

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİKRODALGA TRANSİSTORLARIN YAPAY SİNİR AĞLARI
MODELLEMELERİ İÇİN OPTİMUM EĞİTİM VERİ MİMARİSİ**

HAKAN KALAYCI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HABERLEŞME PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. Filiz GÜNEŞ**

**EŞ DANIŞMAN
DR. Peyman MAHOUTİ**

İSTANBUL, 2016

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKRODALGA TRANSİSTORLARIN YAPAY SİNİR AĞLARI
MODELLEMELERİ İÇİN OPTİMUM EĞİTİM VERİ MİMARİSİ**

Hakan KALAYCI tarafından hazırlanan tez çalışması 25.07.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Dr. Peyman Mahouti
Omega Global Bilişim A.Ş.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Hakan Paşa PARTAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Sedef KENT
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği anabilim dalı Haberleşme programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yapılan çalışmanın sonuçlardan görüldüğü üzere mikrodalga transistorların YSA tabanlı modelleri oluşturulurken akım verilerinin bölgelere ayrılması ve ağı bu değerler ile ilgili bilgilerin verilmesi sonucunda YSA modellerinin genel performansının basit ve etkili bir şekilde artırılabilirdiği düşünülmüş olup, bu yöntem ile eğitim esnasında kullanılan verilerin optimum şekilde seçimi ve kullanımı ile ileri çalışmalarda çok daha az data miktarı ile yüksek performanslı ve doğruluğu yüksek YSA modellerinin oluşturulabilmesi hedeflenmiş olup simulasyon çıktılarının ışığında başarılı olarak sonuçlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında ve çalışmalarım sırasında değerli yardımlarını esirgemeyen, yüksek lisans süresi boyunca sürekli desteğiyle yanımda olan sayın hocam Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ'e teşekkür eder, ayrıca gerek bilgi ve gerekse moral açısından bana destek olan, yüksek lisans sırasında takıldığım noktalarda ve matlab kodlarının yazımında bana destek veren Peyman MAHOUTİ buradan teşekkürlerimi iletmeyi bir borç bilirim.

Tezimin bu konu üzerinde çalışacak araştırmacılara faydalı olması dileğiyle.

Temmuz, 2016

Hakan KALAYCI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.1.1 Transitor	1
1.1.2 Düşük Gürültülü Kuvvetlendiriciler	2
1.1.3 Yapay Sinir Ağları	3
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
MIKRODALGA TRANSİSTÖRÜ ve PARAMETRELERİ	6
2.1 Saçılma Parametreleri (S- Parametreleri).....	6
2.2 Gürültü Parametreleri	7
BÖLÜM 3	
YAPAY SİNİR AĞLARINA GİRİŞ	9
3.1 Yapay Sinir Ağları Donanımı	10
3.2 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları	11
3.3 Öğrenme Kuralı.....	12

BÖLÜM 4

Çok Katmanlı Algılayıcı [Multilayer Perceptron (MLP)].....	13
--	----

4.1 Geri Yayımlı İleri Beslemeli Sinir Ağı	15
--	----

BÖLÜM 5

YSA Tabanlı Transistor Modelleme	17
--	----

5.1 S Parametreleri İle Modelleme Performans Çalışması	19
--	----

5.1.1 Standart Model Tek Katmanlı 25 Noronlu Sinir Ağı.....	20
---	----

5.1.2 Standart Model Çift Katmanlı 25/10 Noronlu Sinir Ağı	21
--	----

5.1.3 İkili Eğitim Modeli Tek Katmanlı 25 Noronlu Sinir Ağı	22
---	----

5.1.4 İkili Eğitim Modeli Çift Katmanlı 25/10 Noronlu Sinir Ağı.....	23
--	----

5.1.5 Üçlü Eğitim Modeli Tek Katmanlı 25 Noronlu Sinir Ağı	24
--	----

5.1.6 Üçlü Eğitim Modeli Çift Katmanlı 25/10 Noronlu Sinir Ağı.....	25
---	----

5.2 Gurultu Parametreleri İle Modelleme Performans Çalışması	26
--	----

5.2.1 Standart Model Tek Katmanlı 10 Noronlu Sinir Ağı.....	28
---	----

5.2.2 Standart Model Çift Katmanlı 10/25 Noronlu Sinir Ağı	29
--	----

5.2.3 İkili Eğitim Modeli Tek Katmanlı 5 Noronlu Sinir Ağı	30
--	----

5.2.4 İkili Eğitim Modeli Çift Katmanlı 5/20 Noronlu Sinir Ağı.....	31
---	----

5.2.5 Üçlü Eğitim Modeli Tek Katmanlı 15 Noronlu Sinir Ağı	32
--	----

5.2.6 Üçlü Eğitim Modeli Çift Katmanlı 15/10 Noronlu Sinir Ağı.....	33
---	----

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER	35
-------------------------	----

KAYNAKLAR	36
-----------------	----

ÖZGEÇMİŞ	38
----------------	----

SİMGE LİSTESİ

$[S]$	Saçınım matrisi
a_1	Port 1'e giren dalga
a_2	Port 1'den yansıyan dalga
b_1	Port 2'e giren dalga
b_2	Port 2'den yansıyan dalga
F	Transistör gürültü parametresi
F_{\min}	Minimum gürültü parametresi
Ghz	GigaHertz
mA	miliAmper
N	Gürültü vektörü
Q	Çalışma noktası
R_n	Gürültü direnci
S_{11}	Uygun çıkış sonlandırma ile giriş yansıma katsayısı
S_{12}	Uygun giriş sonlandırma ile ters iletim katsayısı
S_{21}	Uygun çıkış sonlandırma ile ileri iletim katsayısı
S_{22}	Uygun giriş sonlandırma ile çıkış yansıma katsayısı
V	Volt
Z_0	Çıkış direnci
XOR	Özel veya lojik kapısı
Γ_s	Yansıma katsayısı
Γ_{opt}	Optimum yansıma katsayısı
ϕ_{OPT}	Optimum yansıma faz açısı

KISALTMA LİSTESİ

AB	Akım bölgesi
ANN	Artificial neural network
B	Beyz
C	Kollektör
ÇKA	Çok katmanlı algılayıcı
E	Emiter
GRNN	Genelleştirilmiş regresyon sinir ağı
LNA	Düşük gürültülü yükseltici
MLP	Multi layer perceptron
NPN	Negatif - pozitif - negatif jonksiyon
OMHF	Ortalama mutlak hata fonksiyonu
PN	Positif - negatif jonksiyon
PNN	Probabilistic neural network
PNP	Positif- negatif - pozitif jonksiyon
RBF	Radial basis function
SNR	Sinyal - gürültü oranı
S-parametreleri	Saçılma parametreleri
YSA	Yapay sinir ağları

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Giren ve yansıyan dalgaların gösterimi 6
Şekil 3.1	Üç katmanlı nöronları tam olarak birleştirilmiş bir ağ modeli..... 12
Şekil 4.1	MLP Katmanlı gösterimi 13
Şekil 4.2	Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı gösterimi 15
Şekil 4.3	Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı diyagramı 15
Şekil 4.4	Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı detaylı gösterim..... 16
Şekil 4.5	Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı akış diyagramı..... 16
Şekil 5.1	Üç giriş sekiz çıkışlı saçılma Parametreleri için karakutu modeli 18
Şekil 5.2	Dört giriş sekiz çıkışlı Parametreleri için karakutu modeli..... 19
Şekil 5.3	Standart model tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri 20
Şekil 5.5	Standart model tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri 20
Şekil 5.6	Standart model tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri 21
Şekil 5.7	Standart model çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri .. 21
Şekil 5.9	Standart model çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri .. 22
Şekil 5.10	Standart model çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri .. 22
Şekil 5.11	İkili eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri .. 23
Şekil 5.12	İkili eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri .. 23
Şekil 5.13	İkili eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri .. 23
Şekil 5.14	İkili eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri..... 24
Şekil 5.15	İkili eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri..... 24
Şekil 5.16	İkili eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri..... 24
Şekil 5.17	Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri..... 25
Şekil 5.18	Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri..... 25
Şekil 5.19	Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri..... 26
Şekil 5.20	Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri..... 26
Şekil 5.21	Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri..... 26
Şekil 5.22	Üç giriş dört çıkışlı gürültü parametreleri için karakutu modeli..... 27
Şekil 5.22	Dört giriş dört çıkışlı gürültü parametreleri için karakutu modeli 27
Şekil 5.24	Standart model tek katmanlı 10 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri 29
Şekil 5.25	Standart model tek katmanlı 10 noronlu sinir ağı $ \phi_{opt} $ ve $R_n/50$ grafikleri..... 29
Şekil 5.26	Standart model çift katmanlı 10/25 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri 29
Şekil 5.27	Standart model çift katmanlı 10/25 noronlu sinir ağı $ \phi_{opt} $ ve $R_n/50$ grafikleri 30

Şekil 5.28	İkili eğitim modeli tek katmanlı 5 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri	30
Şekil 5.29	İkili eğitim modeli tek katmanlı 5 noronlu sinir ağı $ \phi_{opt} $ ve $R_n/50$ grafikleri.....	31
Şekil 5.30	İkili eğitim modeli çift katmanlı 5/20 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri...	31
Şekil 5.31	İkili eğitim modeli çift katmanlı 5/20 noronlu sinir ağı $ \phi_{opt} $ ve $R_n/50$ grafikleri ...	32
Şekil 5.32	Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 15 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri	32
Şekil 5.33	Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 15 noronlu sinir ağı $ \phi_{opt} $ ve $R_n/50$ grafikleri.....	33
Şekil 5.34	Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 15/10 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri.....	33
Şekil 5.35	Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 15/10 noronlu sinir ağı $ \phi_{opt} $ ve $R_n/50$ grafikleri.....	34



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 5.1 S Parametreleri İçin Eğitim Veri Kümesi	17
Çizelge 5.2 İkili ve üçlü bölgeye ayrılmış eğitim veri kümesi.....	18
Çizelge 5.3 Eğitim veri kümesi.....	18
Çizelge 5.4 YSA modellerinin mimari bilgileri	20
Çizelge 5.5 YSA modellerinin test verileri ile elde edilen performans sonuçları	20
Çizelge 5.6 Gürültü Parametreleri İçin Eğitim Veri Mimarisi.....	30
Çizelge 5.7 Eğitim veri kümesi.....	30
Çizelge 5.8 YSA Modellerinin standart model mimari bilgileri	30
Çizelge 5.9 YSA Modellerinin ikili model mimari bilgileri	30
Çizelge 5.10 YSA Modellerinin üçlü model mimari bilgileri.....	31
Çizelge 5.11 YSA modellerinin test verileri ile elde edilen gürültü parametreleri ile yapılan performans sonuçları	31

MİKRODALGA TRANSİSTORLARIN YAPAY SİNİR AĞLARI MODELLEMELERİ İÇİN OPTIMUM EĞİTİM VERİ MİMARİSİ

HAKAN KALAYCI

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. FİLİZ GÜNEŞ

Eş Danışman: Dr.Peyman MAHOUTİ

Bu çalışma kapsamında mikrodalga devre tasarımlarında çok önemli bir yer kaplayan mikrodalga transistorlarının Çok Katlı Algılayıcı Sinir Ağı (ÇKA) kullanılarak yapılan modellenmeler için en optimum eğitim veri mimari secimi incelenmiştir. Bu amaç için, özellik ile geniş kutuplama gerilim ve akım bölgesine sahip, geniş çalışma frekans bandına sahip BPF 640 transistoru seçilmiş ve ÇKA ile doğru ve hızlı bir modelleme için optimum eğitim veri seti tayin edilmiştir. BPF 640 1V -4V arasında 1mA den 20 mA e kadar geniş bir besleme bölgesinde 10MHz den 10 GHz e kadar geniş bir çalışma bandı içine kullanılabilecek bir transistordur. ÇKA nın eğitim setini bütün bir çalışma bölgesine genelleştirme işleminde, en başarılı olduğu “İnterpolasyon” modunda seçilmiştir. Modelleme işleminde üretici firma tarafından verilmiş veriler çeşitli alternatif gruplara ayrılarak BPF 640 eğitilmiş, ortaya çıkan modellerin başarımlarına göre irdelenerek, optimum eğitim seti tayin edilmiştir ki ayrıntıları ile kongrede sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Transistor modellemesi, yapay sinir ağı, çok katlı algılayıcı, mikrodalga devre tasarımı

ABSTRACT

OPTIMUM TRAINING DATA ARCHITECTURE FOR MICROWAVE TRANSISTOR ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELLING

HAKAN KALAYCI

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. FİLİZ GÜNEŞ

Co-Adviser: Dr. Peyman MAHOUTİ

In this work, the optimum amount of training data for modelling of microwave transistors using Multilayer Perceptron (MLP) is studied. For this purpose, BPF 640 having wide operation frequency range within the large bias voltage and current range is chosen and optimum training data amount is determined for its accurate and rapid modelling. According to its Manufacturer's Data Sheets, BPF 640 has the operation frequency from 10 MHz up to 10 GHz within the region of $1V < V_{DS} < 4V$ and $1mA < I_{DS} < 20mA$. Interpolation is chosen for the MLP for the generalization process since MLP is generalizing successfully in interpolation mode. In congress, all the details of models and comparisons will be presented.

Keywords: Transistor modelling, artificial neural network, multi perceptron layer, microwave transistor design

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Transitor

Transistör iki PN diyodun bir araya gelerek, giriş kutbuna uygulanmakta olan sinyali yükselterek ya da azaltarak istenilen akım ve gerilim kazancı sağlayan, bazı uygulamalarda anahtarlama elemanı olarak işlevlendirilen yarı iletken devre elemanıdır [1]. Transistör kelime yapısı olarak transfer ve direnç anlamına gelen rezistans sözcüklerinin bir araya gelmesinden oluşmuştur. Çok geniş bir uygulama alanı olan ve gün geçtikçe farklı yeni yapılarda üretilen transistörler, temelinde bipolar ve unipolar olarak gruplandırılır. Bipolar transistörler NPN ve PNP şeklinde kategorize edilmiş olup iki tipten oluşmuş oluşur. Üç kutuplu devre elemanlarından olan transistörlerin kutupları; Emiter (E), Beyz (B) ve Kollektör (C) şeklinde isimlendirilir. Emiter (yayıcı); elektronların harekete başladığı bölge, Beyz (taban); transistörün çalışmasını sağlayan bölge ve Kollektör (toplayıcı); elektronların toplandığı alandır.

Elektronik sistemlerin gelişmesini ve günümüz teknolojisine ulaşmamızı sebep olan transistörün icadı 1947 senesinde Bell araştırma laboratuvarlarında, başkanlığını William Shockley yapmış olduğu John Bardeen ve Walter Brattain'den oluşan takım tarafından gerçekleştirilmiştir.

Transistörün icat edilmesine kadar süreçte , 1906 yılında ilk kez elektron lambaları Londra Üniversitesi 'nde ilk kez kullanılmış olup, bu lambaların kırılganlığı çok fazla, üretim pahalılığı, oluşturulacak devrelerde çok yer kapsaması, çalışmaya başlaması için belli bir ısıya ulaşması ve dolayısıyla belli bir zaman geçmesinin gerekmesi gibi dezavantajları bilim adamlarını bu lambaların sorunlarını çözebilmek için yeni devre elemanlarını icat etme noktasına getirmiştir. [2].

1947 yılında ise Walter Brattain , John Bardeen ile sürdürdüğü çalışmalarında devamı niteliğinde olan nokta kontaklı olan ilk germanyum transistörü icat etmiş ve bu transistör bir radyo devresinde denendi.

Shockley ve takımı yapmış oldukları çalışmalar ile teknoloji dünyasında yeni bir kapı aralamış olup , 1952 senesinde transistör ilk icat edilen boyutlarının 0.1 oranına indirilip çok daha güçlenmesi için çalışmalarına devam ettiler.Bu gelişmeden sonra bilim adamları, germanyuma göre sıcaklığa daha dayanıklı olan silisyum tabakalar üretilmeye başlandı ve akımı saniyenin 100 milyonda biri kadar zamanda iletebilen transistorlar üretildi [2].

Transistörün icadı elektronik anabilim dalı için önemli bir nokta olmuş ve günümüz teknolojisine ulaşılmasında önemli bir kilometre taşıdır.

1.1.2 Düşük Gürültülü Kuvvetlendiriciler

Mikrodalga transistorlerin sıklıkla kullanıldığı alanlardan olan LNA devresi ise SNR oranını düşürmeksizin çok düşük güç sinyali yükselten elektronik yükselteç devreleridir. LNA, güç yükselticileri, mikserler, frekans çevirici ve çoğullayıcı devreler, faz kaydırma devrelerinde kullanılır. Normal yükselteçler girişteki sinyali yükseltirken aynı zamanda gürültü sinyalinde yükseltmesine karşın düşük gürültülü yükselteçler gürültü sinyalini azaltmaya yönelik bir tasarıma sahiptir. Özellikle hücresel haberleşme ve kablosuz lokal alan ağlar gibi kablosuz haberleşme sistemlerinde düşük gürültülü yükselticileri kullanılır [3].

Alıcı ve Anten üzerinde, bazı özel uygulamaların SNR seviyesini belli bir seviyede tutmak için LNA fonksiyonları kullanılır. Yükseltici ve ön yükselticiler boyutları ve dayanım gücü uygulamadan uygulamaya farklılık gösterebilir. Örneğin askeri amaçla yapılan sinyal durdurucularda kullanılan LNA ler yüksek güç harcar ve ayrıca çok büyük yapılara sahipken, tüketici elektroniğinde kullanılan LNA devrelerin düşük güç harcaması ve kolay entegre olması istenir [4].

Sinyal kaynağı yakınında kullanılan LNA'nın sinyal kazancı ile devrenin alıcı zincirindeki serili aşamaların oluşturduğu gürültü azaltılır. Bu sırada LNA'nın kendi oluşturduğu gürültü ise direkt olarak gelen sinyale eklenir. Alıcı devresinde etkin gürültü azaltımı için bu durum çok önemlidir. LNA , sinyalin gücünü artırırken , çok küçük miktarda gürültü ve bozulma oluşturabilir ve düşük gürültülü yükselteçler, haberleşme sistemlerinin yapıtaşları arasındadır LNA tasarımında dört önemli parametreden yararlanır.

Bunlar ;

- i. Kazanç
- ii. Gürültü figürü
- iii. Non-lineerlik
- iv. Empedans eşleme

Genellikle, standart devre tasarım simulatorleriyle düşük gürültülü yükselteç tasarlayabilmek için transistor modellerini iki kategoriye ayırabiliriz.

- i. Farklı frekanslardaki S-parametrelerini kullanan düşük sinyal modeli
- ii. Harici bias kullanılarak yapılan, daha yaygın kullanılan yüksek sinyal modeli

1.1.3 Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir ağları çalışması itibariyle insan beyninin temel özelliklerinden olan öğrenme işlevini gerçekleştiren bilgisayar sistemleridir. Yapay sinir ağları, Öğrenme işlemini örnekleri kullanarak öğrenerek gerçekleştirir. Sözü edilen yapay sinir ağları birbirine bağlı yapay sinir hücrelerinden oluşmuş olup, her bağlantı bir ağırlık değerine sahiptir. Yapay sinir ağının sahip olduğu bilgi bağlantılarda bulunan ağırlık değerleri ağı yayılmıştır. YSA'lar ile ilgili çalışmalar 1950 yılında başlamış ve günümüzde neredeyse her alanda karşımıza çıkmaktadır. Sözü edilen çalışmalar 1970 öncesi ve 1970 sonrası şeklinde iki kısma ayırmak gerekmektedir. 1970 yılları YSA için aşılması imkânsız görünen pek çok problem aşılmış olup bilim dünyasında bir dönüm noktasını teşkil etmektedir.

İlk yapay sinir ağı fikri 1943 yılında, nöroloji alanında doktor olan Warren McCulloch ile dönemin matematikçilerinden Walter Pitts aklına gelmiştir. McCulloch ve Pitts, insan beyninin hesaplama kabiliyetinden ilham alarak, elektrik devreleriyle ilkel bir sinir ağı modeli meydana getirdiler [5]. 1949 yılında Hebb öğrenme fonksiyonunu bilgisayarlar tarafından oluşturabilecek düzeyde, bir yapay sinir ağı tasarlamıştır [6].

1957 yılında Perceptron'un geliştirilmesi [7] ve 1960 yılında Widrow ve Hoff ADALINE öğrenme algoritmasını gelişmesiyle yapay sinir ağları yeni bir boyut kazandı[8]. 1965 yılında ilk makine öğrenmesi kitabının yayınlanmıştır. 1969 yılında tek katmanlı algılayıcıların yetersizliklerinin ispatlanması ile bu konuyla ilgili yeni ağların tasarlanması gerektiği

anlaşılmıştır.1970 yılında Fukushima tarafından Neocognitron modeli bilim dünyasına kazandırılmıştır[9]. 1972 yılında korelasyon matris belleğinin geliştirilmesi[10] ve 1974 yılında geriye yayılım modelinin geliştirilmesi ile moder yapay sinir ağlarına yönelilmiştir[11]. 1978 yılında c modelinin geliştirilmesi, 1982 yılında çok katmanlı algılayıcıların geliştirilmesi bu günkü araştırmaların temeli atılmıştır[12]. 1984 yılında Boltzmann Makinesi'nin geliştirilmesi[13] , 1988 yılında RBF - PNN modelinin geliştirilmesi[14] ve 1991 yılında GRNN modelinin geliştirilmesi ile artık yapay sinir ağları yeni bir boyut kazandı[20].

1.2 Tezin Amacı

Mikrodalga transistor modellemesi mikrodalga teknoloji alanında özel bir önem taşımaktadır. Bu elemanın birçok mikrodalga devre elemanında kilit önem taşımasından sebebiyle, hassas ve büyük ölçekli tasarım/optimizasyon süreçlerinde kullanılmak üzere, hızlı, doğruluğu yüksek, basit ve güvenilir bir transistor modeli gerekmektedir. Son yıllarda kompütasyonel bilim ve teknolojik gelişmeler sonucunda yapay sinir ağlarının günümüzde birçok farklı bilim dalı alanında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır [21]-[26]. Mikrodalga devre elemanlarının özellik ile mikrodalga transistorların yapay sinir ağları ile Saçılma parametrelerinin modellenmeleri son yıllara rağbet gören araştırma konularından biridir [27]-[28]. Bu çalışma kapsamında, yapay sinir ağ yapıları kullanılarak, bir mikrodalga transistorunun yapay sinir ağ modeli için en uygun eğitim veri mimari secimi incelenmiştir. Farklı gerilim akım besleme değerleri için üretici firma tarafından sağlanmış olan ölçüm verilerinin geniş bantlı bir transistor modeli oluşturmak için kullanılmıştır. Çalışmanın sıradaki bölümünde, kullanılacak olan yapay sinir ağı modeli ve eğitim verilerinin oluşturulma stratejileri kısaca anlatılacaktır. Üçüncü bölümde, her bir eğitim veri seti ile eğitilmiş olan yapay sinir ağlarının performansların incelenmiş olup sonuçlara ait Çizelge ve grafikler halinde yer almaktadır.

1.3 Hipotez

Tez çalışması kapsamında öncelik ile üreticiler tarafından sağlanan ölçüm değerleri kullanılarak çok katmanlı algılayıcı yapılarına uygun bir eğitim veri kümesi hazırlanacaktır. Bu sayede temel bir yapay sinir ağı tabanı mikrodalga transistor modeli oluşturulmuş olacaktır.

İkinci aşamada ise elde edilen temel ağ modelinin performansını artırmak amaçlı toplanan eğitim ve test verilerinin daha optimum bir yapıya dönüştürülmesi ile toplam yapay sinir ağ modelinin performansının artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla akımların öncelik ile yüksek

ve düşük olarak 2 farklı sınıfa ayıklanması daha sonra ise yüksek orta ve düşük akım bölgelerine ayrılması ile daha yüksek bir performans sahip yapay sınır ağı modelleri elde edilmiştir.



MIKRODALGA TRANSİSTÖRÜ ve PARAMETRELERİ

2.1 Saçılma Parametreleri (S- Parametreleri)

Yüksek frekanstaki pratik sistem karakterizasyonlarının düşük frekans uygulamalarında yapılan basit açık veya kapalı devre ölçümleriyle artık yapılamamasından dolayı S-parametreleri (Saçılma parametreleri) önemli bir öge haline gelmektedir [15]. Şekil 1.1’de iki-kapılı bir devre için giren ve yansıyan dalgalar görülmektedir. Port 1’e giren dalga a_1 , yansıyan dalga ise b_1 ile gösterilirken port 2’ye giren dalga a_2 , yansıyan dalga ise b_2 ile gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Giren ve yansıyan dalgaların gösterimi

Port 1 ve port 2’de ölçülen S_{11} , S_{12} , S_{21} ve S_{22} parametreleri, iki kapılı devrenin saçınım parametreleridir ve gösterim şekli:

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$[S]$ ifadesi bu ağın saçınım matrisidir [16].

S-parametreleri yansıma veya iletim katsayılarını simgelerler. Port 1 ve port 2'nin özel durumlarında ölçülen S-parametreleri aşağıdaki ifadelerle tanımlanmaktadır:

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad (\text{Uygun çıkış sonlandırma ile giriş yansıma katsayısı})$$

$$S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad (\text{Uygun çıkış sonlandırma ile ileri iletim katsayısı})$$

$$S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} \quad (\text{Uygun giriş sonlandırma ile çıkış yansıma katsayısı})$$

$$S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} \quad (\text{Uygun giriş sonlandırma ile ters iletim katsayısı})$$

Eğer iki-kapılı devre bir transistörü imgelese bu durumda transistör uygun bir biçimde kutuplandırılır ve böylece transistörün S- parametreleri küçük-sinyal koşulları altında, verilen bir Q çalışma noktasında ölçülür. Ayrıca S-parametreleri frekansla değiştiği için ölçümler çeşitli frekans değerlerine göre yapılmaktadır [19].

2.2 Gürültü Parametreleri

Bir aktif cihazın F olan gürültü parametresi giriş ve çıkışlardaki uygun oranlardaki sinyalin gürültüye oranı olarak tanımlanır. Gürültü vektörü, transistör gürültü parametresi olan F in giriş kaynağındaki yansıma katsayısı olan Γ_s e bağımlılığını tanımlar.

$$F(\Gamma_s, \vec{N}) = F_{min} + 4 \frac{R_N}{Z_0} \frac{|\Gamma_s - \Gamma_{opt}|^2}{(1 - |\Gamma_s|^2) |1 + \Gamma_{opt}|^2} \quad (2.2)$$

\vec{N} gürültü vektörü olarak gösterilen 4 adet ölçülebilir gürültü parametresi içerir. Ayrıca bunlar transistörü kendi yapısından bağımsız olarak iki portlu bir şekilde nitelendirebilir.

$$\vec{N} = [F_{min}, |\Gamma_{opt}|, \varphi_{opt}, R_n/50]^2 \quad (2.3)$$

Burada, F_{min} , transistörün uygun olan minimum gürültü parametresidir. Ayrıca bu parametre, transistörün Γ_{opt} ve R_n gürültü direnci ile sürüldüğü zaman elde edilebilir.



YAPAY SİNİR AĞLARINA GİRİŞ

Yapay sinir ağları, insanın en önemli organı olan beyninin çalışma sistemine benzetilmesi için yapılan araştırmaların sonucu olarak meydana gelmiştir. Kabaca söyleyecek olursak, bir yapay sinir ağı insan beynindeki nöronların, ya da basit işlemcilerin aralarında farklı etki mertebeleri ile bağlanması sonucu oluşmuş olan sistem olarak tanımlanır.

İlk çıktığı yıllarda, tıp birimlerinde insan beynindeki sinir hücrelerinin matematiksel modelleme çalışmaları ile başlayan uygulamaları, son onbeş yıl içerisinde, bir analbilim dalı şeklini almaktadır.

Genel olarak, farklı yapıda ve şekillerde bulunan bilgi verilerini hızlı bir şekilde algılama ve tanımlama üzerine olan yapay sinir ağlarının kullanımının gün geçtikçe artmasının önemli nedeni ise , şimdiye kadar kullanılan tekniklerle çözümü zor sorunlar için kesin ve hızlı bir seçenek oluşturmalarıdır. [17]

Yapay sinir ağları, bilim dünyasında şu ana kadar kullanılan klasik hesaplama yöntemlerinden, farklı bir hesaplama yöntemi kullandığı için, sahip oldukları ortama uyum sağlayan, adaptif, eksik veri ile çalışabilen, belirsizlik koşullarda karar verebilen, hatalara karşı toleranslı olduğu için hayatın bir çok alanında başarılı uygulamalarını kullanmaktayız.

Oluşan yeni ağı yapısı oluşturulurken, ağ parametrelerinin seçiminde, belirli bir standardın olmaması, problemlerin sadece sayısal verilerle gösterilebilmesi, eğitimin nasıl oluşturulacağının bilinmemesi ve ağın davranışlarını tam olarak açıklanmamasına rağmen yapay sinir ağlarını oluşan talep gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle, sınıflandırma, ağ tanıma, sinyal filtreleme, veri sıkıştırma ve optimizasyon araştırmalarında yapay sinir ağlarının işlevlerinin büyük olduğu alanlar arasındadır.

Yapay sinir ağlarının geçmine baktığımızda 1970 senesi bir dönüm noktası olduğundan

dolayı,sözü edilen tarihten önce bir çok araştırmanın yapıldığı fakat 1969 senesinde XOR sorununun bir sonuca bağlanmaması nedeni ile araştırmalar durma noktasına gelmiştir. [18]

1970 yılından sonra çok az sayıda araştırmacının çalışmalarına devam etmeleri ve XOR sorununu çözümlenmesi akabinde yapay sinir ağlarına olan alaka tekrar canlanmıştır. Devam eden 10 sene içinde 30'a yakın farklı yeni model geliştirilmiş olup, yapılan çalışmalar sadece laboratuvarlarda kalmayarak içerisinde bulunan zaman diliminde kullanılan sistemler boyutuna gelmiştir. Yapılan bu araştırmalar hem yapay zeka aynı zamanda donanım teknolojisindeki atılımlar ile desteklenerek günümüzde daha da gelişmektedir.

3.1 Yapay Sinir Ağları Donanımı

Gündelik hayatta yapay sinir ağları uygulamaları genellikle yazılım teknolojisi olarak görülmektedir. Belirlenen her hangi modelin yazılımı gerçekleştirilmekte ve daha hızlı bilgisayarlar ile çalıştırılarak problemler çözülmektedir. Yapay sinir ağlarının sahip olduğu paralellik gösterilebilmesi için özel donanımlar gerekmektedir. Yapay sinir donanımları genellikle günlük hayatta ticari faaliyetlerde kullanılmak üzere aşağıdaki alanlarda fayda sağlamıştır:

- Optik karakter tanımlama
- Ses tanımlama
- Trafik izlenmesi
- Veri madenciliği ve filtreleme fonksiyonları

Yapay sinir ağları için bir çok faydası olan özel donanım geliştirilmiştir.

- **Hız:** Yapılan uygulamalarda sistemin karar verme süratinin önemi anlaşılmış olup günümüzdeki en süratli işlemcilerde bile çok fazla sayıda girdi parametrenin gerekmede olduğu ve ağı boyutlarının çok büyük olması halinde reel zamanlı kullanıma ve öğrenmeye uygun olmamaktadır. Bu soruna çözüm olarak sistemin reel zamanlı kullanımı için özel donanımların üretimi ile sistemin sürati artırılması istenmektedir.
- **Güvenirlilik:** Özel tasarlanan donanımlar ile sistemin güvenirliliği artırılmakta, aynı zamanda donanım hatalarının çözerek kontrol altına alınmasına yardımcı olan sistemlere olan güveni arttırmaktadır.
- **Özel çalıştırma koşulları:** Probleme uygun donanımın tasarlanması ile sistemin boyutları, ağır ağırlığı gibi sorun yaşanan hususlarda en stabil durumun seçilmesini sağlar.[18]

- **Güvenlik:** Özel üretilen donanım kullanılarak oluşturulan sistemin korunması ve güvenliği konusunda kontrol altına alınmaktadır.

3.2 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları

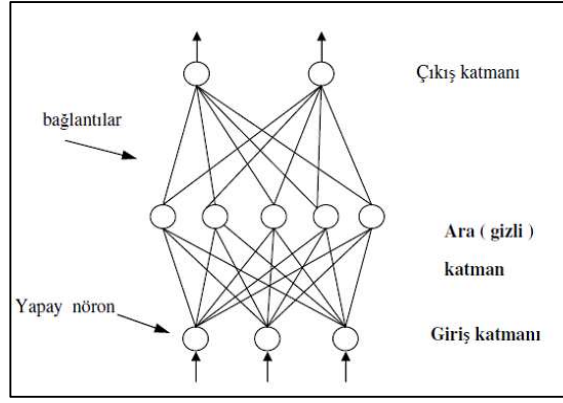
Yapay sinir ağları insan metabolizmasının önemli sistemlerinden olan sinir sisteminden esinlenerek oluşturulmuştur. Nöronlar aralarındaki synapsler vasıtası ile birbirlerine bağlı olup, işleme aldığı bilgileri akson yolu aracılığıyla bir sonraki işlem yapacak nöronlara gönderirler. Aynı yapı, yapay sinir hücreleri dışarı dünyadan elde ettikleri bilgileri bir toplama işlemiyle ile toplar ve aktivasyon fonksiyonu ile işleme sokarak çıktıyı üretilir. Ağ yapay sinir hücreleri üzerinden ağ elemanlarına gönderir. Farklı toplama ve aktivasyon fonksiyonları bulunan yapay sinir ağları, aralarındaki bağlantıların değerlerine göre ağırlık değerleri oluştururlar. Ağ elemanları, paralel olarak 3 katman şeklinde bir araya gelerek bir ağı meydana getirilirler. Ağ modelinin belirli bir uygulama için yapılandırılmasında işlem elemanları, diğer bir deyişle nöronlar belirli bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Genel anlamda bazı yapısal ünitelerin oluşturulmasında nöronlar birbirleriyle bağlı şekildedir ve çizgisel bir sırada dizilidir. Bu çizgisel şekilde dizilmiş nöronların oluşturduğu ünitelere katman denilmektedir [18].

Paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemi olan, YSA'nın özünde, zekâ ile yapılabilen fonksiyonlardan meydana gelen bilgi işleme işlevi mevcut olup, tek yönlü işaret bağlantıları ile bu bağlantıları sağlayan ağ elemanlarından oluşur. Çıkış işareti istenilen sayıda isteğe göre çoğaltılabilmekte aynı zamanda, YSA oluşumundaki temel düşünceyle, insan beyninin fonksiyonları arasında büyük benzerliğe sahiptir. Bu yüzden insan beyninin modeli adı verilen , YSA çevre standartlarına göre şekillenebilir.

Girişler ve oluşturulan çıkışların sisteme entegre edilmesi ile ağ kendisinden istenen farklı cevaplar verebilecek şekilde optimize edebildiği için son derece esnektir. Ancak son derece karmaşık bir içyapıya sahip olan YSA; insani fonksiyonların temel nöronlarını baz alarak işlem yapan kompoze elemanlar olmuştur [19]. Ençok kullanılan ağ modelleri çok katmanlı modellerdir.

Bunlar;

- Girdi katmanı
- Ara katmanlar
- Çıktı katmanı



Şekil 3.1 Üç katmanlı nöronları tam olarak birleştirilmiş bir ağ modeli

Veriler işlem girdi katmanından giriş yapar. Bir sonraki Ara katmanlarda işlenen veri, çıktı katmanına ulaştırılır. Veri işlemede ana öge, ağa giriş yapan verilerin ağırlık değerleri vasıtasıyla çıktıya dönüştürülmesi olup, yapay sinir ağa giriş yapan girdiler için daha doğru çıktıları oluşturulabilmesi için ağırlıkların doğru tanımlanması gerekmektedir. Doğru ağırlıkların bulunmasına ağırlık eğitimi adı verilir. Oluşan ilk değerler başlangıçta rastgele atanırlar.

Bir sonraki işlemde, eğitim esnasında her bir örneklem ağda işleme alındığında ağırlık öğrenme kuralına göre ağırlık değeri değişir. Bu işlemlerin ardından bir sonraki örnek ağa sunularak ağırlıklar yine değiştirilir ve en doğru değerleri bulunana kadar bu işlem devam eder.

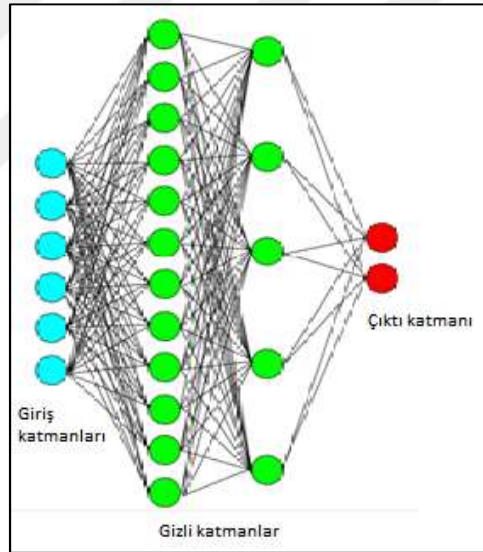
Bu süregelen işlemler ağırlık eğitimi setindeki örneklerin tamamı için doğru çıktılar üretinceye kadar tekrarlanır ve istenen durumun oluşmasından sonra test setindeki örnekler ağa gösterilir. Eğer ağırlık eğitimi setindeki örneklemelere istenilen yanıtları verirse ağırlık başarılı bir şekilde eğitilmiş kabul edilmektedir. Ağırlık değeri doğru belirlenmesinin ardından her bir bağlantının ağırlığının ne anlama geldiği tam olarak anlaşılmadığından dolayı yapay sinir ağlarına “kara kutu” adı verilir.

3.3 Öğrenme Kuralı

Yapay sinir ağlarının öğrenme kuralı, çeşitli kontrol faktörlerine bağlıdır. Yakınsama oranını seçerken bir çok nokta göz önünde bulundurulmalıdır. Yavaş öğrenme oranı sistemi yeterli derecede eğitmek için daha çok süre demektir. Hızlı öğrenme oranlarında ağırlık, ayrımları (sınıflandırmayı) yeteri kadar doğru biçimde yapmayabilir. Genel olarak, ağırlık yapısının kompleksliği, boyutu, parametre seçimi, mimarisi, öğrenme kuralının tipi ve istenilen doğruluk gibi çeşitli faktörler ağırlık ne kadar süre ile eğitileceğini belirleyen faktörleri oluşturmaktadır [20].

Çok Katmanlı Algılayıcı [Multilayer Perceptron (MLP)]

Yapay sinir ağlarının en çok kullanılan modeli olan çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) ağlar, genellikle mühendislik sorunlarına geniş çaplı sonuç verebilecek nitelikte olması, XOR sorunu çözebilmek için yapılan çalışmalar neticesinde meydana gelmiştir. Söz edilen yapay sinir ağları



Şekil 4.1 MLP Katmanlı gösterimi

3 katmandan oluşurlar

- Girdi katmanı: Verilerin sisteme giriş yaptığı katman ve herhangi bir işlem bu katmanda gerçekleşmez.
- Ara katmanlar: Sisteme giren verileri işler ve Bu katmanda
- birçok problemi çözmek mümkün olur fakat daha geniş sonuç alabilmek için katman sayısının artırılması gerekebilir. Bu katmanlara gizli katman adı da verilir
- Çıktı katmanı: Ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın ürettiği sonuç verilerini oluşturur.

Oluşan sonuç veriler dış dünyaya iletilir. Giriş ve sonuç katmanlarında ne kadar ağ elemanının olması gerektiği sorunu, problemin seviyesine bakılarak bir karara bağlanır. Gizli katman sayısı ve gizli katmandaki ağ elemanı adetinin ne kadar olması gerektiğini belirlemek için herhangi bir kural olmadığından dolayı deneme yanılma yolu ile belirlenir. Giriş katmanındaki ağ elemanlarının her biri ara katmandaki ağ elemanlarının hepsine bağlıdır. Bu birbirine bağlı ağ elemanları aynı zamanda çıkış katmanındaki ağ elemanlarına da bağlıdır. Veri akışı giriş katmanından gizli katmana daha sonrada çıkış katmanına ileri doğrudur [19].

Çok katlı algılayıcı yapay sinir ağları, eğitilmiş öğrenme stratejilerinden faydalandıklarından dolayı ,eğitim esnasında hem giriş verileri aynı zamanda giriş verilerine karşılık gelen ağın üretmesi gereken çıkış verilerini ağa gösterilirler. Faydalanılan öğrenme kuralının ana teması, eğitim esnasında ağın ürettiği çıkış verileri ile üretmesi beklenen çıkış verileri arasındaki farkın (hatanın) ağın ağırlıklarına bölüştürerek zaman içinde sözü edilen hatanın en aza indirgenmesidir.Yapılan bu işlemde, indirgenme sonrasında önce giriş verileri ağa gösterilerek bu verilere karışıklık gelen çıkış verileri üretilir. Bu işleme ileri doğru hesaplama adı verilir. İleri doğru hesaplama sonrasında, oluşturulan sonuç verileri ile oluşması beklenen sonuç verileri mukayese edilerek arada oluşan hata geriye doğru bölüştürerek ağırlıklar değiştirilirler. Bu işleme ise geriye doğru hesaplama olarak isimlendirilir. Çok katmanlı Algılayıcı ağlarının bu tip olayları öğrenmesini etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir;

- Örneklemelerin seçilmesi
- Giriş verilerinin ve sonuç verilerinin ağa sunulması
- Giriş verilerinin ve sonuç verilerinin sayısal gösterimi
- Ağ Ağırlıkların başlangıç değerlerinin rastgele atanması
- Öğrenme ve momentum katsayılarının yapılan işlemlere bakılarak belirlenmesi
- Örneklemelerin ağa tekrar sunulması
- Ağırlıkların oluşturulan yeni verilere göre değiştirilme zamanlarının belirlenmesi
- Giriş verilerinin ve sonuç verilerinin ölçeklendirilmesi
- Durdurma kriterinin belirlenmesi
- Ağların duruma göre büyütülmesi ve fazlalıkların çıkarılması

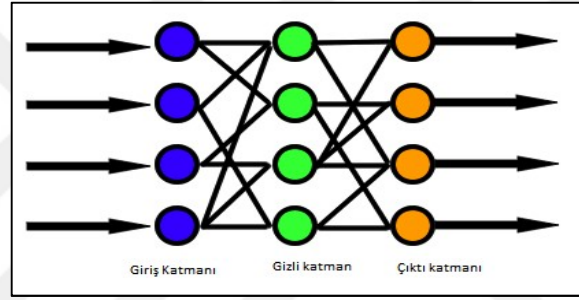
Çok katmanlı algılayıcıların eğitim performansını belirlemek için eğitim bitimi itibariyle ağın eğitim esnasında algılayamadığı örneklemeleri ağa tekrar gösterilerek ağın kararına bakılır. Eğer ağ görmediği örneklemelere düzgün cevaplar verebiliyor ise performans konusunda sorun yaşanmamaktadır.Çok katmanlı algılayıcı ağlarının mühendislik sorunlarındaki başarılı çözümleri, bu alanda yapay sinir ağlarına nazaran cazip kılmaktadır.

Özellikle;

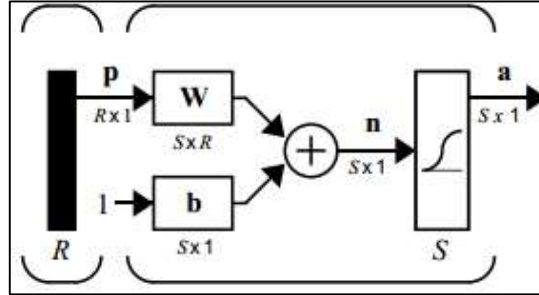
- Sınıflandırma
- Tahmin etme
- Tanımlama
- Yorumlandırma
- Teşhis

4.1 Geri Yayımlı İleri Beslemeli Sinir Ağı

R input sayılı, S sayıdaki nöronların tek katmanlı ağı aşağıdaki şekilde sol tarafında detaylı bir şekilde , sağ tarafta ise diyagram şeklinde gösterilmiştir.



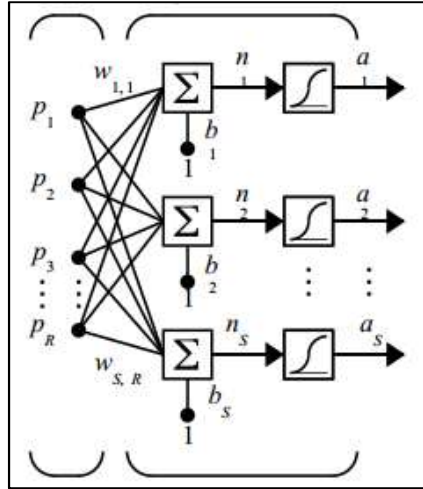
Şekil 4.2 Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı gösterimi



Şekil 4.3 Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı diyagramı

İleri beslemeli ağlar genellikle sigmoid nöronlarının gizli katmanın izleyen doğrusal nöronlardan oluşan çıkış katmanına sahiptir. Doğrusal olmayan dönüşüm fonksiyonuyla beraber çok katmanlı nöronlar, giriş ve çıkış vektörleri arasındaki doğrusal yada doğrusal olmayan ilişki öğrenilmesine izin veren ağlardan oluşur. Doğrusal çıkış katmanı -1 ile +1 arasındaki çıkış değerini üretir. Diğer bir deyişle, eğer çıkış ağını sayısal verilerle kısıtlamak istiyorsak, (örneğin 0 ile 1 arası gibi), çıkış katmanında sigmoid dönüşüm fonksiyonu kullanılmalıdır.(örneğin logsig gibi) Çok katmanlı ağlar için ağırlık matrislerinde katmanları numaralandırmak için üst indis kullanılmalıdır. İki katmanlı tansig / purelin ağı için uygun

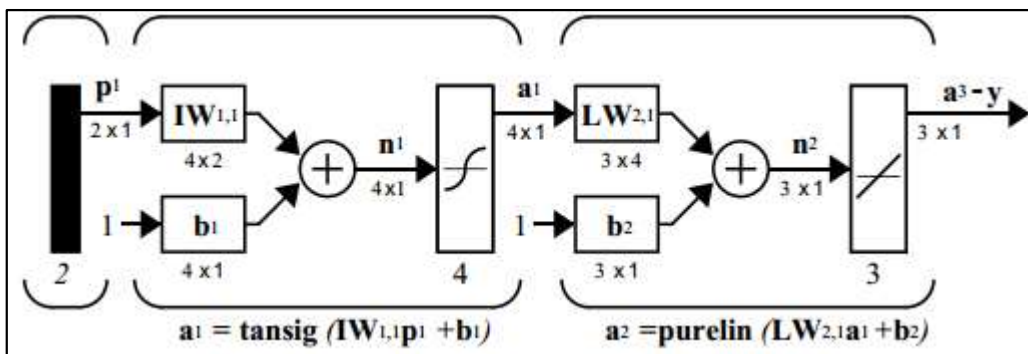
gösterim aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.4 Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı detaylı gösterim

Bu ağ genel fonksiyon yaklaşımının ifade etmek için kullanılmıştır. Süreksiz sonlu sayıda, isteğe bağlı ve yeterli sayıda nöron verilen gizli katmandaki yaklaşık fonksiyonlar ifade edilmiştir.

İleri beslemeli ağ eğitimi için ilk adım ağ öğelerini oluşturmak olup, ağ öğelerini oluşturmak için kullanılan fonksiyon ise newff fonksiyonudur. Dört adet giriş gerekli ve ağ öğelerine geri dönüş yapması gerekmektedir. İlk giriş giriş, giriş vektörünün her bir R elementi için en yüksek ve en düşük değerlerinden oluşan R matrisidir. İkinci giriş ise her katmanın boyutunu içeren dizilerden oluşur. Üçüncü giriş ise her katmanda kullanılan dönüşüm fonksiyonunun ismini içeren bir hücre diziden meydana gelmektedir. Son giriş ise kullanılacak eğitim fonksiyonunun hangisi olacağını belirler.



Şekil 4.5 Geri yayımlı ileri beslemeli sinir ağı akış diyagramı

Bu çalışmada ise öncelik ile tek daha sonra çift katmanlı olan ileri beslemeli sinir ağını iki katmanlı kullanıp, dönüşüm fonksiyonu için simülasyon sonucu olarak daha verimli sonuç veren logsig fonksiyonu kullanılmıştır. Ayrıca eğitim fonksiyonu olarak trainlm fonksiyonu tercih edilmiştir.

BÖLÜM 5

YSA Tabanlı Transistor Modelleme

Çalışmanın bu bölümünde kullanılacak olan yapay sinir ağı modeli ve eğitim verilerinin oluşturulma stratejileri ele alınmıştır. Bu kapsamın da yüksek performanslı ve kullanışlı bir mikrodalga transistoruna örnek teşkil etmek için BFP640 transistoru seçilmiştir. Transistora ait üretici firma tarafında sağlanan farklı akım ve gerilim besleme değerlerindeki saçılma parametreleri kullanılarak “Çizelge 1” de görülen eğitim veri kümesi oluşturulmuştur. Bu eğitim verisi genellikle kullanılan bir mimariye sahiptir [27]-[28].

Çizelge 5.1 S Parametreleri İçin Eğitim Veri Kümesi

Parametreler			Nitelik Sayısı	Toplam veri	
Gerilim (V)	Eğitim	1, 4	2	Eğitim	2x8x46=736
	Test	2, 2.5, 3	3		
Akım (mA)	Eğitim	1, 2, 4, 6, 8, 10, 15,	8	Test	3x8x46=1104
	Test	20			
Frekans (GHz)	Eğitim	0.01~10	46	Test	3x8x46=1104
	Test				

Mikrodalga transistorların YSA modellemeleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde bu yapıların en çok akım değerlerine hassasiyet gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu neden ile bu çalışmada, bir mikrodalga transistorunun YSA modeli için optimum bir eğitim verisi oluşturma amacı ile akımların farklı bölgelere ayırarak ve bu ayrımı YSA modelinin eğitimi sırasında bir giriş parametresi olarak ağına daha yüksek bir başarı ile eğitilmesi hedeflenmiştir.

Önerilen eğitim veri kümesine örnek olarak “Çizelge 2” deki eğitim verileri verilmiştir. Burada ilk modelde, akım değerleri alçak ve yüksek bölge olarak ikiye ayrılmıştır, ikincil modelde ise eğitim verileri daha detaylı bir şekilde alçak, orta ve yüksek akım bölgeleri olarak üçe ayrılmışlardır. “Çizelge 3” ve “şekil 1” de standart ve önerilen eğitim verilerine ait YSA eğitim

veri modelleri ve YSA mimarisi verilmiştir.

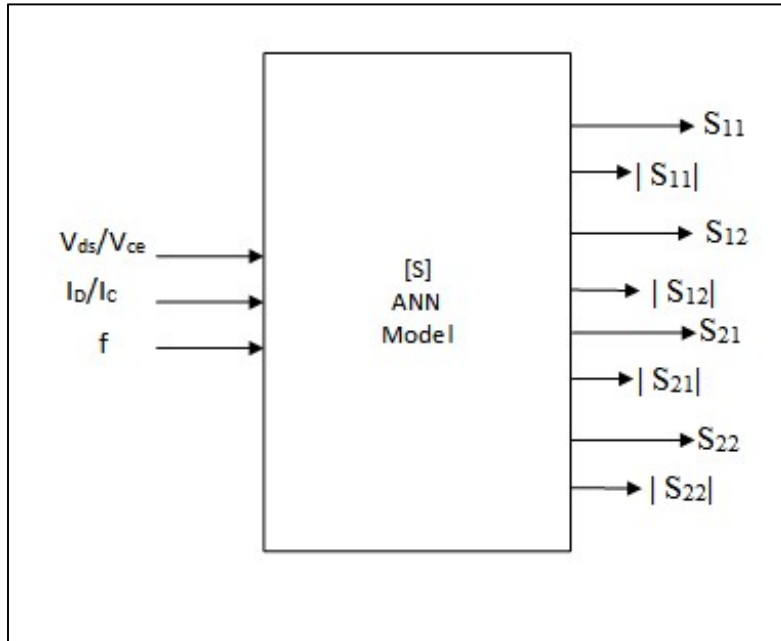
Çizelge 5.2 İkili ve üçlü bölgeye ayrılmış eğitim veri kümesi

	Akım (mA)	Akım Bölgesi (AB)
İkili akım bölgesi	1, 2, 4, 6	1 (Düşük akım)
	8, 10, 15, 20	2 (Yüksek akım)
Üçlü akım bölgesi	1, 2, 4	1 (Düşük akım)
	6, 8	2 (Orta akım)
	10, 15, 20	3 (Yüksek akım)

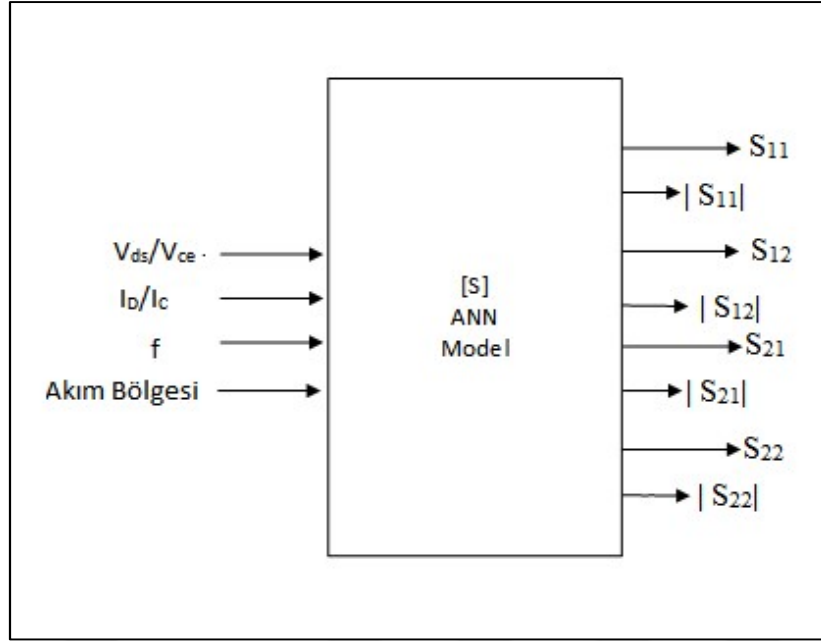
Çizelge 5.3 Eğitim veri kümesi

Model	Girişler				Çıkışlar
Standart	Gerilim	Akım		Frekans	8 adet saçılma parametresine ait Genlik ve Faz bilgileri
İkili bölge	Gerilim	Akım	Bölge	Frekans	
Üçlü bölge	Gerilim	Akım	Bölge	Frekans	

Oluşturulan veri kümeleri şekil 1 de verilen çok katmanlı algılayıcı mimarisi kullanılarak, YSA modellerinin oluşturulması için kullanılmıştır. Modelin hedefi verilen gerilim akım, akım bölgesi ve frekans bilgilerine karşılık gelen 8 saçılma parametresini hem eğitim hem de test verileri için yüksek doğrulukta vermesidir. Diğer bir değiş ile YSA tabanlı mikrodalga transistor modelimiz üç giriş ve sekiz çıkıştan oluşan bir kara kutu modelinden oluşacaktır. Diğer bölümde çok katmanlı algılayıcılar ile modellenen mikrodalga transistor kara kutu modellerinin performans sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.1 Üç giriş sekiz çıkışlı saçılma Parametreleri için karakutu modeli



Şekil 5.2 Dört giriş sekiz çıkışlı Parametreleri için karakutu modeli

5.1 S Parametreleri İle Modelleme Performans Çalışması

Çizelge 1-3 de verilen eğitim veri setlerinin kullanımı ile elde edilen ağırlar, Ortalama Mutlak Hata Fonksiyonu (OMHF) (1) kullanılarak her bir saçılma parametresi için ağ çıkışı ve hedef test değerler kullanılarak performansları incelenmiştir. Elde edilen OMHF değeri sekiz farklı saçılma parametresinin ortalama değeri olarak hesaplanmaktadır. Oluşturulan ağların mimari özellikleri Çizelge 4 de verilmiştir, bu değerler deneme yanılma yöntemi ile en iyi performansı sağlayan değerler olarak kabul edilmiştir. Çizelge 5 deki performans sonuçlarının 10 defa ağların tekrardan eğitilerek elde edilen ortalama performans değerleridir, verilen değerler tüm saçılma parametrelerinin sadece test verileri kullanarak elde edilmiş olup 10 defa için maksimum, minimum ve ortalama performans değerleri sunulmuştur.

$$OMHF = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\hat{y}_{ij} - y_{ij}| \quad (1)$$

Çizelge 5.4 YSA modellerinin mimari bilgileri

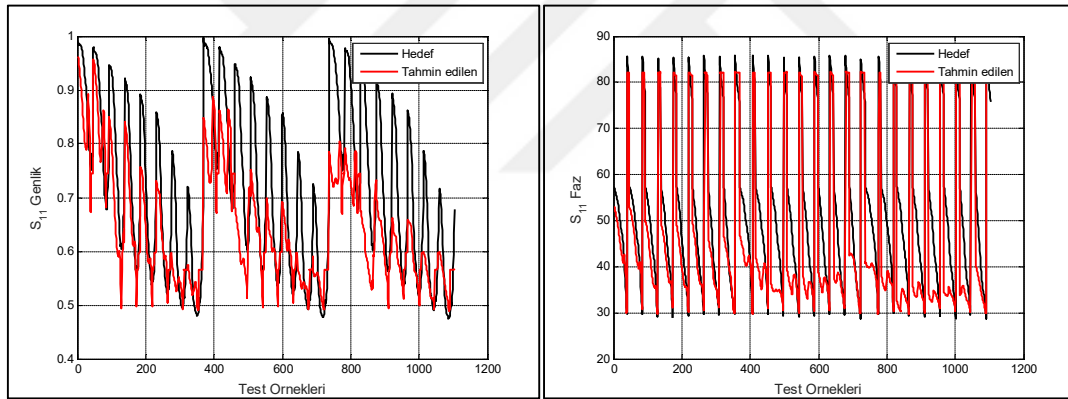
Gizli katman	Nöron sayısı	Aktivasyon fonksiyonu	Eğitim Algoritması	Maximum Eğitim Adımı
Tek	25	Logsig	Trainlm	Eğitim örnek sayısının x2
Çift	25/10	Logsig/logsig		

Çizelge 5.5 YSA modellerinin test verileri ile elde edilen performans sonuçları

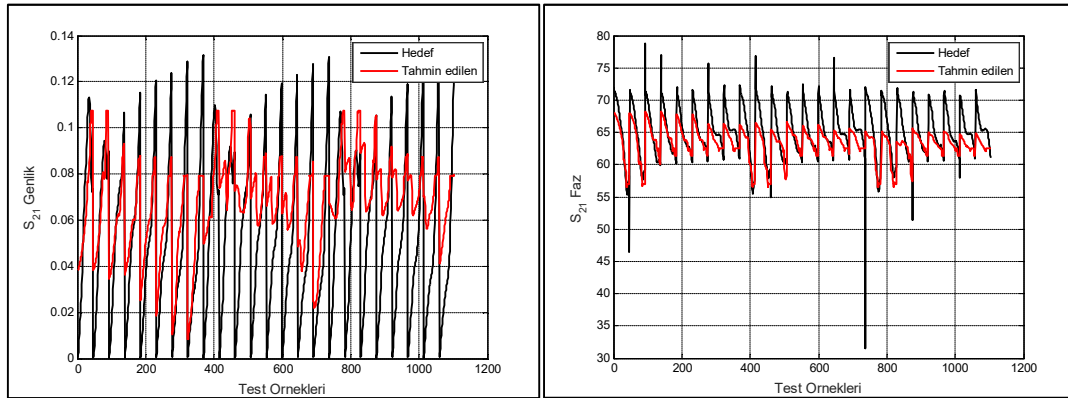
Model	Tek Gizli Katmanlı			Çift Gizli Katmanlı		
Eğitim Verileri	Standart	İkili bölge	Üçlü bölge	Standart	İkili bölge	Üçlü bölge
Ortalama Hata	36,60948	22,43813	17,36492	27,50507	19,43815	14,00048
Maksimum Hata	106,3453	76,43669	26,55808	84,24809	54,65325	32,02571
Minimum Hata	8,760673	5,376035	4,08125	7,828407	4,793752	3,343297

5.1.1 Standart Model Tek Katmanlı 25 Noronlu Sinir Ağı

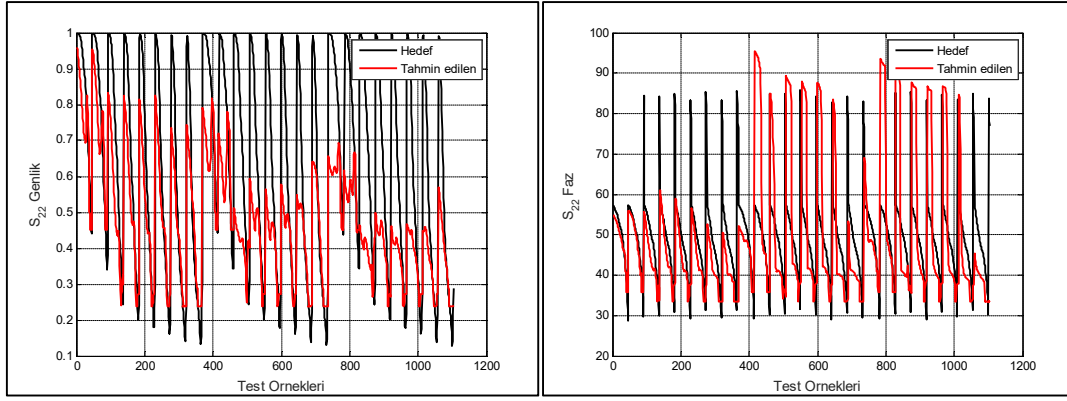
Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V,2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Uygulamada tek gizli katman kullanılmış ve nöron sayısı yapılan işlemler sonucu 25 olarak bulunmuş ve logsig aktivasyon fonksiyonu ile simüle edilmiştir.



Şekil 5.3 Standart model tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri



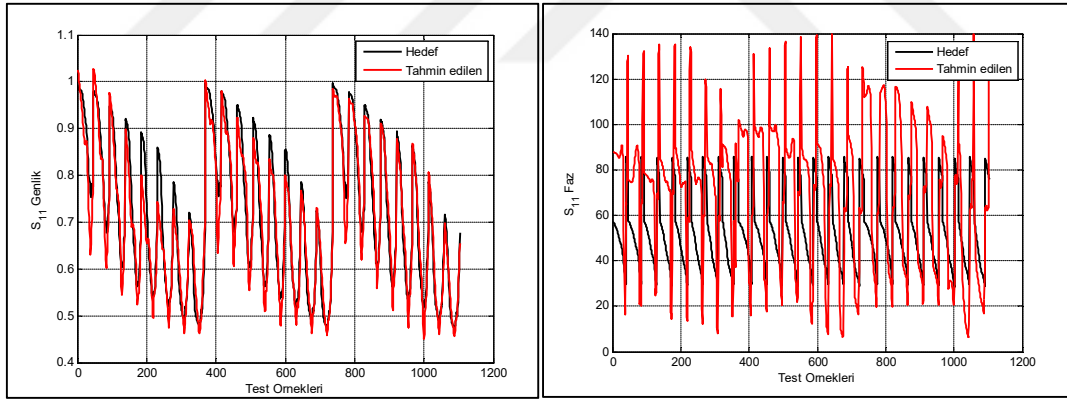
Şekil 5.5 Standart model tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri



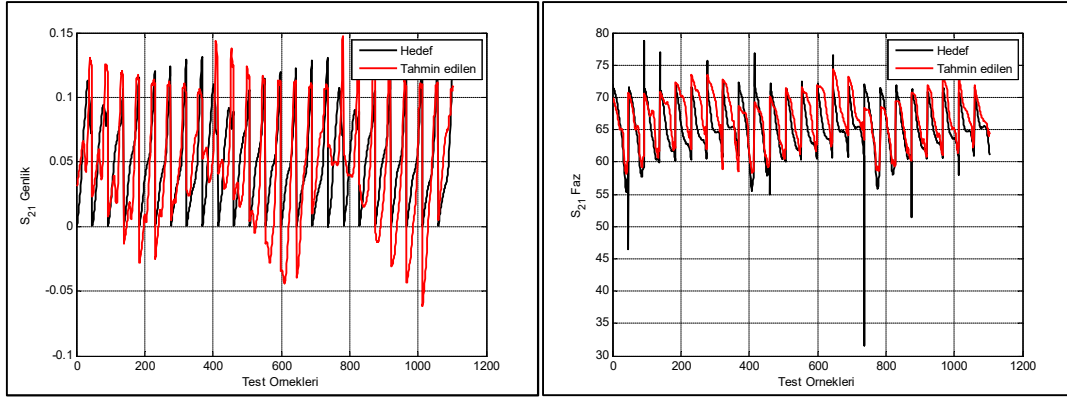
Şekil 5.6 Standart model tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri

5.1.2 Standart Model Çift Katmanlı 25/10 Noronlu Sinir Ağı

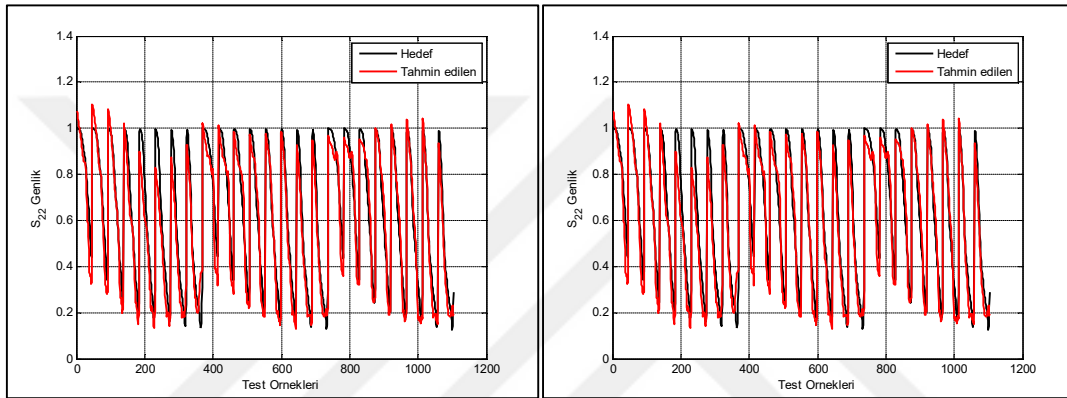
Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Uygulamada çift gizli katman kullanılmış ve nöron sayıları yapılan işlemler sonucu ilk katman 25 nöron, ikinci katman 10 nöron olarak bulunmuş ve yapılan çalışmada her iki katmanda da logsig aktivasyon fonksiyonu, eğitim fonksiyonu olarak trainlm ile simüle edilmiştir.



Şekil 5.7 Standart model çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri



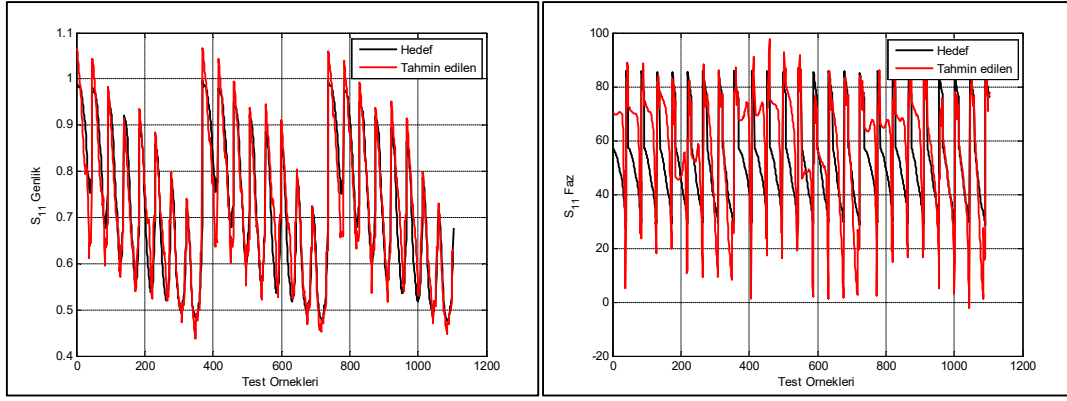
Şekil 5.9 Standart model çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri



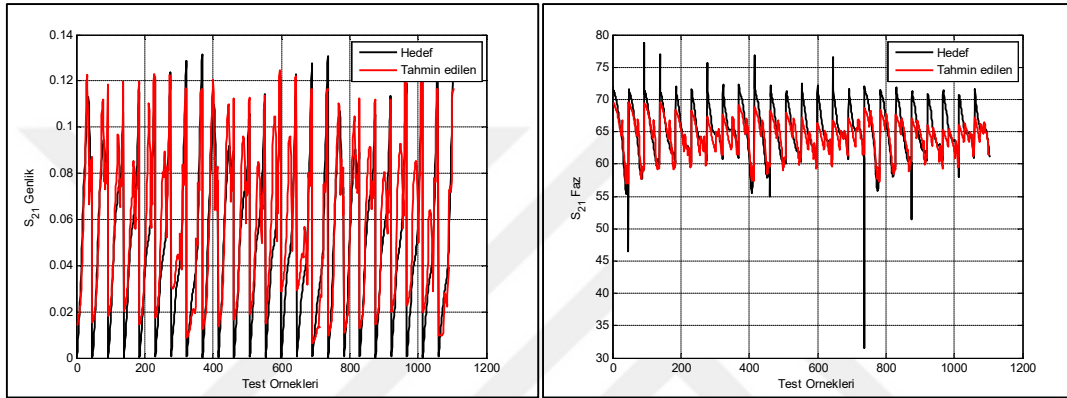
Şekil 5.10 Standart model çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri

5.1.3 İkili Eğitim Modeli Tek Katmanlı 25 Noronlu Sinir Ağı

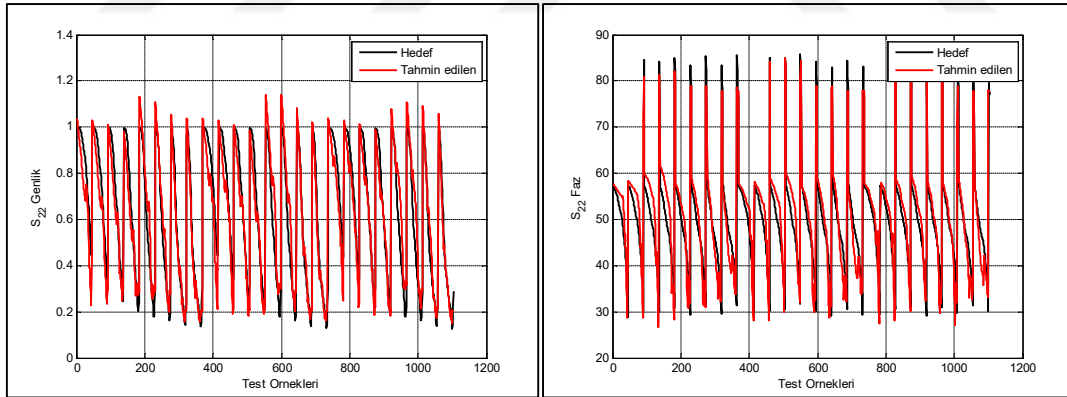
Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA, 4mA, 6mA akımları düşük akım bölgesi, 8mA, 10mA, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada tek gizli katman kullanılmış ve nöron sayısı yapılan işlemler sonucu 25 olarak bulunmuş ve logsig aktivasyon fonksiyonu ile simüle edilmiştir.



Şekil 5.11 İkili eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri



Şekil 5.12 İkili eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri

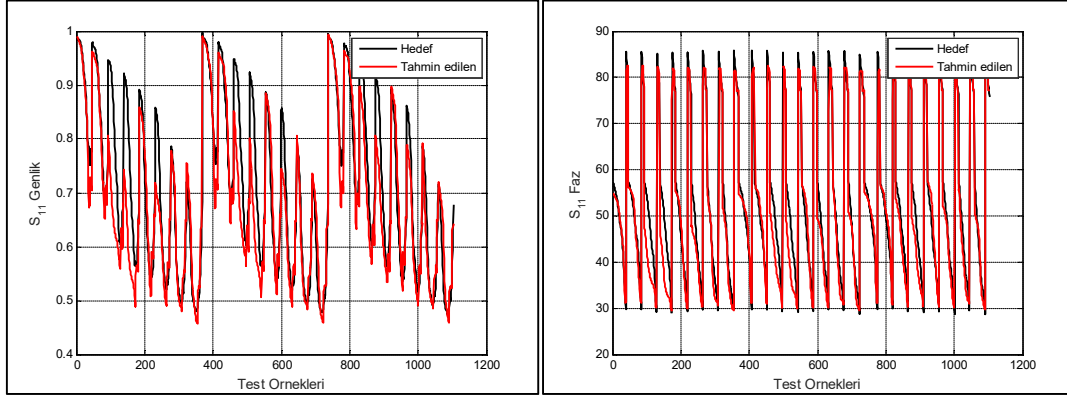


Şekil 5.13 İkili eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri

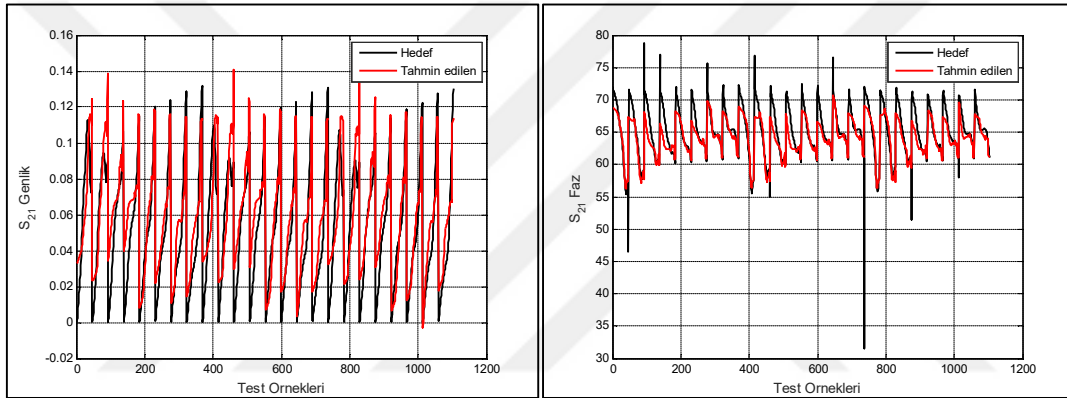
5.1.4 İkili Eğitim Modeli Çift Katmanlı 25/10 Noronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA, 4mA, 6mA akımları düşük akım bölgesi, 8mA, 10mA, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada çift gizli katman kullanılmış ve nöron sayıları yapılan işlemler sonucu ilk katman 25 nöron, ikinci katman 10 nöron olarak bulunmuş ve yapılan çalışmada her iki

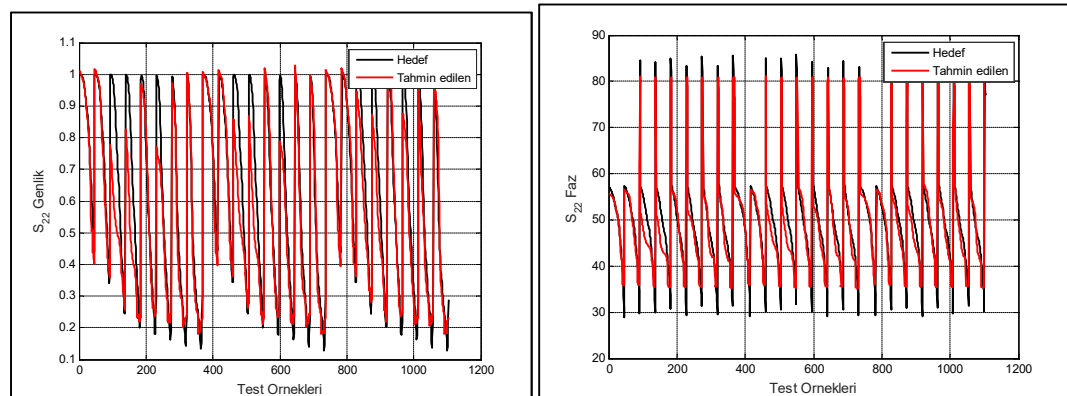
katmanda da logsig aktivasyon fonksiyonu , eğitim fonksiyonu olarak trainlm ile simüle edilmiştir.



Şekil 5.14 İkili eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri



Şekil 5.15 İkili eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri

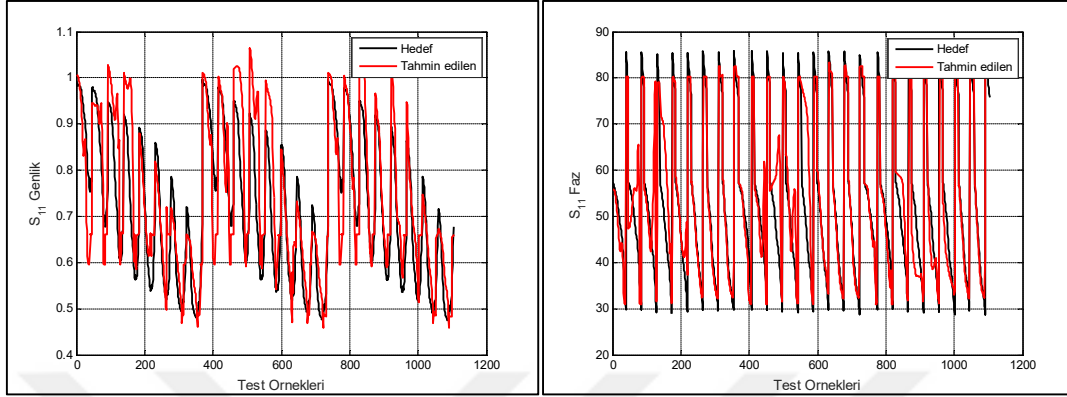


Şekil 5.16 İkili eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri

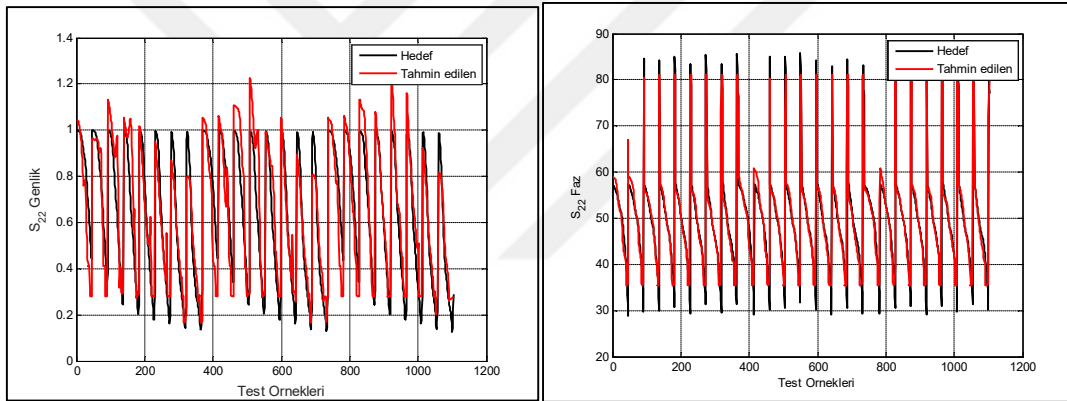
5.1.5 Üçlü Eğitim Modeli Tek Katmanlı 25 Noronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V,2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA akımları düşük

akım bölgesi, 4mA, 6mA , 8mA, 10mA orta akım bölgesi, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada tek gizli katman kullanılmış ve nöron sayısı yapılan işlemler sonucu 25 olarak bulunmuş ve logsig aktivasyon fonksiyonu ile simüle edilmiştir



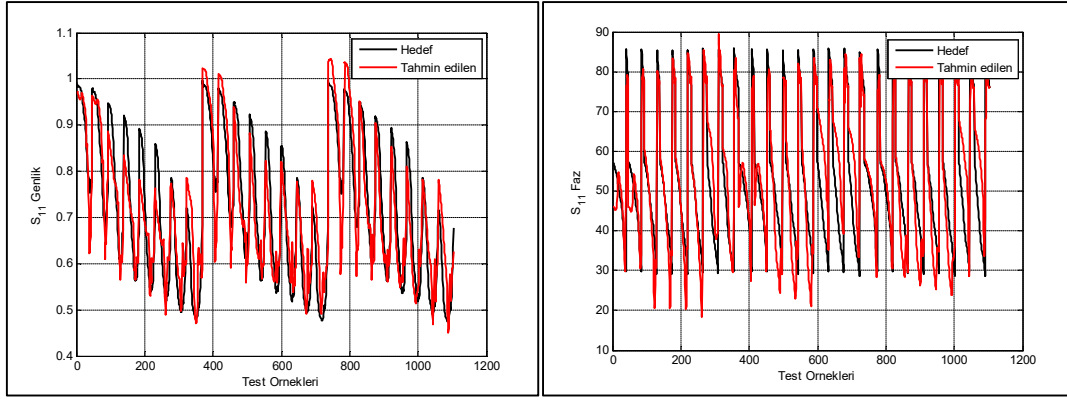
Şekil 5.17 Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri



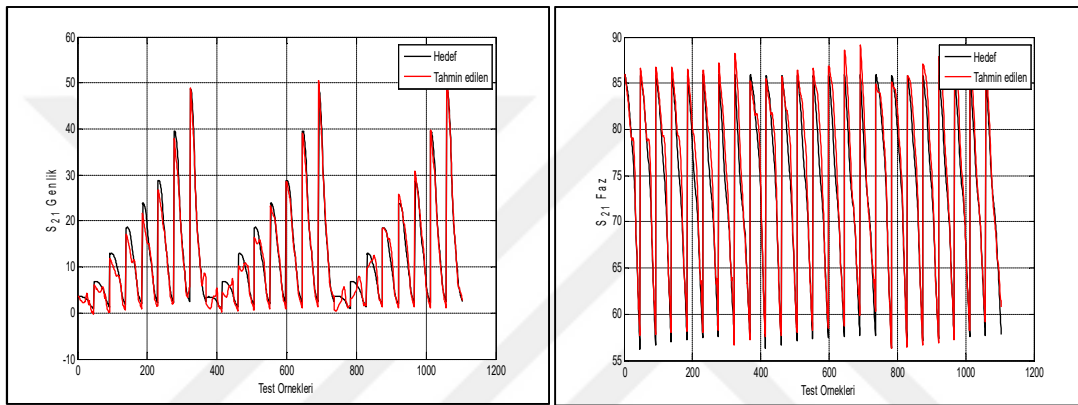
Şekil 5.18 Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 25 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri

5.1.6 Üçlü Eğitim Modeli Çift Katmanlı 25/10 Noronlu Sinir Ağı

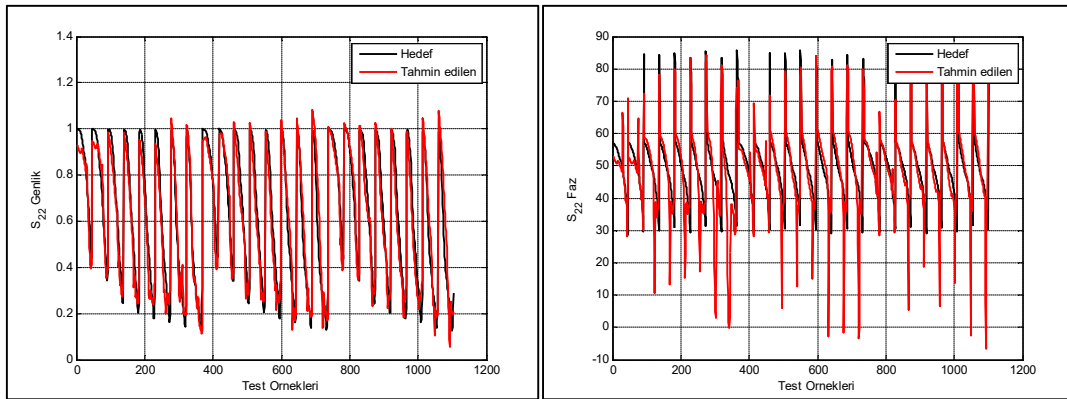
Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA akımları düşük akım bölgesi, 4mA, 6mA , 8mA, 10mA orta akım bölgesi, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada çift gizli katman kullanılmış ve nöron sayıları yapılan işlemler sonucu ilk katman 25 nöron, ikinci katman 10 nöron olarak bulunmuş ve yapılan çalışmada her iki katmanda da logsig aktivasyon fonksiyonu , eğitim fonksiyonu olarak trainlm ile simüle edilmiştir.



Şekil 5.19 Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{11} genlik ve faz grafikleri



Şekil 5.20 Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{21} genlik ve faz grafikleri

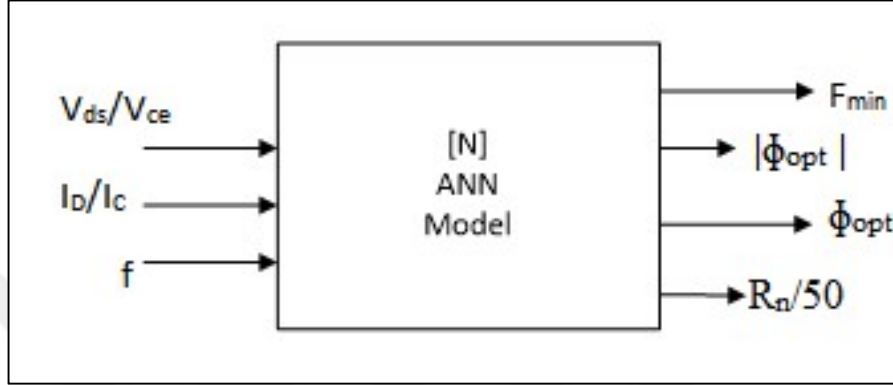


Şekil 5.21 Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 25/10 noronlu sinir ağı S_{22} genlik ve faz grafikleri

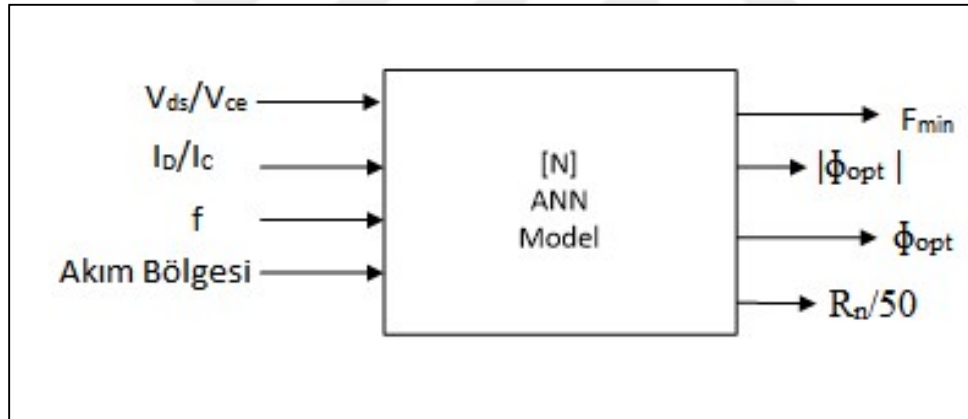
5.2 Gurultu Parametreleri İle Modelleme Performans Çalışması

“Çizelge 5.6-5.7” de verilen eğitim veri setlerinin kullanımı ile elde edilen ağırlar, Ortalama Mutlak Hata Fonksiyonu (OMHF) kullanılarak her bir gurultu parametresi için ağ çıkışı ve hedef test değerler kullanılarak performansları incelenmiştir. Elde edilen OMHF değeri sekiz farklı gurultu parametrelerinin ortalama değeri olarak hesaplanmaktadır. Oluşturulan ağların

mimari özellikleri “Çizelge 5.7-5.9-5.10” de verilmiştir, bu değerler deneme yanılma yöntemi ile en iyi performansı sağlayan değerler olarak kabul edilmiştir. Çizelge 5.11 deki performans sonuçlarının sacılma parametrelerinde olduğu gibi 10 defa ağların tekrardan eğitilerek elde edilen ortalama performans değerleridir, verilen değerler tüm saçılma parametrelerinin sadece test verileri kullanarak elde edilmiş olup 10 defa için maksimum, minimum ve ortalama performans değerleri sunulmuştur.



Şekil 5.22 Üç giriş dört çıkışlı gürültü parametreleri için karakutu modeli



Şekil 5.22 Dört giriş dört çıkışlı gürültü parametreleri için karakutu modeli

Çizelge 5.6 Gürültü Parametreleri İçin Eğitim Veri Mimarisi

Parametreler			Nitelik Sayısı	Toplam veri	
Gerilim (V)	Eğitim	1, 4	2	Eğitim	2x4x46=368
	Test	2, 2.5, 3	3		
Akım (mA)	Eğitim	1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20	8	Test	3x4x46=552
	Test				
Frekans (GHz)	Eğitim	0.01~10	46		

Çizelge 5.7 Eğitim veri kümesi

Model	Girişler			Çıkışlar
Standart	Gerilim	Akım		4 adet saçılma parametresine ait Genlik ve Faz bilgileri
İkili bölge	Gerilim	Akım	Bölge	
Üçlü bölge	Gerilim	Akım	Bölge	

Çizelge 5.8 YSA Modellerinin standart model mimari bilgileri

Gizli katman	Nöron sayısı	Aktivasyon fonksiyonu	Eğitim Algoritması	Maximum Eğitim Adımı
Tek	10	Logsig	Trainlm	Eğitim örnek sayısının x2
Çift	10/25	Logsig/logsig		

Çizelge 5.9 YSA Modellerinin ikili model mimari bilgileri

Gizli katman	Nöron sayısı	Aktivasyon fonksiyonu	Eğitim Algoritması	Maximum Eğitim Adımı
Tek	5	Logsig	Trainlm	Eğitim örnek sayısının x2
Çift	5/20	Logsig/logsig		

Çizelge 5.10 YSA Modellerinin üçlü model mimari bilgileri

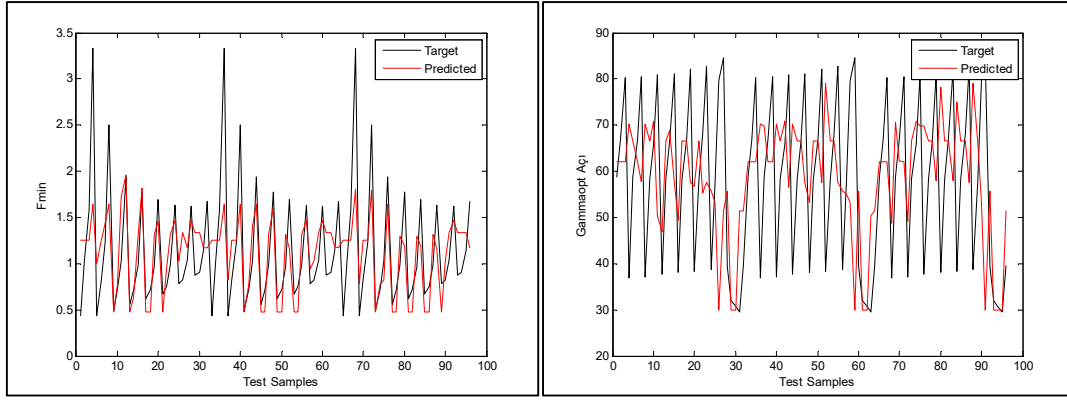
Gizli katman	Nöron sayısı	Aktivasyon fonksiyonu	Eğitim Algoritması	Maximum Eğitim Adımı
Tek	15	Logsig	Trainlm	Eğitim örnek sayısının x2
Çift	15/10	Logsig/logsig		

Çizelge 5.11 YSA modellerinin test verileri ile elde edilen gürültü parametreleri ile yapılan performans sonuçları

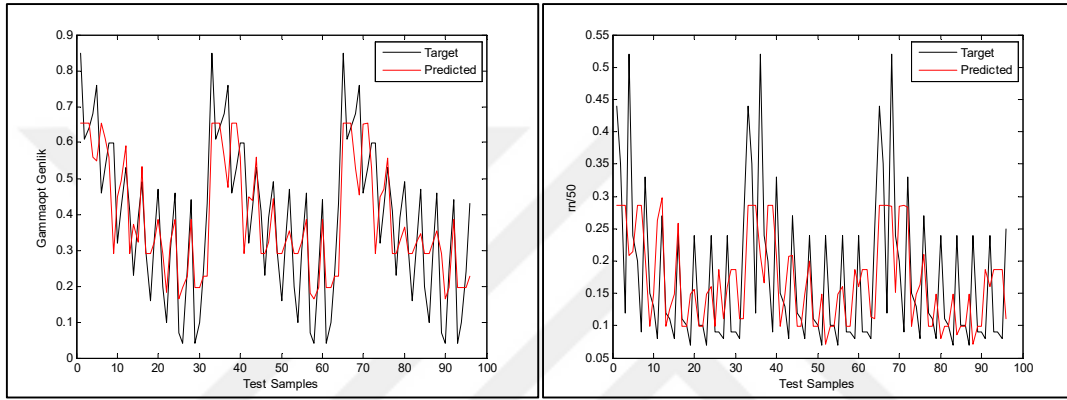
Model	Tek Gizli Katmanlı			Çift Gizli Katmanlı		
Eğitim Verileri	Standart	İkili bölge	Üçlü bölge	Standart	İkili bölge	Üçlü bölge
Ortalama Hata	7,5804347	6,88456861	4,5081566	7,103183	5,8383363	3,0834073
Maksimum Hata	20,586927	14,8395649	10,513042	18,681102	11,536448	8,851348
Minimum Hata	0,6582487	0,259614988	0,1136791	0,076619	0,006693	0,000923

5.2.1 Standart Model Tek Katmanlı 10 Noronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V,2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Uygulamada tek gizli katman kullanılmış ve nöron sayısı yapılan işlemler sonucu 10 olarak bulunmuş ve logsig aktivasyon fonksiyonu ile simüle edilmiştir.



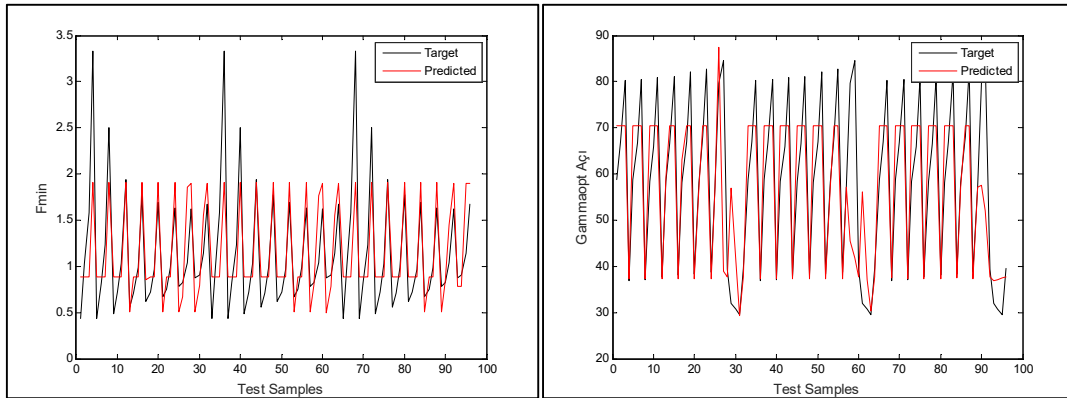
Şekil 5.24 Standart model tek katmanlı 10 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri



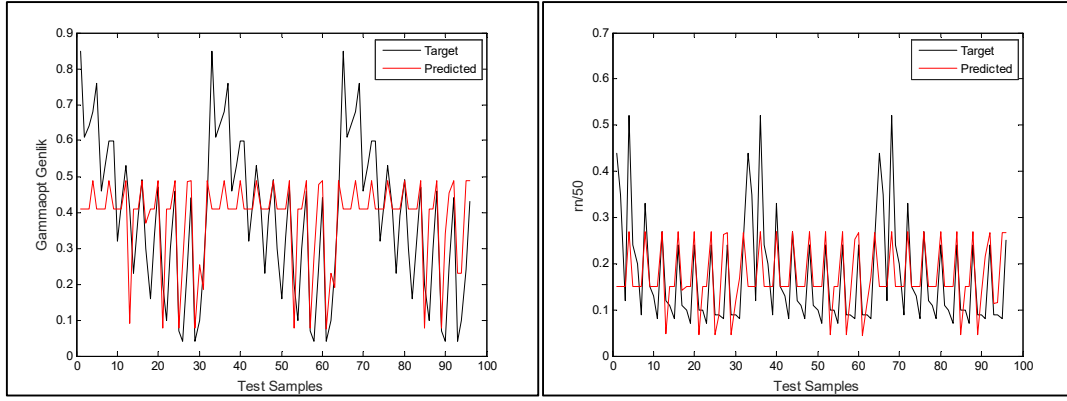
Şekil 5.25 Standart model tek katmanlı 10 noronlu sinir ağı $|\phi_{opt}|$ ve $R_n/50$ grafikleri

5.2.2 Standart Model Çift Katmanlı 10/25 Noronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Uygulamada çift gizli katman kullanılmış ve nöron sayıları yapılan işlemler sonucu ilk katman 10 nöron, ikinci katman 25 nöron olarak bulunmuş ve yapılan çalışmada her iki katmanda da logsig aktivasyon fonksiyonu, eğitim fonksiyonu olarak trainlm ile simüle edilmiştir.



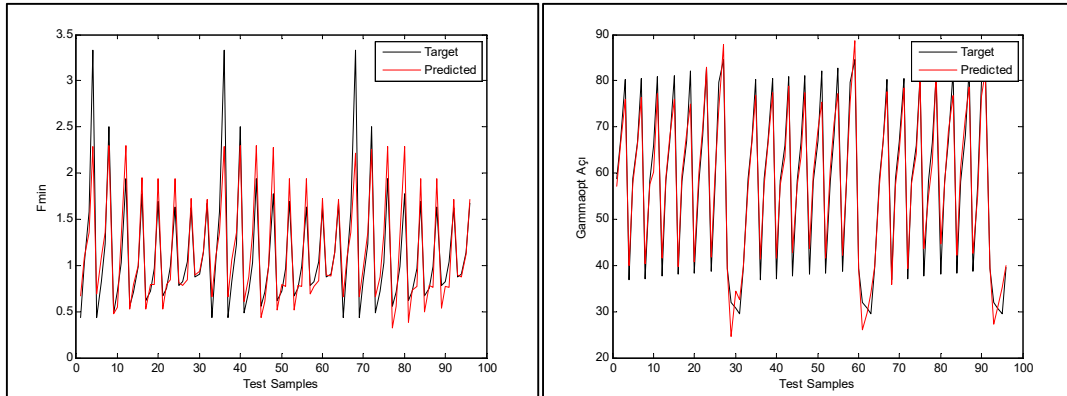
Şekil 5.26 Standart model çift katmanlı 10/25 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri



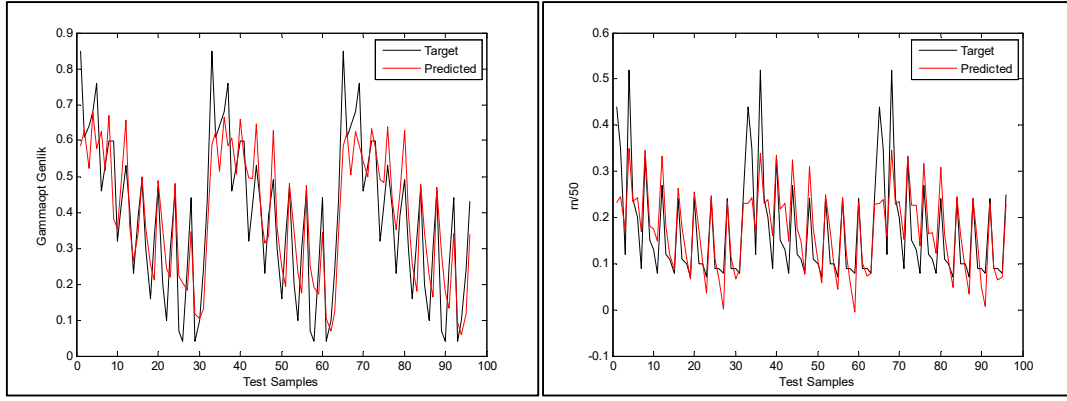
Şekil 5.27 Standart model çift katmanlı 10/25 noronlu sinir ağı $|\phi_{opt}|$ ve $R_n/50$ grafikleri

5.2.3 İkili Eğitim Modeli Tek Katmanlı 5 Noronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA, 4mA, 6mA akımları düşük akım bölgesi, 8mA, 10mA, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada tek gizli katman kullanılmış ve nöron sayısı yapılan işlemler sonucu 5 olarak bulunmuş ve logsig aktivasyon fonksiyonu ile simüle edilmiştir.



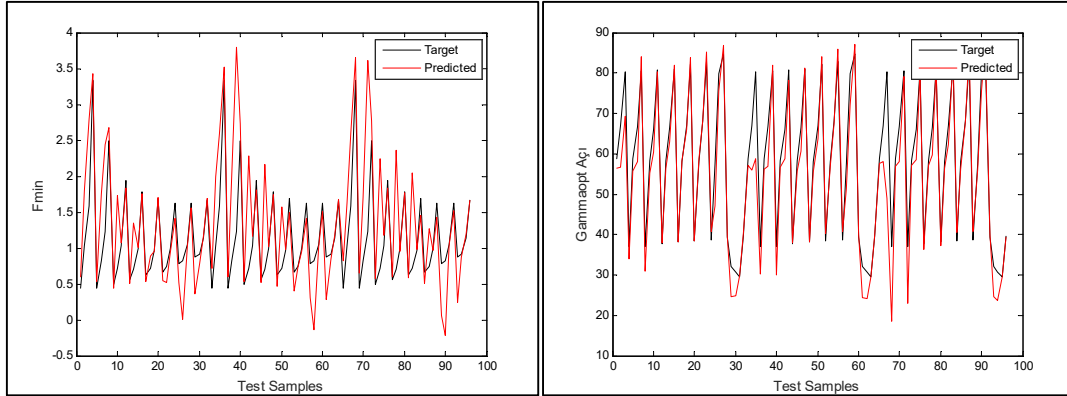
Şekil 5.28 İkili eğitim modeli tek katmanlı 5 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri



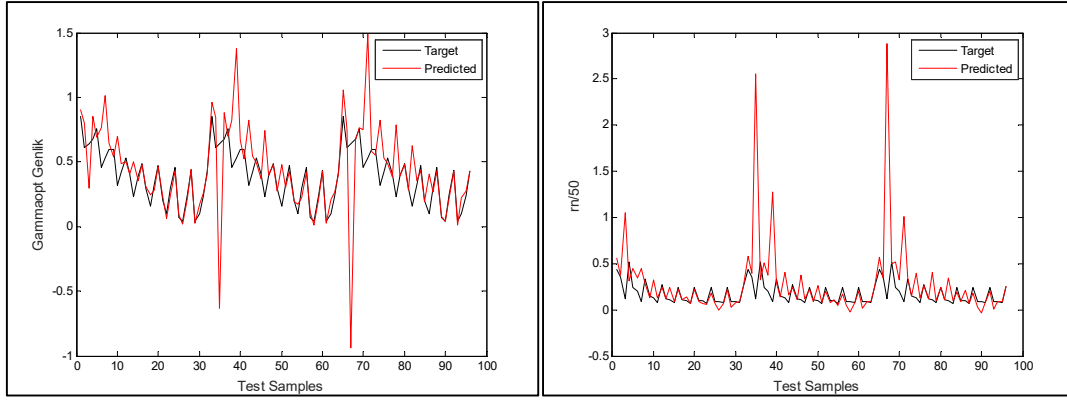
Şekil 5.29 İkili eğitim modeli tek katmanlı 5 noronlu sinir ağı $|\phi_{opt}|$ ve $R_n/50$ grafikleri

5.2.4 İkili Eğitim Modeli Çift Katmanlı 5/20 Noronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA, 4mA, 6mA akımları düşük akım bölgesi, 8mA, 10mA, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada çift gizli katman kullanılmış ve nöron sayıları yapılan işlemler sonucu ilk katman 5 nöron, ikinci katman 20 nöron olarak bulunmuş ve yapılan çalışmada her iki katmanda da logsig aktivasyon fonksiyonu, eğitim fonksiyonu olarak trainlm ile simüle edilmiştir.



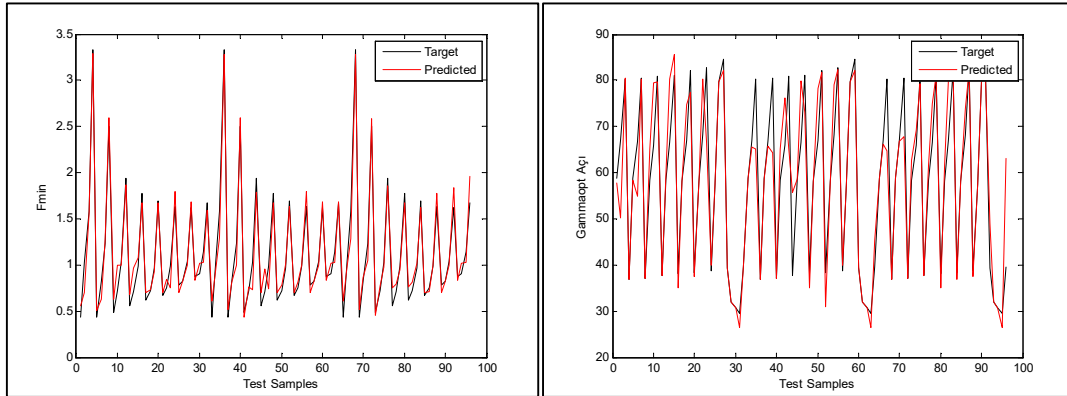
Şekil 5.30 İkili eğitim modeli çift katmanlı 5/20 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri



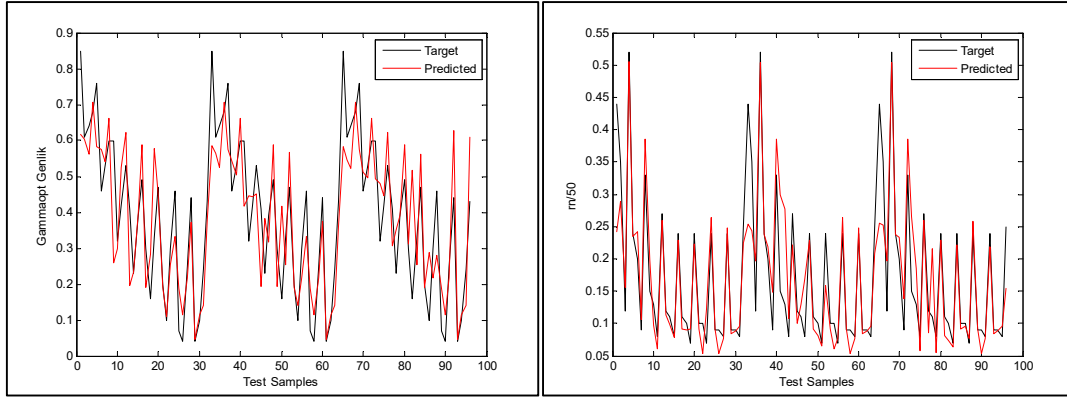
Şekil 5.31 İkili eğitim modeli çift katmanlı 5/20 noronlu sinir ağı $|\phi_{opt}|$ ve $R_n/50$ grafikleri

5.2.5 Üçlü Eğitim Modeli Tek Katmanlı 15 Noronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA akımları düşük akım bölgesi, 4mA, 6mA, 8mA, 10mA orta akım bölgesi, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada tek gizli katman kullanılmış ve nöron sayısı yapılan işlemler sonucu 15 olarak bulunmuş ve logsig aktivasyon fonksiyonu ile simüle edilmiştir



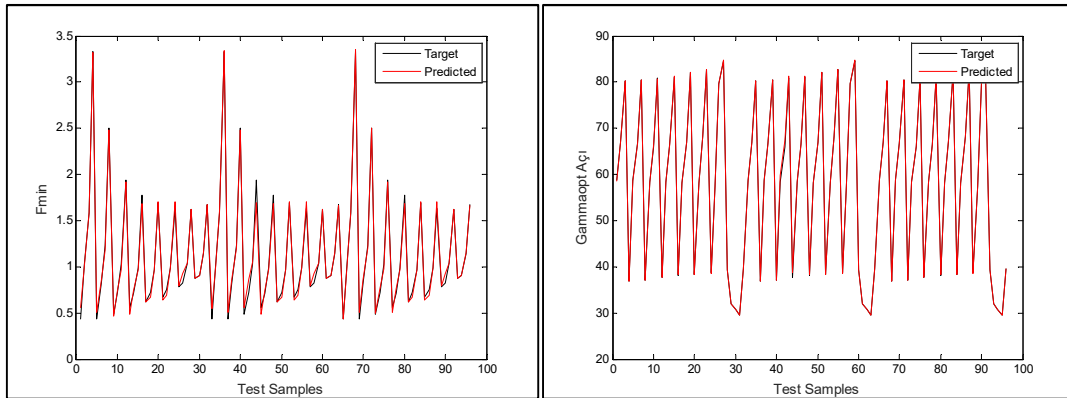
Şekil 5.32 Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 15 noronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri



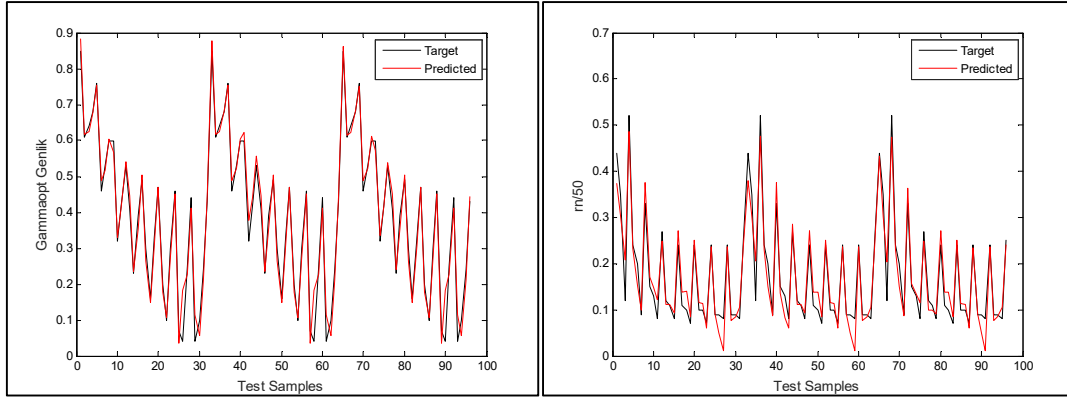
Şekil 5.33 Üçlü eğitim modeli tek katmanlı 15 nöronlu sinir ağı $|\phi_{opt}|$ ve $R_n/50$ grafikleri

5.2.6 Üçlü Eğitim Modeli Çift Katmanlı 15/10 Nöronlu Sinir Ağı

Yapılan uygulamada, 1V ve 4V gerilimlerinin bütün akımları eğitim datası olarak kabul edilip, 2V, 2.5V ve 3V gerilimlerinin bütün akımları test datası olarak tanımlanmış ve interpolasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada akım bölgelerine bölünmüş, 1mA, 2mA, 4mA, 6mA akımları düşük akım bölgesi, 8mA, 10mA, 15mA, 20mA ise yüksek akım bölgesi olarak kabul edilmiştir. Uygulamada çift gizli katman kullanılmış ve nöron sayıları yapılan işlemler sonucu ilk katman 10 nöron, ikinci katman 25 nöron olarak bulunmuş ve yapılan çalışmada her iki katmanda da logsig aktivasyon fonksiyonu, eğitim fonksiyonu olarak trainlm ile simüle edilmiştir.



Şekil 5.34 Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 15/10 nöronlu sinir ağı F_{min} ve ϕ_{opt} grafikleri



Şekil 5.35 Üçlü eğitim modeli çift katmanlı 15/10 nöronlu sinir ağı $|\phi_{opt}|$ ve $R_n/50$ grafikleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

Modelleme Performans Çalışması bölümündeki sonuçlardan da görüldüğü üzere mikrodalga transistorların YSA tabanlı modelleri oluşturulurken akım verilerinin bölgelere ayrılması ve ağa bu değerler ile ilgili bilgilerin verilmesi sonucunda YSA modellerinin genel performansının basit ve etkili bir şekilde artırılabilirdiği gözlemlenmiştir. Bu yöntem ile eğitim esnasında kullanılan verilerin optimum şekilde seçimi ve kullanımı ile ileri çalışmalarda çok daha az data miktarı ile yüksek performanslı ve doğruluğu yüksek YSA modellerinin oluşturulabilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Wikipedia, Transistör, <https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>, 15 Mayıs 2016.
- [2] Robotiksisitem,Transistör, http://www.robotiksisitem.com/transistor_nedir_transistor_cesitleri.html, 15 Mayıs 2016.
- [3] Sharma, Mohit, (2008),A 900MHz Low Noise Amplifier with Temperature Compensated Biasing, ProQuest.
- [4] Wisegeek, Düşük gürültülü yükseltici, <http://www.wisegeek.com/what-is-a-low-noise-amplifier.htm#>,15 Mayıs 2016.
- [5] McCulloch W., Pitts W. , (1943), "A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity", Bulletin of Mathematical Biophysics 5:115–133.
- [6] Hebb, D.O. (1949). The Organization of Behavior. New York: Wiley & Sons.
- [7] Rosenblatt, Frank (1957), The Perceptron--a perceiving and recognizing automaton. Report 85-460-1, Cornell Aeronautical Laboratory.
- [8] Widrow B.,Hoff T.,(1960) ,An adaptive "ADALINE" neuron using chemical "memistors".
- [9] Fukushima K., and Miyake S.,(1970), Neocognitron,pp.248-253.
- [10] Kohonen T., (1972), Correlation Matrix Memories, IEEE Transactions on Computers (Volume:C-21, Issue: 4).
- [11] Werbos P.,(1974), a computational backpropagation model .
- [12] Hopfield J. J. ,(Ocak 15, 1982), Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities,Proc. NatL Acad. Sci. USA.,Vol. 79, pp. 2554-2558.
- [13] Geoffrey E.H., Sejnowski T.J, Ackley D.H , (1984), Boltzman Machines: Constraint Satisfaction Networks that Learn,Technical Report CMU-CS-84-119.
- [14] Broomhead, D. S.; Lowe, David (1988). Radial basis functions, multi-variable functional interpolation and adaptive networks (Technical report). RSRE. 4148.
- [15] Ludwig, R. ve Bretchko, P., (2000), RF Circuit Design, Prentice-Hall, Inc.
- [16] Gonzalez, G., (1997). Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design,Prentice-Hall, Inc.
- [17] Gülez K., (2004). A general regression neural network. (31): 761-777.

- [18] Öztemel E.,(2003). Yapay Sinir Ağları.
- [19] Specht, D. F., (1991). A general regression neural network, IEEE Trans. Neural Netw. 2 (6): 568–576.
- [20] Laurene V. Fausett, Prentice Hall, 1994, Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications.
- [21] I. S. Isa, Z. Saad, S. Omar, M. K. Osman, K. A. Ahmad ve H. A. M. Sakim, "Göğüs Kanseri ve Tiroid Rahatsızlığının Bulunması İçin Uygun Mlp Ağ Aktivasyon Fonskiyonları" 2010 Hesaplanabilir Zeka İkinci Uluslararası Konferansı, Modelleme Ve Uygulama,, Bali, 10-16 Ekim 2010, Syf. 39-44..
- [22] Y. Li Ve W. Ma, "Finansal Ekonomide Yapay Sinir Ağları Uygulamaları" , Hesaplanabilir Zeka ve Tasarım (Iscid), 2010 Uluslararası Sempozyum, Hangzhou, 7-13 Şubat 2010, Syf. 211-214.
- [23] Changhao Piao, Xiaoyong Yang, Cong Teng ve Huiqian Yang, "Nikel Metal Hidrat Güç Bataryaları İçin Yapay Sinir Ağları ve Thevenin Modelini Baz Alınarak Geliştirilmiş Bir Model", 2010 Uluslararası Optik, Fotonik ve Enerji Mühendisliği Konferansı (OPEE), , Wuhan, China, 1-5 Ağustos 2010, Syf. 115-118.
- [24] E. A. Munoz, F. Di Paola ve M. Lanfri, "Yapay Sinir Ağları Kullanarak Uydu Platformlarında Yağış Oranını Geri Kazanma Üzerine Yapılan Çalışma" , Ieee Latin Amerika Hareketleri, Vol. 13, No. 10, Syf. 3179-3186, 5- 9 Oct. 2015.
- [25] D. Matic, F. Kulic, M. Pineda-Sanchez ve J. Pons-Llinares, "Yapay Sinir Ağları İle Induksiyon Motorunda Dış Merkezilik Hatasını Saptama", Global Bilgi Teknolojilerinde Programlama (ICCGI), 2010 Beşinci Uluslar Arası Çoklu Konferans, Valencia, 7-10 Temmuz 2010, Syf. 1-4.
- [26] S. A. Gautam ve N. Verma, "Üç Boyutlu Genetik Algoritma ve Yapay Sinir Ağları Baz Alınarak İnsansız Hava Aracı İçin Yol Planlama " Veri Madenciliği Ve Programlanabilir Zeka, (ICDMIC), 2014 Uluslararası Konferans, Yeni Delhi, 10-15 Ekim 2014, Syf. 1-5.
- [27] S. NesiL, F. Güneş ve S. Demirel, " Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ Modeli Baz Alınarak Çok Katlı Mikrostrip Yansıtıcı Dizinin Tasarımı İçin Birim Element Yansıma Fazı Analizi Reflection", Mikrodalga, Radar ve Kablosuz Haberleşme (MIKON), 2014 Yirminci Uluslararası Konferansı, Gdansk, 5-9 Nisan 2014, Syf. 1-4.
- [28] P. Mahouti, F. Güneş, S. Demirel, A. Uluslu ve M. A. Belen, "Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağı Kullanılarak Mikrodalga Transistorün Etkin Saçılma Parametre Modeli", Mikrodalga, Radar ve Kablosuz Haberleşme (MIKON), 5-9 Nisan 2014, 2014 Yirminci Uluslararası Konferansı, Gdansk, Syf. 1-4.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Hakan KALAYCI
Doğum Tarihi ve Yeri :18/04/1990 Çanakkale
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :hakan.kalayci@windowslive.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2016
Lisans	Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	Namık Kemal Üniversitesi	2013
Lise	Sayısal	Fatih Anadolu Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
Ekim 2015-...	Huawei	Microwave Engineer
Kasım 2015- Ekim 2015	Ericsson	Site Integration Engineer
Temmuz 2015- Kasım 2015	NETAS	Access Transmission Engineer
Ekim 2014- Temmuz 2015	LCC Telecommunication INC.	RF Drive Test Engineer
Kasım 2013- Mayıs 2014	Spek Elektronik	Ar-Ge Mühendisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Mikrodalga Transistorların Yapay Sinir Ağları Modellemeleri İçin Optimum Eğitim Veri Mimarisi, URSI-TÜRKİYE'2016 VIII. Bilimsel Kongresi, 1-3 Eylül 2016, ODTÜ, Ankara

