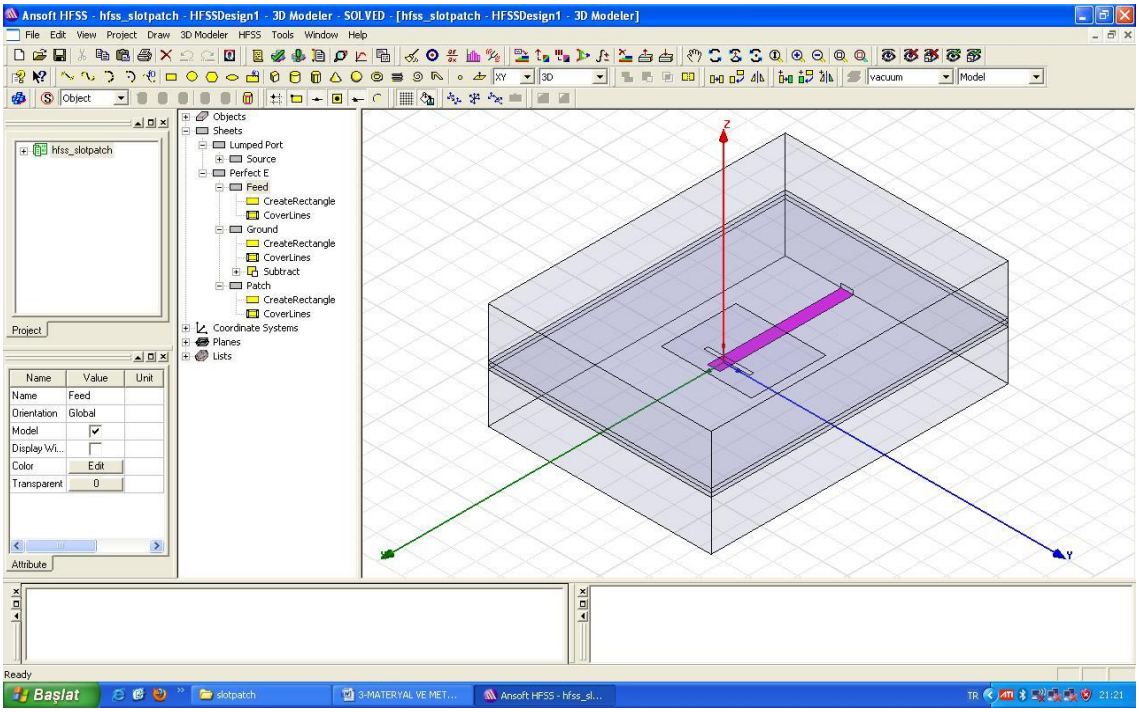
Yapıyı çizdirebilir, her nesne için materyal karakteristiklerini belirleyebilir ve portlarla özel yüzey karakteristikleri belirlenebilir. HFSS ardından gerekli alan çözümleri ile bağlantılı port karakteristiklerini ve S-parametrelerini üretir. Problem kurulduğunda, HFSS problemi tek bir belirli frekansta ya da belli bir aralıktaki pek çok frekansta çözüleceğini belirlemeye imkân tanır" (Koçer 2009).

Bu çalışmada, literatürde mevcut olan anten parametreleri ile simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve bunun sonucunda alınan değerler YSA sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. HFSS ile AKMYA' nın Rezonans Frekansının Bulunması

AKMYA Ansoft_HFSS_V10 ile modellenerek simüle edilmiştir. Şekil 4.1'de HFSS ile modellenmiş AKMYA gösterilmiştir.



Şekil 4.1. HFSS ile modellenmiş AKMYA

HFSS programı ile prototipi hazırlanmış AKMYA analizi yaklaşık 15-30 dakika içerisinde gerçekleşmiştir. Girilen giriş parametre değerlerine göre simülasyon sonucunda rezonans frekans değeri bulunmuştur. 1 GHz – 3.5 GHz arasında rezonans frekans değerleri için anten boyutlarında sistematik bir şekilde gerekli değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Her bir giriş parametre değişiklikleri manuel olarak girilmiş ve sonuç rezonans frekans değeri manuel olarak kaydedilmiştir. Çizelge 4.1'de yapılan çalışmaya bir örnek verilmiştir.

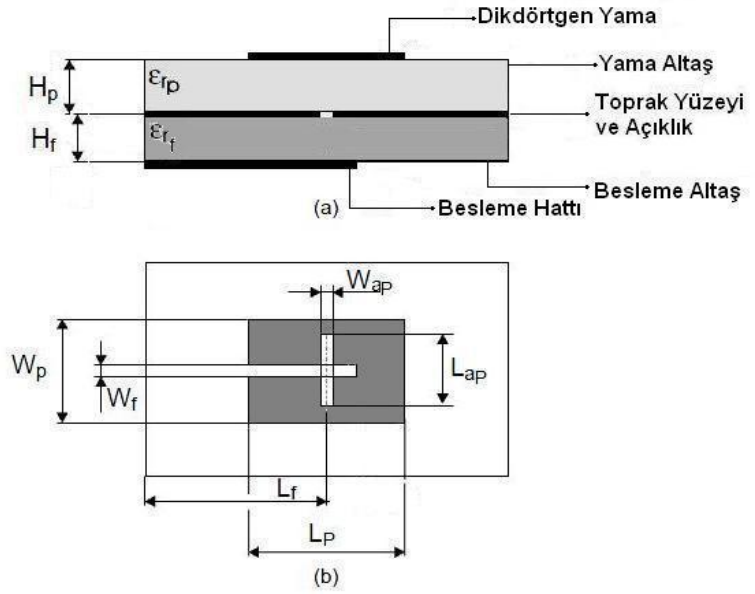
Çizelge 4.1. AKMYA' nın giriş parametre değerlerine göre rezonans frekans cevabı

Lp(x)	Wp(y)	Wap(x)	Lap(y)	Lf(x)	Fr
3.274	2.763	0.172	1.268	6.227	2.500

MYA' larda yama genişliği antenin giriş empedansını, yama uzunluğu ise antenin rezonans frekansını kontrol etmektedir. Belirli bir frekansta rezonansa girecek bir yama anten, yüksek performanslı tam dalga elektromanyetik alan simülatörü olan (HFSS) ile hazırlanabilir. MYA' lar için genelde dört temel tasarım parametresi vardır. Bunlar yama genişliği, yama uzunluğu, dielektrik tabanın yüksekliği ve geçirgenliğidir. Bunun yanı sıra simülasyon esnasında besleme noktasının tespiti ve kullanılan dielektrik malzemenin yapısı gibi bilinmesi gereken özelliklerde vardır. Ayrıca antenin simüle edileceği uygun bir ortamın (hava, vakum, vs.) da gerekli boyutlar hesaplanarak tanımlanması gerekmektedir. Dielektrik tabanın yüksekliği ve geçirgenliği MYA' nın çalışmasındaki en etkili iki parametredir (Koçer 2009).

4.1.1. Rezonans Frekansının Antene Bağımlı Parametreleri

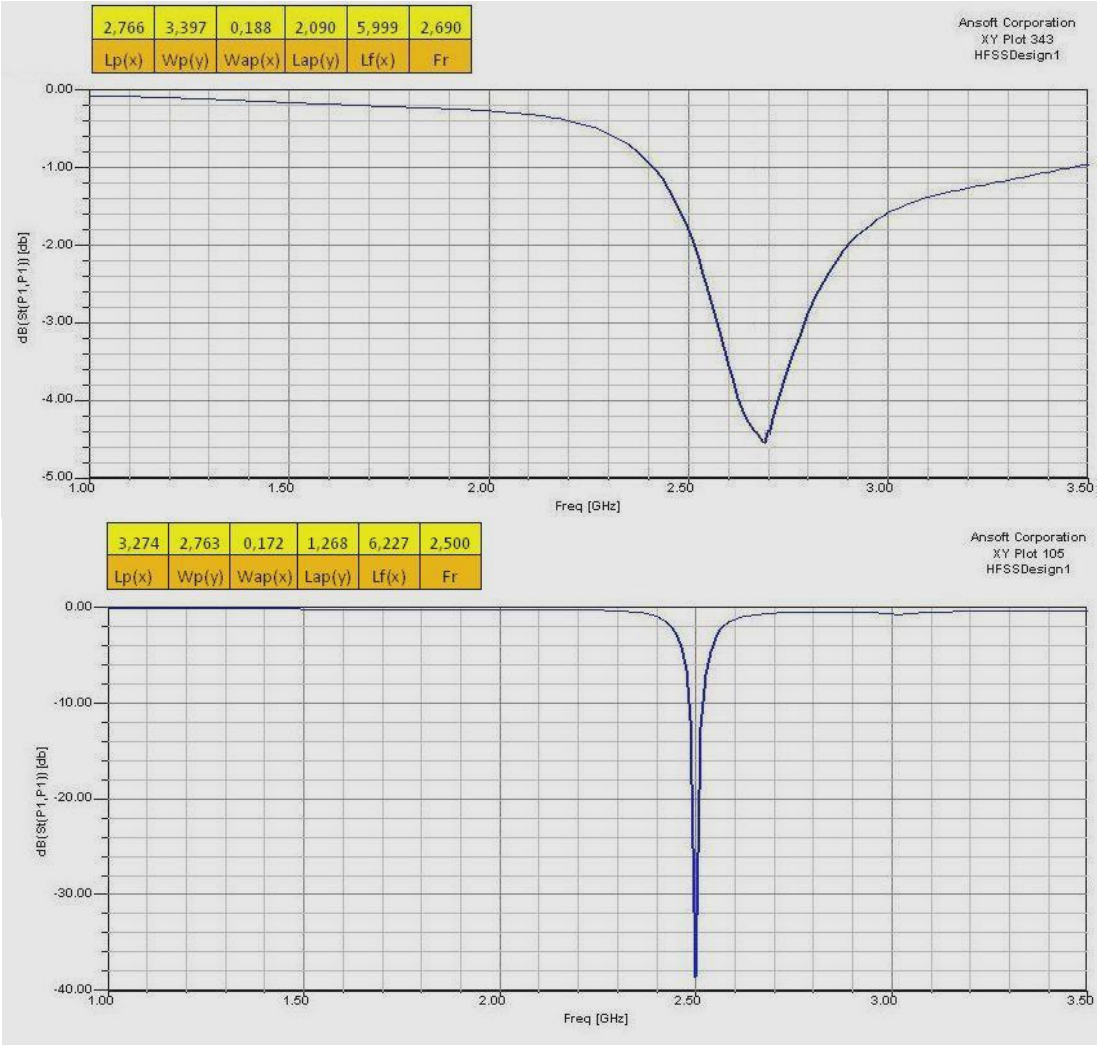
HFSS ile modellenmiş AKMYA, 3 katmandan oluşmaktadır. Üst katman tek bir yamaya sahiptir. Yama boyutları (L_p, W_p) ile karakterize edilmiştir, orta katmanda açıklık (yüzey) bulunmaktadır. Açıklık boyutları da (L_{ap}, W_{ap}) ile karakterize edilmiştir. Alt katman ise beslemenin yapıldığı yerdir. Besleme boyutları da (L_f, W_f) olarak karakterize edilmiş fakat W_f değeri besleme noktasına bağımlı olduğu için sabit bırakılmıştır. Ayrıca açıklık yamanın merkezine dahil edilmiş ve besleme noktası simetrik olarak yerleştirilmiştir. Antenin üstten ve yandan görünüşleri Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Açık kuplajlı mikroşerit yama antenin üstten ve yandan görünüşü

Modellenmiş AKMYA'nın alttaş yapısında, dielektrik katsayısı 2.2 dB ve dielektrik kayıp tanjantı 0.0009'dB olan Rogers RT/duroid 5880™ malzemesi kullanılmıştır. Dielektrik malzeme olarak tercih edilmesinin sebebi, mikrodalga çalışmalarındaki tutarlılığı, hafif ve kullanılışlılığı ve dielektrik kayıp tanjantının çok düşük seviyede kalmasıdır.

Antene bağımlı rezonans frekans değerlerini bulmak için düzenli ve ardışık değerlerden oluşan 100 giriş parametre değerleri HFSS programında girilmiş ve sonuç rezonans frekans değerleri kaydedilmiştir. MYA' nın dielektrik sabitesi ve kullanılan alttaş malzemenin kalınlığı ile birlikte antenin geometrik değişikliği de çıkış rezonans frekansını etkilediği görülmüştür. Şekil 4.3. 'te giriş parametre değerlerine göre rezonans frekans cevapları grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3. AKMYA' nın giriş parametre değerlerine göre rezonans frekans cevapları

Giriş veri setinin düzenli ardışık değerlerden oluşması ve mevcut toplam verilerin yeteri sayıda olmayışı YSA' nın yapısına uygun olmadığından, mevcut veri seti genişletilerek belli aralıktaki sayılardan rastgele üretilen 500 adet giriş parametre değerleri girilerek 500 adet çıkış rezonans frekans değeri elde edilmiştir. Simülasyon programında girilen giriş parametre değerlerine karşılık elde edilen çıkış rezonans frekans cevaplarından bir kaçı çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. HFSS'de kullanılan AKMYA'nın giriş parametre değerleri ve elde edilen çıkış rezonans frekans değerleri

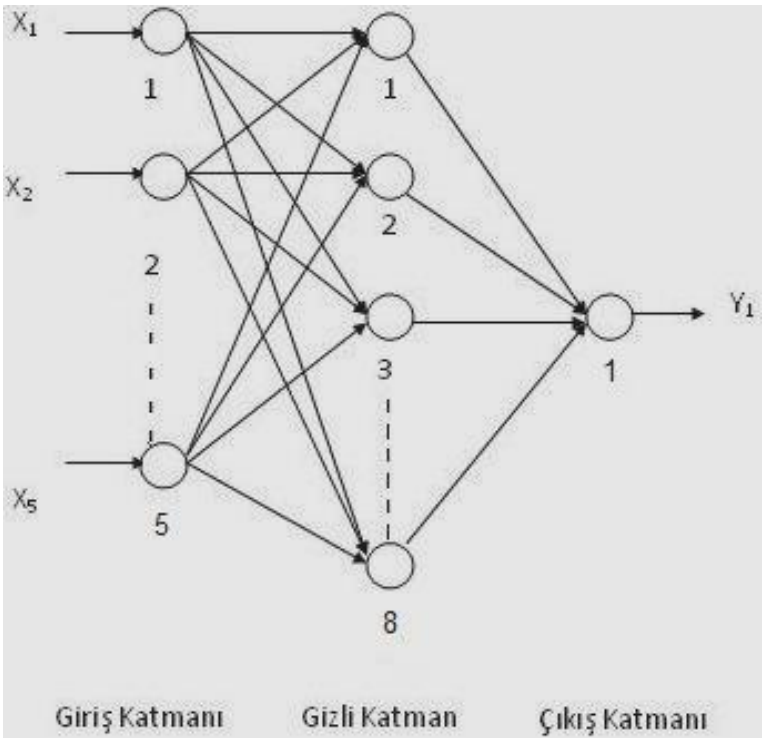
S.N.	Giriş Parametreleri					Çıkış Parametresi
	Lp(cm)	Wp(cm)	Wap(cm)	Lap(cm)	Lf(cm)	Fr(GHz)
1	2.619	3.526	0.166	1.547	5.433	2.880
2	3.864	2.698	0.166	1.834	6.752	2.170
3	2.585	3.584	0.173	2.127	6.472	3.080
4	2.643	2.666	0.203	1.992	6.534	3.100
5	3.543	2.676	0.181	1.633	6.388	2.390
6	2.693	3.461	0.177	1.932	6.153	2.840
7	4.136	2.993	0.165	1.559	5.821	2.150
8	4.135	3.481	0.208	2.169	6.408	1.980
9	3.945	3.624	0.177	2.187	5.456	2.020
10	2.800	3.375	0.201	2.051	5.509	2.640
11	3.819	3.610	0.189	1.528	5.285	2.170
12	3.537	2.852	0.176	1.600	6.938	2.460
13	4.446	3.602	0.203	1.371	6.948	1.950
14	3.798	3.956	0.198	1.963	5.467	2.140
15	4.101	3.800	0.181	2.071	6.068	2.040
16	3.408	2.629	0.200	2.105	6.399	2.240
17	3.365	3.050	0.204	1.714	5.758	2.450
18	4.151	3.054	0.179	1.759	6.570	1.980
19	2.667	3.528	0.173	1.264	6.227	2.990
20	2.766	3.397	0.188	2.090	5.999	2.690
21	2.847	3.684	0.205	1.595	5.718	2.690

4.2. YSA ile AKMYA' nın Rezonans Frekansının Bulunması

Bu bölümde, AKMYA' nın rezonans frekansını hesaplamak için bir yapay sinir ağı modeli tasarlandı. Giriş parametreleri (yamanın genişliği ve uzunluğu, besleme alanın uzunluğu, açıklık yüzeyinin genişliği ve uzunluğu) ile çıkış parametresi (rezonans frekans) birlikte bir eğitim modeli oluşturuldu.

YSA' nın giriş örnekleri oluşturulurken belli parametreler düzenli değiştirilip geri kalan parametreler sabit tutuldu. Bu giriş seti, ağın eğitimine sunulduğunda nöral yöntemin sonuca gitmediği gözlemlendi. Bundan ötürü giriş parametre değerleri rastgele değerlerden üretildi. İstenilen sonuca gidene dek çalışma daha geniş bir eğitim seti üzerinde tekrarlandı.

Tasarlanan ağ eğitilirken farklı öğrenme algoritmaları denendi. Bunlar Levenberg Marquardt (LM), Gradient Descent (GD), Gradient Descent with Momentum (GDM) algoritmalarıdır. En iyi sonuca LM algoritması götürdüğü için nöral modelde LM algoritması kullanılmıştır. Nöral modellerin eğitiminde kullanılan tüm ağırlıklar, başlangıçta düzgün olarak dağıtılmış rastgele değerlerden oluşmuştur. Modellenmiş YSA yapısı Şekil 4.4' te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.4. Modellenmiş YSA yapısı

YSA modelini oluştururken birçok değişik yapılar denenmiştir sonuçta **5-8-1** modeli bizim çalışmamızdaki en uygun yapı olarak görülmüştür.

- $X_1 \rightarrow L_p$
- $X_2 \rightarrow W_p$
- $X_3 \rightarrow L_{ap}$
- $X_4 \rightarrow W_{ap}$
- $X_5 \rightarrow L_f$
- $Y_1 \rightarrow F_r$

Tasarlanan ağın girişleri; AKMYA için yama uzunluğu (L_p), yama genişliği (W_p), açıklığın uzunluğu (L_{ap}), açıklığın genişliği (W_{ap}) ve besleme noktasının uzunluğu (L_f) parametreleri olup ağın çıkışı rezonans frekansı (F_r) parametresinden ibarettir. Ağın yapısal özellikleri Çizelge 4.3' te gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.3. YSA modelinin özellikleri

Anten Tipi	Açıklık Kuplajlı Mikroşerit Yama Anten
Ağ Yapısı	5x8x1
Epok Sayısı	150-250

YSA modelinin eğitimi için kullanılan veri setindeki giriş parametrelerinin değişim aralıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$2.5 \leq W_p \leq 4.5$

$2.5 \leq L_p \leq 4.0$

$1.1 \leq W_{ap} \leq 2.2$

$0.155 \leq L_{ap} \leq 0.21$

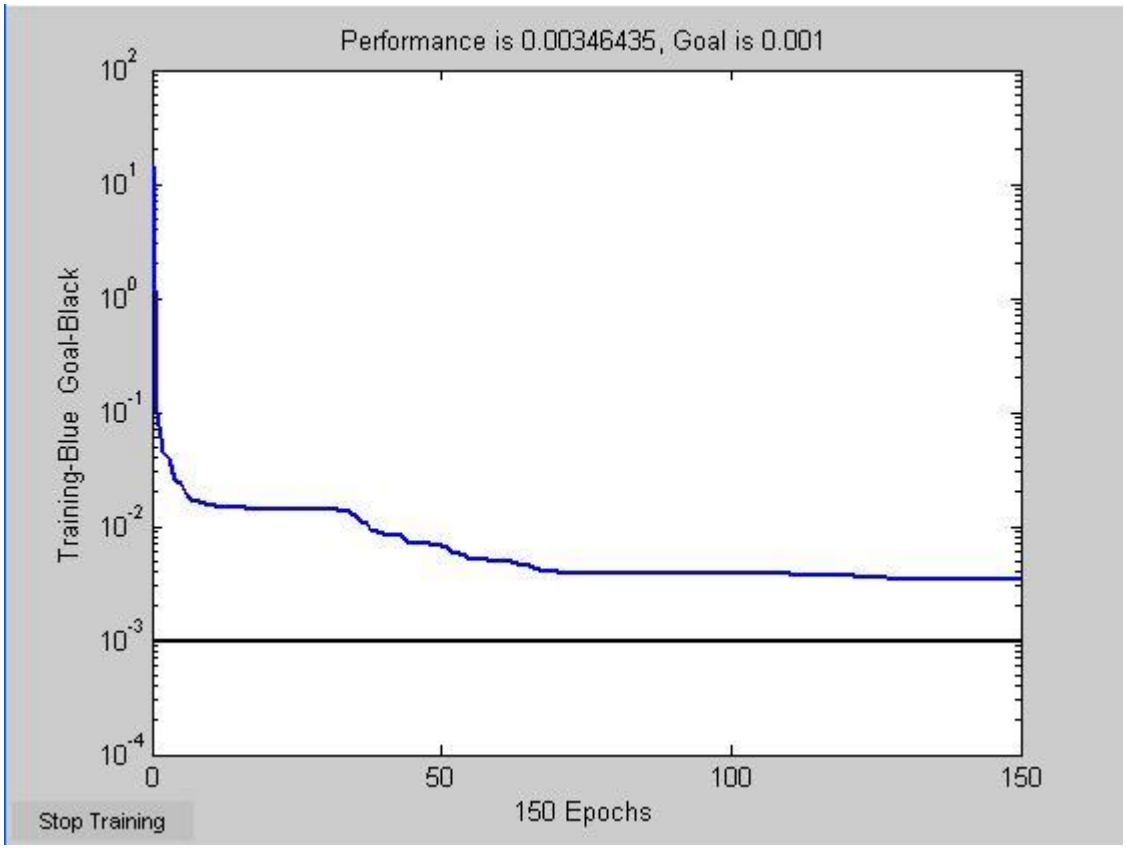
$5.25 \leq L_f \leq 7$

Toplam üretilen 500 veri kümesinden YSA modeli, 300 veri seti ile eğitilmiştir. Geri kalan 200 giriş veri seti ise YSA' nın test sürecinde kullanılmıştır.

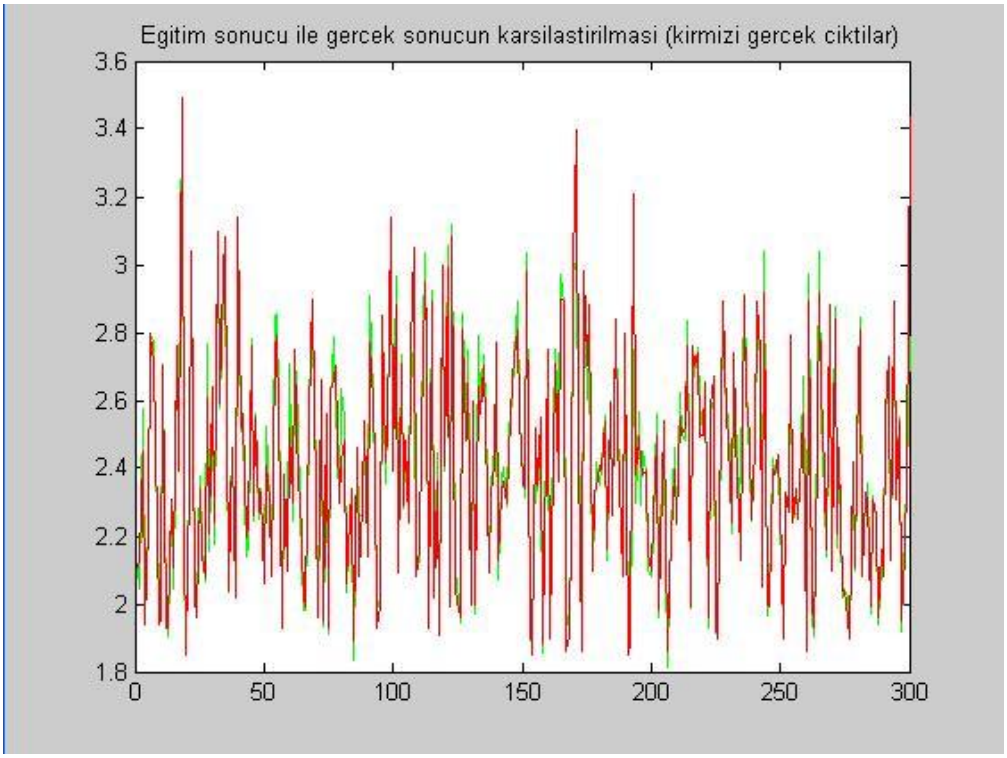
Kullanılan YSA modeli giriş katmanında 5 nöron, ara katmanda 8 nöron ve çıkış katmanında 1 nöron olmak üzere toplam 14 nörondan oluşan ÇKA yapısıdır. Transfer fonksiyon olarak ara katmanda logaritmik sigmoid, çıkış katmanında purelin fonksiyonu kullanılmıştır.

YSA' nın eğitim ve test işlemleri MATLAB programı ile gerçekleştirilmiştir. MATLAB ara yüzü kullanılarak hazırlanan kodlar Ek-1'de verilmiştir. YSA' yı eğitme işlemi hata oranı 10^{-3} referans seçilerek 150 epok sayısına vardığında son verilmiştir. Bu iterasyon 250 sayısına kadar denenmiştir. Ağ eğitiminde en çok 3-5 dakikalık zaman süresi geçmiştir. Bu süre kullanılan bilgisayarın işlemci performansıyla ters orantılıdır.

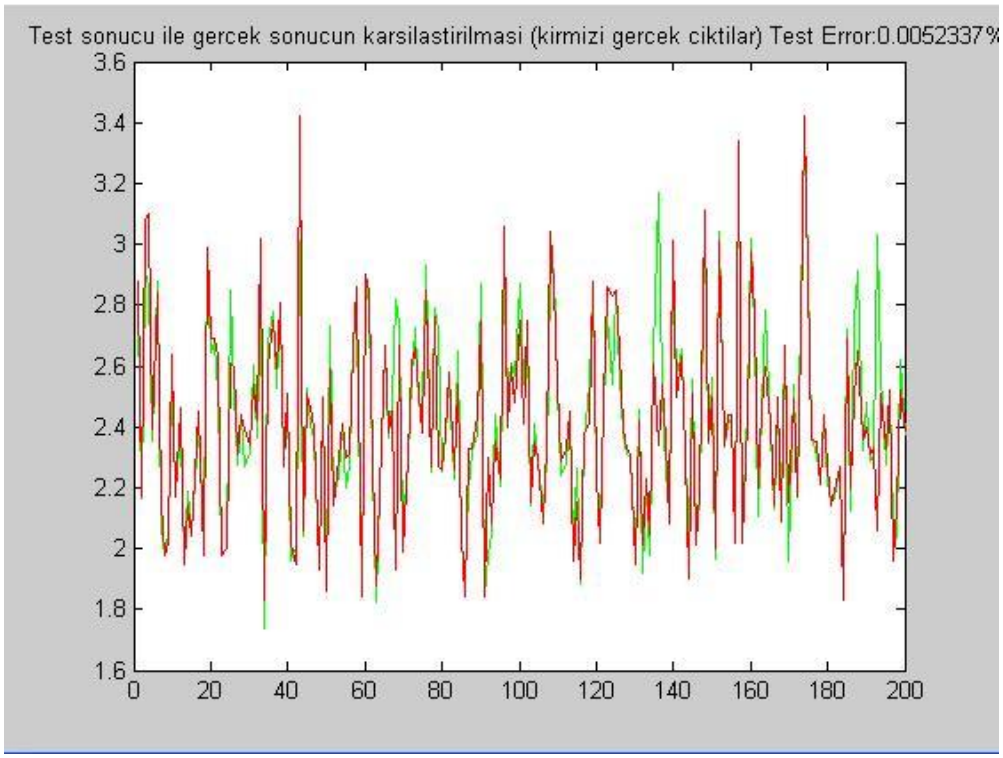
MATLAB programıyla gerçekleştirilen eğitim ve test sonuçlarının performans grafikleri şekil 4.5-7' de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. YSA modelinin performans eğrisi



Şekil 4.6. Eğitim sonucu ile gerçek sonucun karşılaştırılması



Şekil 4.7. Test sonucu ile gerçek sonucun karşılaştırılması

YSA'da test edilen frekans değerleri, ilgili HFSS simülasyon yazılım sonuçları ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.4' te 150 iterasyon için geri yayılım algoritması kullanılarak YSA modeli ile HFSS' nin rezonans frekans sonuçlarındaki hata ölçümleri tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.4. 150 iterasyon için Geri Yayılım Algoritması Kullanılarak YSA Modeli ve HFSS' nin Fr Sonuçlarındaki Hata Ölçümleri (Bose ve Gupta 2008)

S.N.	Giriş Parametreleri					Çıkış Parametreleri		
	Lp (cm)	Wp (cm)	Lap (cm)	Wap (cm)	Lf (cm)	Fr(GHz) (HFSS)	Fr(GHz) (ANN)	% Hata
1	4.390	3.651	0.201	2.024	5.349	1.830	1.8	1.6
2	3.977	3.123	0.197	1.656	6.164	2.090	2.1	0.47
3	3.838	3.415	0.164	1.895	5.786	2.190	2.2	0.45
4	3.562	2.732	0.207	1.892	6.581	2.290	2.3	0.43
5	3.380	3.337	0.177	1.863	5.915	2.400	2.4	0.00
6	3.010	3.639	0.160	1.836	5.396	2.500	2.5	0.00
7	2.847	3.684	0.205	1.595	5.718	2.690	2.7	0.37
8	2.682	2.745	0.185	1.828	6.752	2.890	2.9	0.34
9	2.572	2.555	0.176	1.669	6.479	2.980	3.0	0.67
10	2.513	2.648	0.201	1.162	6.225	3.110	3.1	0.32

Hata 1.6% - 0.1% arasında bulunmuş. % Hata aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\%Hata = \left| \left(\frac{\text{HFSS degeri - ANN degeri}}{\text{HFSS degeri}} \right) \right| x100$$

YSA modelinin hata değerlendirme kriteri olarak hataların kareleri ortalaması tercih edilmiştir. YSA modeli farklı öğrenme algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir algoritmanın eğitim ve test hataları belirlenirken bu hataların kendi gruplarından 10' ar değer alınıp bunların ortalaması bulunmuştur. LM, GD ve GDM algoritmalarıdır. Çizelge 4.5' te bu algoritmalarının eğitim ve test hata sonuçları karşılaştırılarak performansları değerlendirilmiştir. Buna göre en iyi performansı LM algoritması sergilemiştir.

Çizelge 4.5. AKMYA için sunulan YSA modelinde algoritma performansları

ÖğrenmeAlgoritmaları	Eğitim Hataları FR (Rezonans Frekans)	Test Hataları FR (Rezonans Frekans)
LM	0.007	0.005
GD	0.06	0.05
GDM	0.05	0.08

Farklı öğrenme algoritmaları kullanmanın amacı, daha hızlı ve daha doğru sonuç elde etmek ve farklı öğrenme yöntemlerini ve ağlarını bu tip uygulamalar için test etmektir. Nöral modellerden elde edilen sonuçlar, deneysel HFSS sonuçlarla karşılaştırılmış ve uyumluluk içinde olduğu görülmüştür. Ayrıca öğrenme algoritmalarından LM algoritmasının en iyi sonuca götürdüğü gözlenmiştir. Diğer algoritmalarında belli bir zaman dilimi içerisinde istenilen sonuca götüreceği kanaatine varılmıştır.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında AKMYA' ların rezonans frekansının YSA ile elde edilmesi amaçlanmış ve yapılan çalışmanın doğruluğu için HFSS paket programında elde edilen sonuçlar ile karşılaştırma yapılmıştır. YSA ile elde edilen sonuçlar HFSS ile uyumlu olduğu görülmüş ve bunun yanı sıra HFSS' ye göre çok daha kısa bir süre zarfında elde edilmiştir.

HFSS' de yapılan çalışmada, kullanılan alttaşların özellikleri ve yama boyutlarının rezonans frekansı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Simülasyon ortamında tanımlanan vakum yüksekliğinin simülasyon sonuçları üzerinde ciddi bir değişiklik meydana getirmediği görülmüştür. Anten parametrelerinde rastgele değişiklik yapılarak rezonans frekansı üzerindeki etkileri, grafiksel sonuçlar ve elde edilen veriler incelenerek belirlenmiştir.

Bu çalışma süresince, hem simülasyon hem de YSA ile elde edilen sonuçların doğruluğu çeşitli grafiksel gösterimler ile daha anlaşılır hale getirilmiş ve bu yöntemlerin mikroşerit anten tasarımında ne kadar etkili kullanılabileceği gösterilmiştir.

İleriki çalışmalarda, elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda literatürde mevcut olmayan parametreler için bir model oluşturularak YSA sonuçlarının simülasyon sonuçlarına daha da yakınlaştırılması sağlanabilir. Bu çalışmada gerçekleştirilen simülasyon ve YSA modelleri, anten parametrelerinden sadece rezonans frekansının bulunması amacıyla yapılmıştır. Band genişliği, geri dönüş kaybı, vb anten parametrelerini de içine alacak bir çalışma hazırlanabilir.

Ayrıca MYA' da çıkışı bilinen rezonans frekans değerleri YSA modelinde giriş parametresi olarak kullanılıp, çıkışta antenin geometrik boyutlarını bulacak bir çalışma yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

(Dergi)

Bose, T., Gupta N. 2008. Neural Network Model for Aperture Coupled Microstrip Antennas. Microwave Review September Vol. 14, No.1

Gangwar , S. P., Gangwar, R P S., Kanaujia, B K. 2008. Resonant Frequency Of Circular Microstrip Antenna Using Artificial Neural Networks. İndian Journal Of Radio & Space Physics. vol. 37, june 2008, pp. 204-208

Ghosh, C. K. ve Parui, S. K. 2010. Design, Analysis and Optimization of A Slotted Microstrip Patch Antenna Array at Frequency 5.25 GHz for WLAN-SDMA System. International Journal on Electrical Engineering and Informatics - Volume 2, Number 2

Himdi, M. 1989. Transmission Line Analysis of Aperture-Coupled Microstrip Antenna. Electron Lett. Vol.25, pp.1229-1230.

Malathi, P. ve Kumar, R. 2009. Design of Multilayer Rectangular Microstrip Antenna using Artificial Neural Networks. International Journal of Recent Trends in Engineering. Vol 2, No. 5, November

Saraç, T. 2004. Yapay Sinir Ağları. Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Seminer Projesi,71s, Ankara

Sevgi, L. 2005. Endüstriyel & Otomasyon, Ağustos

Sullivan, P.L., Schaubert D.H. 1986. Analysis of Aperture Coupled Microstrip Antenna. IEEE Tras. on Antennas and Propagation, vol. AP-34, pp.977-984.

Thakare, V. ve Singhal P. 2010. Neural Networks Based CAD Model For The Design Of Rectangular Patch Antenna. Journal of Engineering and Technology Research Vol. 2(7), pp. 127-130, July 2010 Academic Journals

Wu, C. ve Et, A. 1992. Accurate Characterization of Planar Printed Antennas Using Finite-Difference Time-Domain Method. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. AP-40, pp.526-534

(Kitap)

Akkaya, I. 1997. Antenler ve Propagasyon. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları, Sayfa: 285. İstanbul

Balanıs, C.A. 1982. Antenna Theory Analysis and Design. Arizona State University, John Wiley & Sons inc. Second Edition. Arizona

Balanıs, C.A. 1997. Antenna Theory Analysis and Design. Arizona State University, John Wiley & Sons inc. Second Edition. Arizona

Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I. ve Ittipiboon, A. 2001. Microstrip Antenna Design Handbook. Artech House. London.

James, J. R., Hall, P. S. 1988. Handbook of Microstrip Antennas. The Institution of Engineering and Technology. 2.edition, (June 1, 1988) Number of Pages: 1350

Kumar, G. ve Ray, K.P. 2003. Broadband Microstrip Antennas. Artech House. 451p. USA.

Pozar, D.M. 1985. Antenna Design Using Personal Computers. Artech House. 121-126. Dedham MA

Pozar D.M. ve Schaubert (Editors) D.H. 1995. Microstrip Antennas-The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays, IEEE Press, New York.

Sanıatı, R.A. 1996. Cad of Microstrip Antennas for Wireless Applications. Artech House. London

Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M. 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I: Yapay Sinir Ağları. Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık Tic. Ltd. Şti., 417s. Kayseri.

(Tez)

Acar, H. 2010. Uyanıklık Seviyesinin Kestiriminin Dsp Tabanlı Olarak Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır. 90

Batar, H. 2005. EEG İşaretlerinin Dalgacık Analiz Yöntemleri Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması. Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 102.

Bilgin, S. 2008. Kalp hızı değişkenliğinin dalgacık dönüşümü ve yapay sinir ağları kullanılarak analizi. Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya. 138.

Çolak, Ö.H. 2006. Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Sismik Sinyallerin Analizi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya. 107.

Demir, Ö. 2008. EEG Dalgalarının Wavelet (Dalgacık) Dönüşümü ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya. 56.

Danış Ö. 2009. Genişband Gsm-Umts Mikroşerit Yama Anten Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Enstitüsü, İstanbul.

Gökçe, B. 2009. Umts Uyumlu Cep Telefonları İçin Mikroşerit Yama Anten Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul. 113.

Hanbay, D. 2007. Yapay sinir ağı tabanlı akıllı yöntemlerle karmaşık sistemlerin modellenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Harıth, Z. 2005. Desıgn of a Cırcular Polarızatıon Mıcrostrıp Antenna at 2.4Ghz. Master of Science Thesis, Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Electrical Engineering, Malaysia

İkiz, M. 2006. Wavelet (Dalgacık Dönüşümü) Ve Yapay Sinir Ağı Kullanarak Ses Sinyalinden Konuşmacı Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.

Koçer D. 2009. Daire Ve Dikdörtgen Geometrik Yapılı Mikroşerit Antenlerin Simülasyonu Ve Rezonans Frekanslarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Konya.

Nakar, P. S. 2004. Design of a Compact Microstrıp Patch Antenna for Use in Wireless/cellular Devices. Master of Science Thesis, The Florida State University, College of Engineering, USA.

Tansarıkaya, İ. 2007. Geniş Bandlı Yama Anten Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Toktaş, A. 2009. Farksal Gelişim Algoritması Kullanarak H Şekilli Mikroşerit Antenlerin Rezonans Frekansının Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin

(Kongre-Sempozyum)

Pozar, D. M. 1996. A Review of Aperture Coupled Microstrip Antennas; History, Operation, Development, and Applications. Electrical and Computer Engineering University of Massachusetts at Amherst Amherst, MA 01003 May

Gültekin, S., Güney, K., Sağıroğlu, Ş. 2002. Farklı Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Eğitilen Yapay Sinir Ağları İle Elektriksel Olarak İnce ve Kalın Dikdörtgen Mikroşerit Antenlerin Rezonans Direncinin Hesaplanması. URSI-TÜRKİYE'2002. 18-20 Eylül 2002 İstanbul Teknik Üniversitesi

Milovanovic, B., Milijic, M., Atanaskovic, A., Stankovic Z. 2005. Modeling of Patch Antennas Using Neural Networks. 28 – 30 September 2005 (TELSIKS 2005). Serbia and Montenegro.

Pozar, D.M. 1992. Microstrip Antennas. Proc. IEEE, no. 80, s. 79-91, Massachusetts Univ., Amherst, MA

Turker, N., Gunes, F., Yıldırım T. 2006. Artificial Neural Design of Microstrip Antennas. Turk J Elec Engin, VOL.14, NO.3, TUBITAK

Yıldırım, A., Yağcı, B., Paker, S. 2008. 2.4 GHz'de Yüksek Kazançlı Mikroşerit Yama Anten Tasarım ve Gerçekleştirimi. ELECO'2008 Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu Ve Fuarı Bildirileri,

(İnternet Belgesi)

Sutclıffe, M.J., Wo, Z.G., Oswald ve R.E. 1996. Three-dimensional models of non- NMDA glutamate receptors.
Erisim: [http://neon.chem.le.ac.uk/cornell/ Sutchifee_BJ/Sutcliffe_BJ.html].
Erisim Tarihi: 22.12.1996

(Proje)

Taslimi, P. 2005. Patch Antenna analysis using Ansoft Designer. Shahed University of Tehran, IR-IRAN August (Project)

EKLER

Ek-1. Eğitim ve test veri seti oluşturmak için kullanılan MATLAB kodu

MATLAB KOD

```
load  new_data.mat;

tr_input=new_input(:,1:300);

tst_input=new_input(:,301:500);

tr_output=new_output(1,1:300);

tst_output=new_output(1,301:500);

net=newff(minmax(tr_input),[8 1],{'logsig' 'purelin'},'trainlm');

net=init(net);

net.trainParam.show = 10;

net.trainParam.epochs = 150;

net.trainParam.goal = 1e-3;

[Ybt] = sim(net,tr_input);

[net,tr] = train(net,tr_input,tr_output);

[Trp] = sim(net,tr_input);

TrainingPerformance=Trp;

[Tst] = sim(net,tst_input);

TestPerformance=Tst;

figure;

plot(TestPerformance','Color','green');

test_error= mean(abs(TestPerformance'-tst_output'));

test_error= test_error*test_error';
```

```
title(strcat ('Test sonucu ile gerçek sonucun karşılaştırılması (kırmızı gerçek çıktılar)
Test Error:',num2str(test_error),'%'));

hold on;

plot(tst_output','Color','red');

hold off;
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: İsa ATAŞ

Doğum Yeri: Diyarbakır

Doğum Tarihi: 07.03.1975

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Atatürk Lisesi / Diyarbakır, 1992

Lisans : Dicle Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği / DİYARBAKIR, 2000

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Dicle Üniversitesi Diyarbakır Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Teknolojisi, DİYARBAKIR, 2007 - …

Yayınları (Uluslararası Bildiriler):

1. M.Yılmaz, Y.Birbir, İ.Ataş, M.E.Asker, Bilgisayar Deney Kartlarının Elektrik veya Elektronik Eğitiminde Öğrenmeye Katkıları, II. International Computer Technologies and Instructional Symposium, Kuşadası, 2008.

Yayınları (Ulusal Bildiriler):

1. M.Yılmaz, İ.Ataş, F.Koçyiğit, Çamaşır Makinesinde Sayısal Hız Kontrol Uygulaması, UMES'07, Kocaeli,2007

Yayınları (Projeler):

1. Tubitak MAG 104M569, Robotlarda Görme ve Ses Algılama Becerilerinin Dinamik Çevre Şartlarında Geliştirilmesi