T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİKDÖRTGEN MİKROŞERİT ANTENİN REZONANS FREKANSININ HESAPLANMASINDA YAPAY SİNİR AĞLARI VE DESTEK VEKTÖR MAKİNASI YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Seyfettin VURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

Ağustos 2016

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Seyfettin VURAN tarafından yapılan "Dikdörtgen Mikroşerit Antenin Rezonans Frekansının Hesaplanmasında Yapay Sinir Ağları Ve Destek Vektör Makinası Yöntemlerinin Karşılaştırılması" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanlığı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Siraç ÖZERDEM .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. M.Bahattin KURT ..... (Danışman)

Üye : Yrd. Dç. Dr. Musa YILMAZ .....

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 16 / 08 / 2016

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

02 / 09 / 2016

Doç. Dr. Sevtap SÜMER EKER

Enstitü Müdürü V.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmamı yöneten ve çalışmalarım esnasında bana her konuda yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Bahattin KURT' a teşekkür ederim.

Araştırmamın yürütülmesi sırasında ve sonucunda değerli görüşlerinden ve desteğinden yararlandığım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Siraç ÖZERDEM'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR … I
İÇİNDEKİLER II
ÖZET III
ABSTRACT IV
ÇİZELGE LİSTESİ V
ŞEKİL LİSTESİ VI
KISALTMA VE SİMGELER VII
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 3
3. MATERYAL ve METOT 7
3.1. DMŞA Fiziksel Yapısı 7
3.1.1. HFSS (High Frequency Structural Simulator) 11
3.1.2. HFSS ile DMŞA Tasarımı 12
3.1.3. 2.4 GHz Anten Tasarımı ve Karekteristik İncelemesi 13
3.1.4. Tasarlanan DMŞA ile Veri Kümesi Oluşturma 15
3.1.4.1. Parametre Aralıkları için Elde Edilen Frekans Aralığı 15
3.2. Yapay Zekâ Metotları 16
3.2.1. Yapay Sinir Ağları 17
3.2.1.1. YSA Modelinde Aktivasyon Fonksiyonları 17
3.2.1.2. Tez Kapsamında Tasarlanan YSA Mimarisi ve Öğrenme Algoritması 19
3.2.2. Destek Vektör Makinası 20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 23
4.1. YSA Metoduyla Yapılan Tasarım ve Elde Edilen Bulgular 23
4.1.1. YSA Ağ Eğitimi Analizi 26
4.1.2. YSA Tasarımı ile Elde Edilen OHY ve ÇDOHY Bulguları 28
4.2. DVM Metoduyla Yapılan Tasarım ve Elde Edilen Bulgular 36
4.2.1. DVM Ağ Eğitimi Analizi 38
4.2.2. DVM Tasarımı ile Elde Edilen OHY ve ÇDOHY Bulguları 40
4.3. YSA ve DVM Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Tartışılması 48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 51
5.1. Sonuç 51
5.2. Öneriler 52
6. KAYNAKLAR 53
ÖZGEÇMİŞ 57

ÖZET

DİKDÖRTGEN MİKROŞERİT ANTENİN REZONANS FREKANSININ HESAPLANMASINDA YAPAY SİNİR AĞLARI VE DESTEK VEKTÖR MAKİNASI YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seyfettin VURAN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

2016

Bu tezde High Frequency Structural Simulator (HFSS) programı yardımıyla koaksiyel beslemeli Dikdörtgen Mikroşerit Anten (DMŞA) tasarımı yapılmış ve uzunluk (L), genişlik (W), yalıtkan tabaka yüksekliği (h) ve yalıtkan tabakanın dielektrik sabiti (ε_r) parametreleri girdilerine karşılık rezonans frekansı (f_r) elde edilmiş ve bu şekilde 210 adet veri kümesi oluşturulmuştur. Bu veri kümesi ile yapay zekâ metotlarından Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Destek Vektör Makinası (DVM) yöntemleri için oluşturulan modellerin eğitim ve testleri yapılmış ve bu iki yöntem ile elde edilen hata karşılaştırmaları yapılarak en doğru sonucu veren yöntemin belirlenmesi üzerine çalışılmıştır.

Yapılan literatür taramasında inceleyebildiğimiz kadarıyla, YSA ve DVM metotlarıyla gerçekleştirilen anten tasarımlarında, tasarlanan modelin güvenilirliğini sağlayan çapraz doğrulama yaklaşımının uygulanmadığı tespit edilmiş ve bu nedenle bu çalışmada önemli bir hedefte çapraz doğrulama yaklaşımını kullanmak olmuştur.

İlk etapta, tasarlanan DMŞA için oluşturulan 210 adet verinin 180 adediyle YSA ve DVM modelleri eğitilmiş, geri kalan 30 adet veri ile de eğitilmiş modellerin testleri yapılmış ve Ortalama Hata Yüzdesi (OHY) değeri hesaplanmıştır. Daha sonra, çapraz doğrulama için, 210 adet veri 30'ar kaydırılarak, ilk etapta yapılan eğitim ve test aşamaları tekrarlanmış ve kaydırma 7 kez tekrarlanarak, her bir aşama için yeni bir OHY değeri elde edilmiştir. Tüm bu OHY'lerin (7 adet) ortalamasından Çapraz Doğrulama Ortalama Hata Yüzdesi (ÇDOHY) elde edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen YSA modeli için en düşük OHY (%) değeri 0,271 ve ÇDOHY (%) değeri 0,510 olarak bulunmuştur. DVM modeli için en düşük OHY (%) değeri 0,319 ve ÇDOHY (%) değeri 0,791 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: HFSS, Mikroşerit Yama Antenler, Yapay Zekâ Metotları, Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makinası

ABSTRACT

COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND SUPPORT VECTOR MACHINE METHODS FOR COMPUTING RESONANT FREQUENCY OF RECTANGULAR MICROSTRIP ANTENNA

MsC THESIS

Seyfettin VURAN

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING
INSTITUTE OF NATUREL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2016

In this thesis, by help of High Frequency Structural Simulator(HFFS) software, Rectangular Microstrip Antenna(RMSA) with coaxial fed is designed, and length (L), Width (W), dielectric substrate height (h), and the dielectric constant of substrate (εr) as input parameters are used to obtain resonance frequency (fr) and to generate 210 data cluster. With this data cluster, models designed for Artificial Neural Network and Support Vector Machine, which are artificial intelligence methods, are trained and tested, and then by comparing the errors that obtained from these two methods, it is studied on determining the which method yields the best accurate results.

In litreature as far as we can examine, in the papers that are use ANN and SVM algorithm for computing resonant frequency of MSA, it is recognized that cross validation approximation providing the reliability of designed model is not used, and therefore using the applying cross validation has been also a target of the of this search.

At the first stage, ANN and SVM models are trained with 180 pieces of 210 data generated for RMSA and the remaining 30 pieces are used for testing these trained models, and average percentage error (APE) are calculated. Then, to subject data cluster for cross-validation, 210 data are shifted by 30, and training and testing stages done at the first stage are repeated. This shifting in 210 data is repated by 7 times and for each stage, a new APE value is obtained. Finally, Cross Validation Average Percentage Error (CVAPE) is obtained from all seven APE values. The obtained results for ANN model show that lowest APE (%) and lowest CVAPE (%) are calculated as 0,271 and 0,510 respectively. On the other hand for SVM model lowest APE (%) and lowest CVAPE (%) are calculated as 0,319 and 0,791 respectively.

Keywords: High Frequency Structural Simulator, Microstrip Patch Antennas, Artificial Intelligence Methods, Artificial Neural Networks, Support Vector Machines

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No **Sayfa**

Çizelge 3.1. 210 adet veri kümeleri ve 7 kümeye sınıflandırma çizelgesi ……..... 16
Çizelge 3.2. YSA parametreleri ……...…….……... 19
Çizelge 3.3. DVM parametreleri ……...… 21
Çizelge 4.1. YSA 1. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY ……..... 29
Çizelge 4.2. YSA 2. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY …..……... 30
Çizelge 4.3. YSA 3. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY …….…..... 31
Çizelge 4.4. YSA 4. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY ….…… 32
Çizelge 4.5. YSA 5. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY ……..... 33
Çizelge 4.6. YSA 6. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY ……..… 34
Çizelge 4.7. YSA 7. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY .....……..... 35
Çizelge 4.8. YSA modelleme ile 7 seviyeli ÇDOHY değerleri ..……..……..…… 36
Çizelge 4.9. DVM 1. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY…… 41
Çizelge 4.10. DVM 2. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY …….. 42
Çizelge 4.11. DVM 3. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY ...……... 43
Çizelge 4.12. DVM 4. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY …….. 44
Çizelge 4.13. DVM 5. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY …….. 45
Çizelge 4.14. DVM 6. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY …….. 46
Çizelge 4.15. DVM 7. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY ……..... 47
Çizelge 4.16. DVM modelleme ile 7 seviyeli ÇDOHY değerleri ……...……..…… 48
Çizelge 4.17. YSA ve DVM OHY - ÇDOHY Değerleri …….. 49
Çizelge 4.18. Yapılan çalışma ve literatür karşılaştırmaları …….. 50

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No **Sayfa**

Şekil 3.1. Dikdörtgen mikroşerit yama anten yandan görünümü ……. 7
Şekil 3.2. Dikdörtgen mikroşerit anten tasarımı üstten görünüş ……..... 8
Şekil 3.3. Dikdörtgen mikroşerit anten tasarımı alttan görünüş ……. 8
Şekil 3.4. Mikroşerit besleme görünümü ……..…… 9
Şekil 3.5. Koaksiyel besleme görünümü ……..……..…… 9
Şekil 3.6. Açık Kuplaj besleme görünümü ……... 10
Şekil 3.7. Kuplaj besleme görünümü ……..…… 10
Şekil 3.8. DMŞA tasarımına ilişkin parametre gösterimi ……..…… 12
Şekil 3.9. DMŞA modelin doğruluk test sonucu ……..……..……..…. 13
Şekil 3.10. DMŞA tasarımına ilişkin ışıma ortamlı gösterim ……..... 13
Şekil 3.11. 2.4 GHz Rezonans frekanslı DMŞA ……..……..……... 14
Şekil 3.12. Işıma örüntüsü ……..……..…….. 14
Şekil 3.13. DMŞA' ya ait yama yüzeyde elektrik alan dağılımı ….……..…… 14
Şekil 3.14. DMŞA simülasyon işlemi …….……..……..…... 15
Şekil 3.15. Tangent-Sigmoid transfer fonksiyonun grafik ve sembol gösterimi …….. 17
Şekil 3.16. Log-Sigmoid transfer fonksiyonun grafik ve sembol gösterimi ……..… 18
Şekil 3.17. Purelin transfer fonksiyonun grafik ve sembol gösterimi …….…….. 18
Şekil 3.18. YSA modelinin blok diyagramı ……..……..……..…. 20
Şekil 3.19. DVM yöntemiyle 2 sınıflı veriyi ayırma ……. 21
Şekil 4.1. YSA modeli akış diyagramı ……..……... 24
Şekil 4.2. HFSS ve YSA sonuçlarına ilişkin OHY .....……. 25
Şekil 4.3. HFSS ve YSA sonuçlarına ilişkin ve ÇDOHY ……...… 25
Şekil 4.4. YSA eğitim aşaması matlab gösterimi ……..…… 26
Şekil 4.5. En iyi OHY için Epoch-260' da Gradient ve μ grafiği .....…….. 26
Şekil 4.6. YSA modeli regresyon grafiği …...……... 27
Şekil 4.7. YSA regresyon sonuç grafiği …...……..… 27
Şekil 4.8. Test veri kümesi ile YSA modeli sonuç karşılaştırma grafiği ……..…. 28
Şekil 4.9. DVM modeli akış diyagramı …...……..……..…… 37
Şekil 4.10. HFSS ve sonuçlarına ilişkin OHY ……..…..... 38
Şekil 4.11. HFSS ve DVM sonuçlarına ilişkin ÇDOHY ……...…....……..…… 38
Şekil 4.12. DVM test etme aşaması grafiği ……... 39
Şekil 4.13. HFSS veri kümesi ile DVM veri tahmin grafiği ….…… 39
Şekil 4.14. LS-SVM RBF çekirdeği ile fonksiyon tahmini grafiği …….. 40

KISALTMA VE SİMGELER

MŞA	: Mikroşerit Yama Anten
DMŞA	: Dikdörtgen Mikroşerit Yama Anten
RMSA	: Rectangular Microstrip Patch Antenna
KMŞA	: Kompakt Mikroşerit Yama Anten
YSA	: Yapay Sinir Ağları
DVM	: Destek Vektör Makinası
BMS	: Bulanık Mantık Sistemi
HFSS	: High Frequency Structural Simulator
LVM	: Levenberg – Marguardt
MSE	: Mean Squared Error
MLP	: Multilayer Perceptron
OHY	: Ortalama Hata Yüzdesi
ÇDOHY	: Çapraz Doğrulama Ortalama Hata Yüzdesi
RBF	: Radial Basis Function
LS-SVM	: Least Squares Support Vector Machines
DVRM	: Destek Vektör Regresyon Makinası
FDTD	: Finite Difference Time Domain
XFDTD	: 3D Elektromanyetik Simülasyon Yazılımı
MoM	: Moment Method
FEM	: Finite Element Method
CST	: Computer Simulation Technology
BPA	: Back-Propagation Algorithm
MMIC	: Monolithic Microwave Integrated Circuit
KKS	: Küresel Konumlandırma Sistemi – GPS

Geri Dönüş Kaybı	: Return Loss
Cross Validation	: Çapraz Doğrulama
VSWR	: Voltage Standing Wave Ratio
ACMAs	: A Shaped Compact Microstrip Antennas
AKMA	: Açık Kuplajlı Mikroşerit Anten
BMSDUA	: Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanır Ağ
BG	: Bant Genişliği – Bandwidth
RF	: Radyo Frekans
SL	: Yalıtkan Yüzey Uzuluğu
SW	: Yalıtkan Yüzey Genişliği
L	: Yama Uzunluğu
W	: Yama Genişliği
h	: Yalıtkan Yüzey Yüksekliği
ε_r	: Yalıtkan Yüzeyin Dielektrik Sabiti
ε_{ref}	: Yalıtkan Yüzeyin Efektif Dielektrik Sabiti
f_r	: Rezonans Frekansı

1. GİRİŞ

Boyut, ağırlık, maliyet, performans, kurulum kolaylığı ve aerodinamik profil özelliklerin kısıtlamalarından dolayı, yüksek performanslı uçak, uzay aracı, uydu ve füze uygulamalarında düşük profilli antenler gereklidir. Günümüzde mobil radyo ve kablosuz iletişim gibi, benzer gereksinime sahip olan diğer birçok kamu ve ticari uygulamalar bulunmaktadır. Bu gereksinimleri karşılamak için MŞA'lar kullanılmaktadır. Bu antenler, modern baskı devre teknolojisinin kullanımıyla üretimi yapılabilen, hafifliği, düzlemsel ve düzlemsel olmayan yüzeylere uygun yapısı, MMIC tasarımı uyumuyla, sert yüzeylere monte edildiğinde, mekanik olarak güçlü bir özellik gösteren anten türüdür (Balanis 2005).

Yama anten veya baskılı anten olarak bilinen MŞA'lar; alt kısmı metalik toprak, orta kısmı yalıtkan tabaka ve üst yüzeyi metal olan bir verici anten olmak üzere üç katmandan oluşur. (NTIA 2012).

MŞA'lara ilişkin temel olarak iki tür besleme yöntemi vardır. Bunlar temaslı ve temassız besleme yöntemleridir. Temaslı yöntemler; mikroşerit ve koaksiyel beslemelerdir. Temassız yöntemler; yakınlık kuplajlı ve açıklık kuplajlı beslemelerdir.

MŞA olarak birçok şekilde tasarımı yapılan antenler bulunmaktadır. Bu anten tiplerinden başlıcaları; kare, beşgen, disk, ikizkenar üçgen, dikdörtgen, elips, halka ve yarım disk söylenebilir. Ayrıca A,T,H ve U şeklinde anten tipleriyle de MŞA mimarileri tasarlanmıştır. Bu çalışmada elektriksel ve fiziksel özelliklerinin basitliği nedeniyle DMŞA ve yaygın bir besleme türü olan koaksiyel besleme tercih edilmiştir.

MŞA tasarımında en çok kullanılan yöntemler temel olarak; iletim hattı modeli, oyuk modeli ve tam dalga modelidir. İletim hattı modeli bunların arasında en basiti olup fiziksel kavrayışa sahiptir. Fakat bu yöntemin doğruluğu diğerlerine göre daha azdır. Oyuk modelinde, daha doğru bir sonuç vermesine karşın, karmaşık bir yapıya sahiptir. Tam dalga modeli ise bunlar içinde en doğru sonuç verenidir. Fakat bu yöntemde kullanılan sonlu elemanlar, sonlu farklar ve moment metodu gibi sayısal yöntemlerdeki matematiksel işlemlerin karmaşıklığından dolayı gerekli işlem zamanının fazlalığı ve çok büyük bilgisayar belleğine gereksinim duyulması nedeniyle başka çözüm yolları arayışına gidilmiştir.

YSA ve DVM yapay zekâ yöntemleri yukarıda sözü edilen yeni çözüm yöntemleri arayışında tatmin edici sonuçlar verdiğinden dolayı MŞA tasarımında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Türker ve ark. 2006, Angiulli ve ark. 2007, Bose ve Gupta 2011, Kayabasi ve Akdagli 2015).

YSA, insan beyninin em temel özelliği olan öğrenme fonksiyonunu gerçekleştiren bilgisayar sistemleridir. Öğrenme işlemini örnekler yardımı ile gerçekleştirirler. Bu ağlar birbirine bağlı işlem elemanlarından (yapay sinir hücrelerinden) oluşur. Her bağlantının bir ağırlık değeri vardır. YSA'nın sahip olduğu bilgi bu ağırlık değerlerinde saklı olup ağa yayılmıştır (Öztemel 2012).

YSA yönteminde tasarlanan modelin eğitimi ilk etapta fazla sürmesine karşın, bir defa ağ eğitimi yapılıp, öğrenme gerçekleştirildikten sonra, ağa verilen girdilere karşılık çok hızlı bir şekilde istenen sonuca ulaşılmaktadır. Bu yönüyle YSA, insan beyninin öğrenmesi gibi ilk öğrenme sürecinde zaman alan, ama öğrenmeden sonra çok hızlı tepki veren yapısına benzemektedir.

1. GİRİŞ

Sınıflandırma, regresyon ve tahmin etme problemlerinde kullanılabilen DVM; bu çalışmada tahmin etme özelliğinden faydalanarak, MŞA'nın rezonans frekansını elde etmede kullanılmıştır. DVM'de YSA gibi öğrenme aşamasından sonra hızlı bir çözüm yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntemin lineer ve lineer olmayan uygulamalarda kullanım alanı mevcuttur. Vapnik'in öncülük ettiği DVM metodu; Multilayer Perceptron (MLP) ve Radial Basis Function (RBF) ağları gibi örüntü sınıflandırma ve lineer olmayan regresyon uygulamaları için tercih nedeni olan bir tahmin etme yöntemidir.

Bu tez ile dar bantlı, geniş huzmeli, koaksiyel beslemeli DMŞA tasarımı HFSS ortamında yapılmıştır. Antenin fiziksel ve elektriksel parametrelerine (boyut, yalıtkanlık sabiti ve yalıtkan yüzey kalınlığı) karşılık, çıkış verisi olarak rezonans frekansını üreten, 210 adet veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri kümeleri, YSA ve DVM modellerinin eğitiminde ve testinde kullanılarak bu modellerin hata oranları hesaplanmıştır.

Yapılan literatür taramasında incelediğimiz kadarıyla, YSA ve DVM metotlarıyla gerçekleştirilen anten tasarımlarında, tasarlanan modelin güvenilirliğini sağlayan çapraz doğrulama metodunun uygulanmadığı tespit edilmiş ve bu nedenle bu çalışmada bir hedef olarak ta çapraz doğrulama yönteminin kullanılması amaçlanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada; DMŞA'nın tasarımında,rezonans frekansı hesaplamasında, YSA ve DVM modellerinin doğruluk yüzdelerinin karşılaştırılması hedeflenmiş ve bunun daha güvenilir olması amacıyla çalışmada çapraz doğrulama yaklaşımı kullanılmıştır. HFSS ile elde edilen f_r değerleri ile YSA ve DVM modellerinde elde edilen f_r değeri için hata oranı karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Giriş bölümünde belirtilen avantajlarından dolayı MŞA'ların günümüz teknolojisinde gittikçe artan kullanımı, çok farklı uygulamalar için farklı tasarım gereksinimleri, bu antenlerin temel dezavantajı olan dar bant, düşük kazanç gibi özelliklerinin iyileştirilmesi gibi nedenlerden devamlı yeni tasarımlar denenmekte, antenlerin tüm fiziksel ve elektriksel parametrelerinde, besleme türlerinde farklı varyasyonlar yapılarak istenilen uygulamalara daha elverişli tasarımlar elde edilmeye çalışılmaktadır. Tüm bunlar yapılırken daha önce değinildiği gibi kullanılan paket programların her bir değişiklik ve oynamada tüm hesapları yeniden yapması ve bu hesapların fazla zaman alması ve hatta bilgisayar kaynaklarını zorlaması, yeni anten yapılarının geliştirilmesinde büyük bir problem teşkil etmiştir. Bu dar boğazı aşmak için alternatif yöntem arayışlarında yapay zekâ yöntemleri oldukça tatmin edici sonuçlar vermiştir. Bu yöntemlerde tasarlanan modelin eğitimi ilk etapta fazla sürmesine karşın, bir defa ağ eğitimi yapılıp, öğrenme gerçekleştirildikten sonra, ağa verilen girdilere karşılık çok hızlı bir şekilde istenen sonuca ulaşılmaktadır. Aşağıda bu yapay zeka yöntemlerinden en çok kullanılan YSA yöntemi ve bundan başka YSA'ya nispeten kullanımı daha yeni ve az olan DVM yöntemiyle yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Suganthi ve ark. (2014), GSM uygulamaları için mikroşerit yama anten analiz ve tasarımına ilişkin yapılan bu çalışmada, mobil uygulamalar için oldukça kullanışlı olan ve GSM uygulamalarına ilişkin gereksinimlerini karşılayan bir anten tasarlanmıştır. Bu çalışma ile geri dönüş kaybı, VSWR ve Işıma Örüntüsü analiz edilmiştir. Anten boyutu 30x50x1.8 mm'dir. Bu çalışmadaki MŞA HFSS programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Kaur ve Khanna (2013), 5.2 GHz WLAN uygulaması için koaksiyel beslemeli tek katman MŞA tasarımı sunulmaktadır. FDTD metodu temelli ticari bir uygulama olan CST Mikrodalga Stüdyo ile önerilen yapının ışıma karakteristiği empedans uyumluluğu analiz edilmektedir. Önerilen WLAN 5.2 GHz frekans bandında koaksiyel beslemeli anten yapısı için maksimum bant genişliği -10 dB yansıma katsayısı eşiğinde 219.2 MHz (5.14-5.36 GHz) olarak elde edildiği gösterilmiştir.

Majumder (2013), bu çalışmada, 2.0 GHz ~ 2.5 GHz frekans aralığında çalışan DMŞA tasarımı yapılmıştır. Yalıtkanlık sabiti yaklaşık olarak 4.4 olan, 1.6 mm kalınlığında FR-4 materyali kullanılarak anten yapılandırılmıştır. Simülasyon sonucunda elde edilen Giriş Empedansı, Geri Dönüş Kaybı ve Akım Yoğunluğu v.s. elde edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

Koçer (2009), tez çalışması ile dikdörtgen ve daire şekilli yamaya sahip MŞA'ların rezonans frekansı için literatürde mevcut olan deneysel ve teorik değerler, HFSS'de yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen değerler ve YSA kullanılarak elde edilen değerlerle karşılaştırma yapılmıştır. HFSS'de tasarımı yapılan çalışmada, kullanılan koaksiyel probun özellikleri ile prob boyu değerinin antenin rezonans frekansı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu; fakat simülasyon ortamında tanımlanan hava boşluğunun yüksekliğinin simülasyon sonuçları üzerinde ciddi bir değişiklik meydana getirmediği ifade edilmiştir. Ayrıca seçilen tabanın genişlik ve uzunluk değerleri de rezonans frekansı üzerinde fazla bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir. Değiştirilen parametrelerin sadece rezonans frekansı üzerindeki etkileri, grafiksel sonuçlar incelenerek belirlenmiştir. Prop boyu, probun özellikleri değiştirildiğinde antenin giriş ve ışıma dirençlerinde oluşacak değişikliklerin hesap yoluyla bulunmasından ziyade rezonans frekansı grafiği üzerindeki etkileri incelenerek sonuç tabloları gösterilmiştir.

Türker ve ark. (2006), bu çalışma ile Dikdörtgen Yama Anten geometrisiyle Yapay Sinir Ağları kullanılarak MŞA'lar için genel tasarım prosedürü önerilmiştir. Yapılan çalışmada MŞA'ların tasarımı için sinir ağı metodu kullanılmıştır. MŞA'nın genel tasarım prosedürü için

antenin dikdörtgen geometrisi için YSA metodu önerilmektedir. Bulunan sonuçlarla en iyi sınıflandırma doğruluk değeri RBF için 97.76% ve MLP için 97.75% olarak bulunmuştur.

Singh ve ark. (2013), bu çalışma ile YSA metodu kullanılarak çift bant genişliğine sahip koaksiyel prob beslemeli MŞA tasarımı sunulmuştur. IE3D programı kullanılarak elde edilen bant genişlikleri değerleri kullanılarak YSA'nın ileri besleme ağının eğitimi yapılarak, anten tasarımı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarla C şekilli MŞA'nın YSA ağı ile elde edilen bant genişlikleri değerlendirilmekte ve YSA modelinin avantajları olarak basitlik ve doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışma ile C şekilli MŞA bant genişliğinin YSA yöntemi ile doğru olarak hesaplanabildiği gösterilerek, YSA yönteminin avantajları olarak, basitlik ve doğruluk sonucuna varıldığı ifade edilmiştir. YSA ile analiz sonuçlarının çok hızlı elde edilebildiği belirtilmiştir.

Zheng ve ark. (2010), bu çalışma ile; anten tasarımında hızlı ve doğru sonuç veren bir araç olarak DVM kullanımı araştırılmaktadır. Dikdörtgen Yama Anten tasarımında DVM kullanımı incelenmiştir. Sonuçlar; uygun bir eğitim sürecinden sonra DVM'nin yüksek doğrulukla anten tasarımına uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Angiulli ve ark. (2007), Mikrodalga cihaz ve antenlerdeki doğru ve hızlı modellemeler tekniklerindeki gelişmeler, bilgisayar destekli tasarım ve devre analizleri açısından büyük öneme sahip olduğu ifade edilmiştir. Bu alanda, teknik literatürde YSA ile yapılan birçok çalışma mevcuttur. Ancak son yıllarda Vapnik tarafından geliştirilen DVM, YSA' ya bağlı sınırlamaların üstesinden gelmek için daha etkileyici özelliklerinin sağladığı fayda nedeniyle önemi artan bir yöntem olmuştur. Bu çalışma ile DVRM modelleme performansları araştırılmakta ve YSA performansı ile karşılaştırma yapılmaktadır. Çalışma sonuçları olarak karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur.

Kumar ve Rai (2014), Yapay Sinir Ağlarının kullanımıyla MŞA'nın rezonans frekansını elde etme çalışmalarına ilişkin deneysel sonuçlarıyla, YSA'nın hızlı bir yakınsama ve en küçük hata bulma yöntemi olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Xu (2011), bu çalışmada kullanılan simülasyon deneyi ile kavramsal açıdan Destek Vektör Makinalarının, gerçek zamanlı anten tanılama problemlerinin çözümünde çok verimli adaylar oldukları kanıtlanmıştır.

Kayabasi ve Akdagli (2015), bu çalışma ile UHF bandında, ACMA'ların rezonans frekansını hesaplamak için; YSA, BMS ve DVM kullanılmıştır. MoM temelli IE3D programı kullanılarak, çeşitli boyut ve elektriksel parametreler için 144 adet rezonans frekansı karşılık testler gerçekleştirilerek, üç metodun değerlendirilmesi yapılmıştır. OHY değeri YSA için 0.457%, BMS için 0.399% ve DVM 0.400% olarak bulunmuştur.

Akdagli ve ark. (2013), E şekilli KMŞA antenin rezonans frekansını hesaplamak için MLP temelli YSA uygulamasıdır. MoM temelli IE3D programı kullanılarak, çeşitli boyut ve elektriksel parametreler için 144 adet rezonans frekansı üretilerek, 130 adet simülasyon verileri ile YSA metodu kullanılarak ağ eğitimi yapılmış ve 14 adet veri ile eğitilmiş ağdan rezonans frekansının elde edilerek simülasyon değerleri karşılaştırması yapılmıştır. OHY değeri YSA için 0.523% olarak bulunmuştur.

Kayabasi ve ark. (2014), bu çalışma ile UHF bandında L şekilli KMŞA'nin rezonans frekansını hesaplamak için YSA, BMS metotları kullanılmıştır. MoM temelli IE3D programı kullanılarak, çeşitli boyut ve elektriksel parametreler için 192 adet L şekilli KMŞA'nin rezonans frekansı üretilerek, 172 adet simülasyon verileri ile YSA ve BMS metotları kullanılarak ağ eğitim yapılarak, 20 adet veri ile rezonans frekansının elde edilmiş ve simülasyon değerleriyle karşılaştırma yapılmıştır. OHY değeri YSA için 0.537%, BMS için bulunan değer 0.454%'dür.

Akdagli ve ark. (2014), bu çalışma ile UHF bandında C şekilli KMŞA için rezonans frekansı hesaplamak için BMS metodu kullanılmıştır. FDTD metodu temelli XFDTD programı kullanılarak, çeşitli boyut ve elektriksel parametreler için 144 adet C şekilli KMŞA verisi üretilerek bu verilerin 129 âdeti ile BMS eğitilmiş ve kalan 15 adet ile test sonuçları elde edilerek kullanılan metodun değerlendirilmesi yapılmıştır. OHY değeri BMS için 0.916% olarak bulunmuştur.

Kayabaşı (2015), bu tez çalışması ile, dikdörtgen halka, dairesel halka, C, E, H ve L şekilli MŞA için YSA ve BMS kullanılarak rezonans frekansları hesaplanabildiği gösterilmiştir. Ayrıca optimizasyon temelli sinir ağı metotlarından, DVM kullanılarak rezonans frekansı elde edilmiştir. Yapay Zekâ tekniklerinden YSA, BMSDUA ve DVM KMŞA'ların rezonans frekansı hesabı için hızlı, etkili ve başarılı bir şekilde kullanılabildiği sonucuna varılmıştır. KMŞA tasarımcıları, tasarlamak istedikleri antenin fiziksel ve elektriksel parametrelerini YSA, BMSDUA ve DVM modelleriyle bu çalışma ile hazırlanan programlara giriş verisi olarak girip, KMŞA'ların rezonans frekansını çok fazla zaman gerektirmeden büyük bir doğruluk içinde hesaplanabildiği tespit edilmişlerdir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlardan yararlanarak, KMŞA'ların YSA, BMSDUA ve DVM kullanılarak sentez edilmesine yönelik çalışmalar için ileri ki çalışma konuları olarak önerilmiştir. Bu kapsamda tez çalışmasında ele alınan veya farklı şekilli KMŞA'ların band genişliğinin hesaplanması, istenilen rezonans frekansında açılan boşluk uzunluk ve genişliklerinin bulunması gibi problemler YSA, BMSDUA ve DVM kullanılarak çözülebileceği gösterilmiştir. Tez içerisinde kullanılan yapay zekâ teknikleri ile ilgili uygulamaya yönelik bilgiler temel alınarak KMŞA'lara yönelik bu tür problemlerin çözümünü gerçekleştiren çalışmalar için çözümler gösterilmiştir.

Toktas ve ark. (2012), UHF bandında çalışan C ve H şekilli MŞA için rezonans frekanslarının belirlenmesinde etkin uzunluk için doğru ve basit formüller sunulmaktadır. Bu amaçla; 144 adet C şekilli KMŞA ve 216 adet H şekilli KMŞA için farklı fiziksel boyut ve çeşitli yalıtkanlık sabiti değerleriyle, FDTD metodu temelli XFDTD programı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen farklı fiziksel boyut ve çeşitli yalıtkanlık sabiti değerlerine karşılık gelen rezonans frekansları, Yapay Arı Kolonisi algoritmasına giriş değerleri olarak verilip, rezonans frekansa en uygun bilinmeyen etkin uzunluk katsayısı belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucu olarak herhangi bir matematiksel ve tekrarlamalı işleme gerek olmaksızın C ve H tipi KMŞA'lar için rezonans frekansının elde edilmesi sonucuna varılmıştır.

Bose ve Gupta (2011), bu çalışmada AKMA tasarımı için melez sinir ağı kullanımı ile YSA metodu önerilmiştir. Önerilen melez model RBF ve BPA metotlarının birleşimiyle geliştirilmiştir. RBF-YSA modeli ile BPA-YSA modellerinin performans karşılaştırmaları yapılmaktadır. Önerilen metot ile elde edilen simülasyon sonuçlarının deneysel olarak elde edilen değerlerle uyum içinde olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucu olarak AKMA için rezonans frekansını elde etme işleminde, oluşturulan YSA modelinin, kullanışlı bir çözüm olduğu sonuç tablolarıyla gösterilmiştir. Bu çalışmada oluşturulan modelin YSA için OHY değeri 0.327 olarak bulunmuştur.

Singh ve ark. (2011), bu çalışma, YSA metodunun Dairesel MŞA tasarımı yapılmıştır. Çalışma sonucunda Dairesel MŞA için elde edilen sonuçlar gerçeğe yakın olarak bulunmuştur.

Garg ve ark. (2012), bu çalışma ile amaç, bir MŞA'nın potansiyel parametrelerinin artırılmasıyla önerilen antenin çift bant genişliğinin analizi yapılmıştır. Önerilen anten modeli ile, 2.478 GHz ve 2.919 GHz rezonans frekanslarında tasarım sonucu elde edilmiştir. Elde edilen sonuç değerleri ile antene ait ölçülen değerlerin çok yakın olduğu tespit edilmiştir.

Khan ve De (2015), bu çalışma ile gelişmekte olan MŞA'ların analiz ve sentezleri için kapsamlı bir inceleme yapılmıştır.

Brabanter ve ark. (2011), "LS-SVMlab Toolbox User's Guide" adlı teknik raporu; sınıflandırma, regresyon, zaman serisi tahmini ve denetimsiz öğrenme ile ilgili bir dizi LS-SVM algoritmalarına yönelik matlab uygulamalarını içermektedir.

Cheng ve ark. (2006), bu çalışma; kömür madenlerinde LS-SVM metoduyla gaz konsantrasyonu tahmin etmiştir. Kömür madenleri güvenliği için gaz konsantrasyonu çok önemlidir. Gaz yoğunlaşmasının doğru tahmini, hem çalışanların iş güvenliğini hem de yüksek derecede ekonomik ve sosyal fayda için zaruridir. Bu nedenle bu çalışmada yüksek güvenirliliğe sahip LS-SVM sınıflandırma metodu kullanılarak bahsedilen amaçlar için gerekli gaz yoğunlaşma değerini doğru belirleyen bir sınıflandırma metodu kullanılmıştır. LS-SVM metodu, çıkış değeri BPNN gaz yoğunlaşma değerini belirlemiştir.

Suykens ve ark. (2001), DVM örüntü tanıma ve fonksiyon tahmin problemlerinde oldukça başarılı olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışma ile lineer olmayan sistemlerin optimal kontrolleri için LS-SVM metodunun kullanımı anlatılmıştır. Çalışmada LS-SVM' de RBF Kernel kullanılmıştır. N aşamalı optimal kontrol problemi, DVM'lerinden oluşan doğrusal olmayan geri beslemeli kontrolör için formüle edilmiştir.

Ahmad ve ark. (2014), İnsan popülasyonu, yapılar ve teknolojik uygulamalarda hızlı büyüme, enerji tüketimi büyük ölçüde artırmaktadır. Bu nedenle, binalar için etkin enerji yönetimi ve enerji tüketim miktarlarının tahmin edilmesi, belirli yerler içinde etkili enerji koruması ve gelişmeleri için karar verme süreçlerinde önem arz etmektedir. Bu çalışmayla, yapılara ilişkin elektrik enerjisi tahmini; yapay zekâ metotlarından YSA ve DVM kullanılarak incelenmiştir. Her iki metotta, gerek tahmin alanlarında gerekse en doğru yaklaşım uygulamalarında geniş bir şekilde kullanılabildiği gösterilmiştir.

Yakut ve ark. (2014), bu çalışma ile, Borsa İstanbul (BIST) endeksinin tahmin edilmesi için BIST endeksinin bir, iki ve üç gün öncesine ait değerleri yanında Amerikan dolar kuru, gecelik faiz oranı ve NIKKEI (Japonya Borsası), BOVESPA (Brezilya Borsası), FTSE (İngiltere Borsası), CAC (Fransa Borsası), DAX (Almanya Borsası) internet sitelerinden elde edilen 2005-2012 tarihleri arasındaki borsa endeksi değerleri kullanılarak, BIST endeks değeri ileri beslemeli YSA ve DVM yöntemleriyle tahmin edilmiştir. Sonuç itibari ile YSA ve DVM yöntemlerinin borsa endeksinin tahmin edilmesinde modellenebileceğini gösterilmiştir.

Yapılan ve yukarıda sözü edilen literatür taramasında, MŞA rezonans frekansı hesaplanmasında, DVM yönteminin YSA yöntemine göre oldukça yeni ve az kullanıldığı görülmüş ve ayrıca bu her iki yöntemin kullanımında tasarlanan modelin güvenilirliğini sağlayan çapraz doğrulama metodunun uygulanmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bu literatür taramasının doğal sonucu olarak bu tez çalışmasında, iki temel noktaya odaklanılmıştır. Bunlar:

- MŞA rezonans frekansı hesaplanmasında YSA yöntemine ilaveten DVM yöntemini etkin bir şekilde kullanmak ve bu iki yöntemi karşılaştırmak,
- Bu karşılaştırmayı yaparken sonuçların güvenilirliğini arttıran çapraz doğrulama yaklaşımını kullanmak

olarak belirlenmiştir.

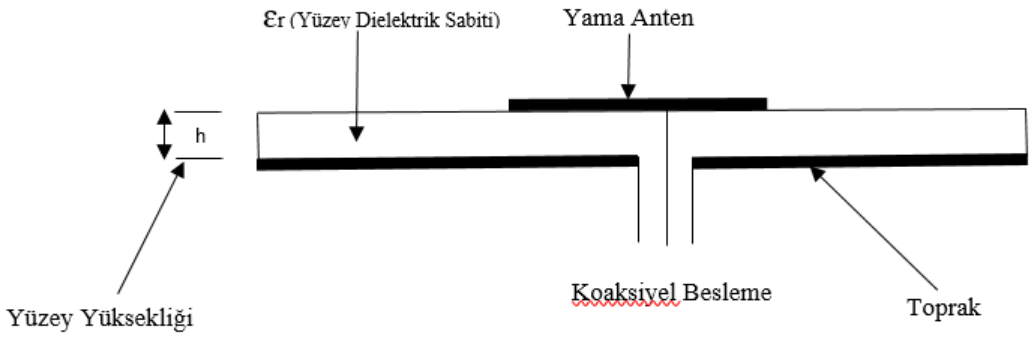
3. MATERYAL VE METOT

3.1. DMŞA Fiziksel Yapısı

Mikroşerit antenlerin ışıma şekli, üst yüzeydeki yama kısmının uçlarından, toprağa doğrudur. Antenin ışıma karakteristiğinin kalitesi, yalıtkan ortamın kalınlığına ve düşük bir dielektrik sabiti değerine bağlıdır. Kaliteli ışıma karakteristiği elde edilmek isteniyorsa, yalıtkan ortamın malzeme kalitesi ile bu malzemenin kalınlığı ve ortamın dielektrik sabitinin düşüklüğüne dikkat edilmelidir.

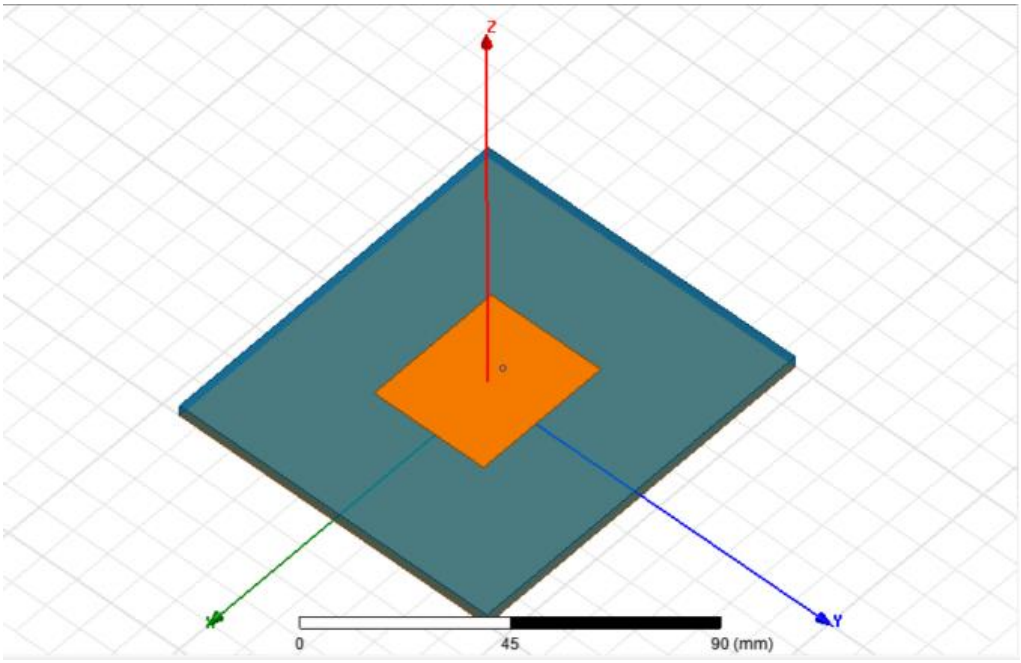
DMŞA anten fiziksel yapısı, iki iletken arasında bulunan yalıtkan bir yüzeyden oluşmaktadır. Alt yüzeyde antenin toprak yüzeyi, ortada yalıtkan yüzey ve üst kısımda yama iletken kısım bulunmaktadır. Bu çalışma ile koaksiyel beslemeli DMŞA tasarımı yapılmıştır.

Şekil 3.1. ile DMŞA'nın yandan görünümü gösterilmektedir.

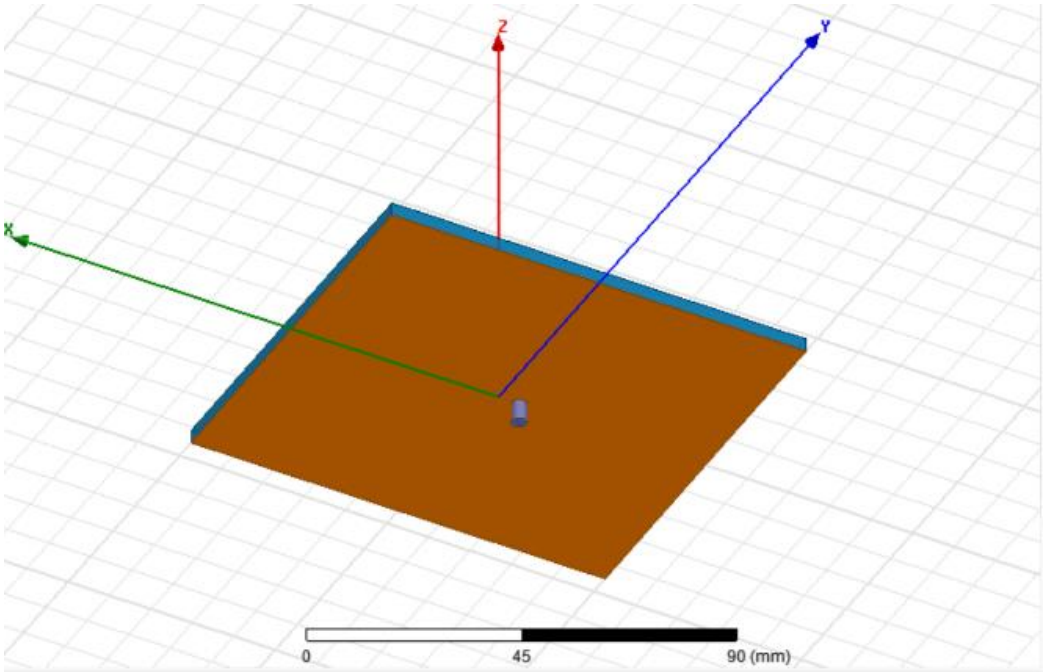


Şekil 3.1. Dikdörtgen mikroşerit yama anten yandan görünümü

HFSS tasarımıyla elde edilen DMŞA' ya ilişkin alt ve üst görünümleri Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.'de gösterilmektedir.



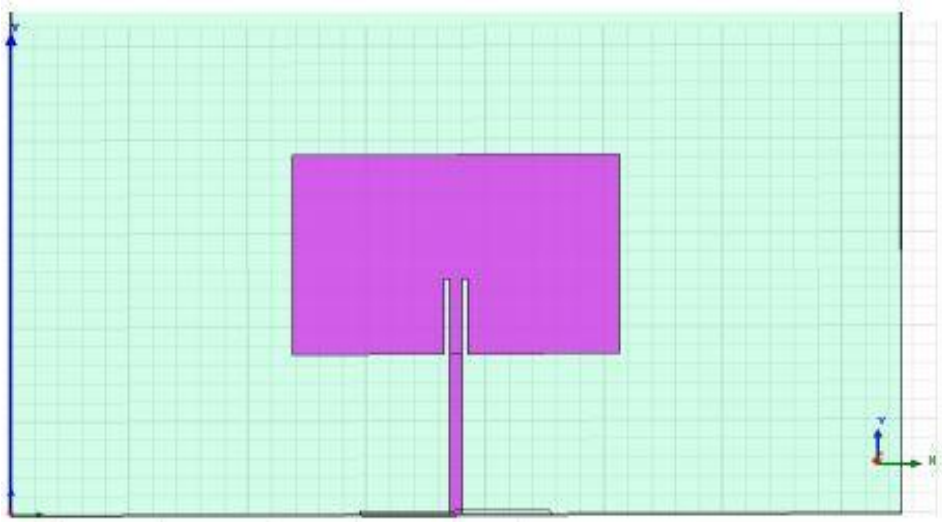
Şekil 3.2. Dikdörtgen mikroşerit anten tasarımı üstten görünüş



Şekil 3.3. Dikdörtgen mikroşerit anten tasarımı alttan görünüş

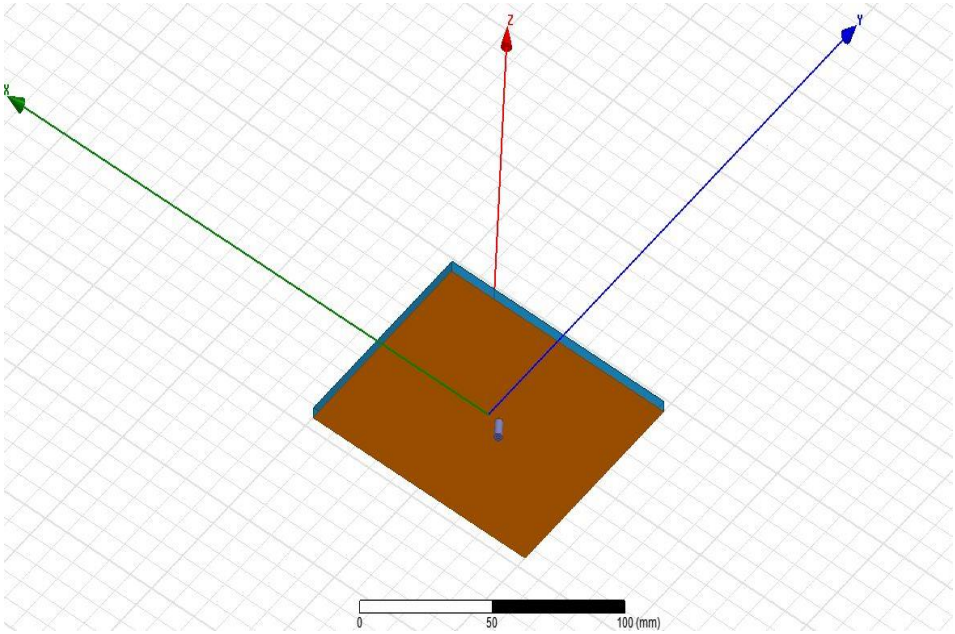
Mikroşerit Yama Antenlerde (MŞA), birçok besleme yöntemiyle tasarımlar yapılabilmektedir. Bu besleme yöntemleri;

- Mikroşerit Besleme



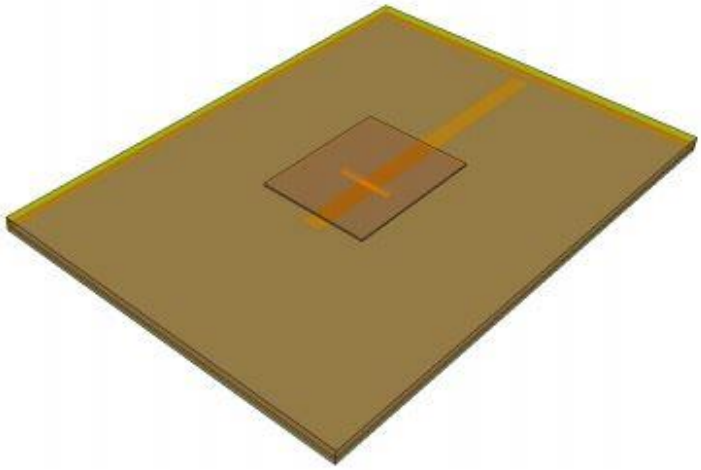
Şekil 3.4. Mikroşerit besleme görünümü

- Koaksiyel Besleme



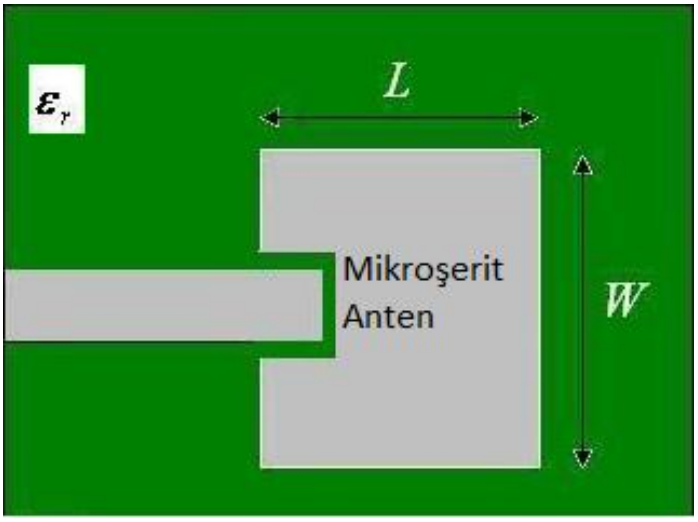
Şekil 3.5. Koaksiyel besleme görünümü

- Açık Kuplajlı Besleme



Şekil 3.6. Açık Kuplaj besleme görünümü

- Yakınlık Kuplajlı Besleme



Şekil 3.7. Kuplaj besleme görünümü

şeklinde ifade edilebilir. Bu tez çalışmasında koaksiyel besleme yöntemi kullanılmıştır.

MŞA tasarımında kullanılan başlıca analiz yöntemleri,

- İletim Hattı Modeli, elektromanyetik problemleri çözmek için alan teorisi ile devre teorisi arasındaki analojiden yararlanan bir sayısal çözümleme metodudur. Nispeten kolay olmasına rağmen doğruluğu diğer yöntemlere göre daha azdır.
- Oyuk (Cavity) Modeli, doğruluğu daha fazla olmasına rağmen daha karmaşık bir yapıya sahiptir.
- Tam Dalga (Full Wave); sonlu farklar, sonlu elemanlar, moment metodu vs. gibi yöntemleri kullanarak yapılan analizlerdir. Doğruluğu en fazla olan yöntem

olmasına karşın matematiksel karmaşıklığın en fazla olduğu ve dolayısıyla en çok zaman ve bellek gereksiniminin duyulduğu yöntemdir.

MŞA tasarımı yapılırken seçilen elektriksel ve fiziksel parametreler aşağıda anlatılan iletim hattı modelindeki formüller aracılığıyla hesaplanır.

MŞA' ya ait W, denklem (1) kullanılarak şu şekilde elde edilir.

$$W = \frac{c}{2f_r}\sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r+1}} \qquad (1)$$

Burada W yama genişliğini, c ışık hızını, f_r rezonans frekansını, ε_r yalıtkanlık sabitini göstermektedir. $\frac{W}{h} \geq 1$ olması durumunda, efektif dielektrik sabiti (ε_{ref}) denklem (2) ile ifade edilmektedir.

$$\varepsilon_{ref} = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+\frac{12h}{W}}}\right] \qquad (2)$$

Efektif uzunlık L, denklem (3) ile ifade edilmektedir.

$$L_{eff} = \frac{c}{2fo\sqrt{\varepsilon_r}} \qquad (3)$$

Saçak (kenar) faktör ΔL denklem (4) ile ifade edilmektedir.

$$\Delta L = 0.412h\,\frac{(\varepsilon_r+0.3)(\frac{W}{h}+0.264)}{(\varepsilon_r-0.258)(\frac{W}{h}+0.8)} \qquad (4)$$

Yama boyu L ise denklem (5) ile şu şekilde ifade edilir.

$$L = L_{eff} - 2\,\Delta L \qquad (5)$$

3.1.1. HFSS (High Frequency Structural Simulator)

HFSS programı; 3-D, tam dalga ve elektromanyetik alanlarında, tasarımı yapılan devrenin elektriksel ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak simülasyon amaçlı kullanılan ticari bir yazılımdır. Yüksek standartlı doğruluğu, gelişmiş çözücü ve yüksek performanslı hesaplama teknolojileri, yüksek frekans ve yüksek hızlı elektronik cihazlar ve platformlarda doğru ve hızlı sonuç elde etme ihtiyacı olanlar için gerekli bir uygulamadır.

HFSS, geniş mikrodalga aralığı, RF ve yüksek hızlı sayısal uygulamaların çözümü için, sonlu eleman, integral denklemleri, asimptotik ve gelişmiş melez metotlarına dayalı çalışmalarda teknoloji harikası çözümler sunar.

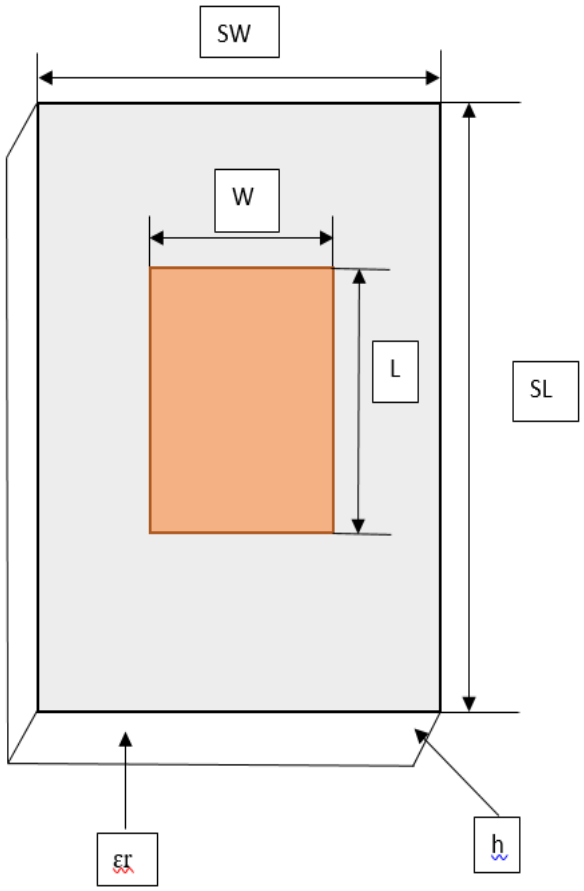
Bu çalışmada kullanılan DMŞA, HFSS 2014 – Version 15.0.0 (Ansoft Corporation 2014) kullanılarak tasarlanmıştır.

3.1.2. HFSS ile DMŞA Tasarımı

HFSS programı kullanılarak koaksiyel beslemeli DMŞA modeli, program ara yüzünde oluşturulmuştur. Öncelikle anteni oluşturan parametrelerin aralığı belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan parametreler şöyledir;

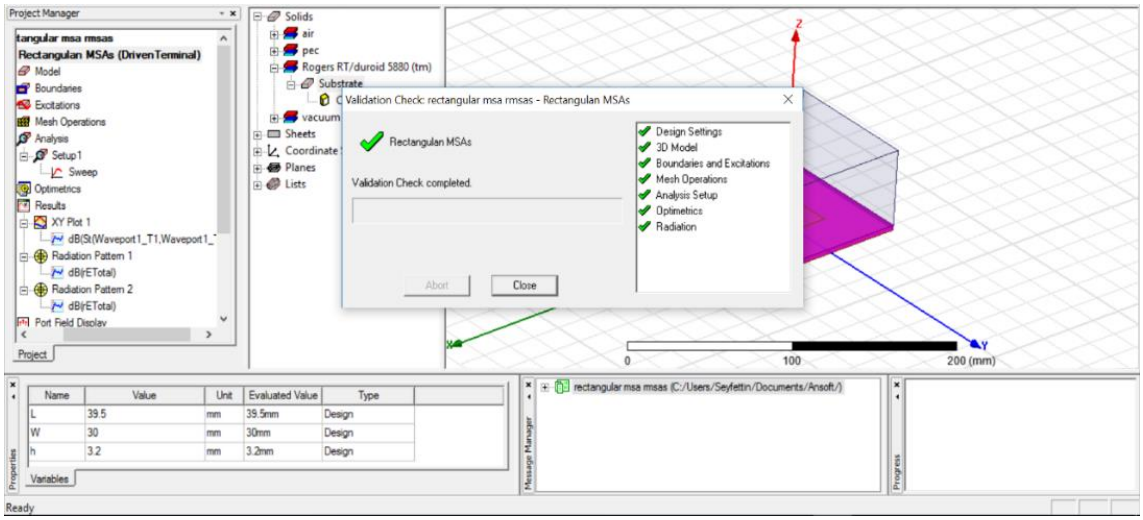
Yalıtkan Yüzey Uzunluğu (SL)
Yalıtkan Yüzey Genişliği (SW)
Yama Uzunluğu (L)
Yama Genişliği (W)
Yalıtkan Yüzey Yüksekliği (h)
Yalıtkan Yüzeyin Yalıtkanlık Sabiti (ε_r)
Rezonans Frekansı (f_r)

Tasarlanan DMŞA' ya Yalıtkan Yüzey Uzunluğu, Yalıtkan Yüzey Genişliği, Yama Uzunluğu, Yama Genişliği, Yalıtkan Yüzey Yüksekliği, Yalıtkan Yüzeyin Yalıtkanlık Sabiti gibi elektriksel ve fiziksel parametrelerin gösterilimi, Şekil.3.8.'de verilmiştir.

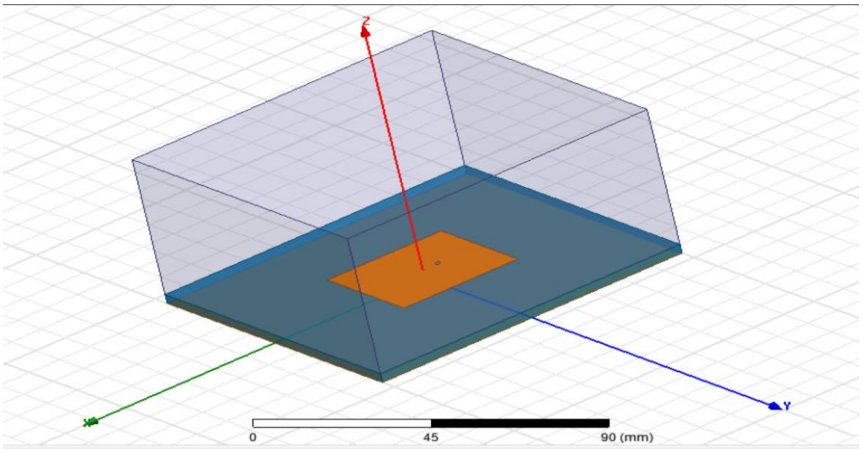


Şekil 3.8. DMŞA tasarımına ilişkin parametre gösterimi

HFSS programı aracılığıyla tasarımı yapılan DMŞA'ya ilişkin ışıma ortamı olarak hava tercih edilmiştir. Şekil 3.9.'da tasarımı yapılan modelin doğruluk testi ve Şekil 3.10.'da tasarımı yapılan antenin ışıma ortamıyla oluşturulan tüm modelin şekli gösterilmektedir.



Şekil 3.9. DMŞA modelin doğruluk test sonucu



Şekil 3.10. DMŞA tasarımına ilişkin ışıma ortamlı gösterim

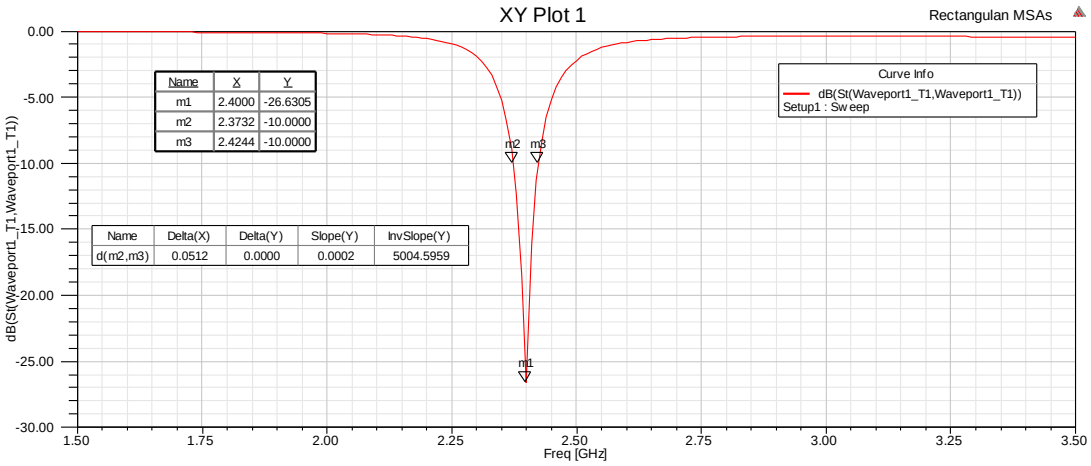
3.1.3. 2.4 GHz Anten Tasarımı ve Karakteristik İncelemesi

Bu bölümde HFSS programı ara yüzünde oluşturulan modelle aşağıdaki parametre değerleri için tasarlanan DMŞA' nın karakteristik özellikleri incelenmiştir.

L = 39.5 mm
W = 30 mm
h = 3.2 mm
ε_r = 2.2 (Materyal Tipleri; Rogers RT / duroid 5880 tm -2.2)

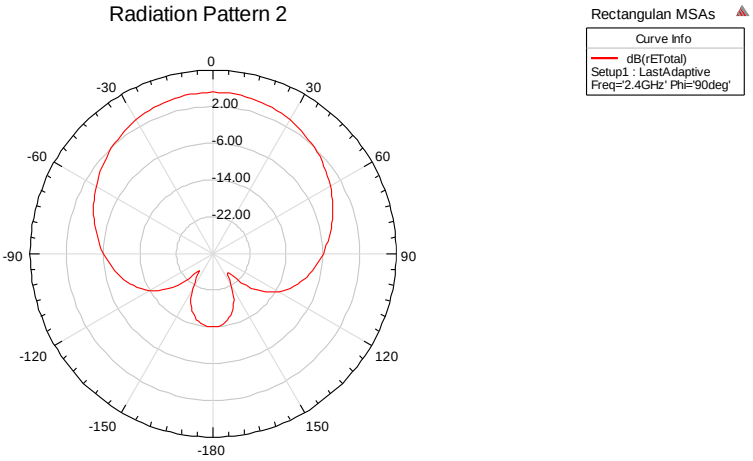
Yukarıdaki parametreler ile yapılan anten tasarımında elde edilen rezonans frekansı, geri dönüş kaybı (return loss) ve bant genişlik değerleri aşağıda ifade edilmiştir. Ayrıca bulunan değerlere ilişkin XY Grafiği Şekil 3.11.'de gösterilmektedir.

f_r = 2.4 GHz
Geri Dönüş Kaybı = -26,6305
Bant Genişliği = 51.2 MHz (-10 dB noktaları arası için hesaplanmıştır.)

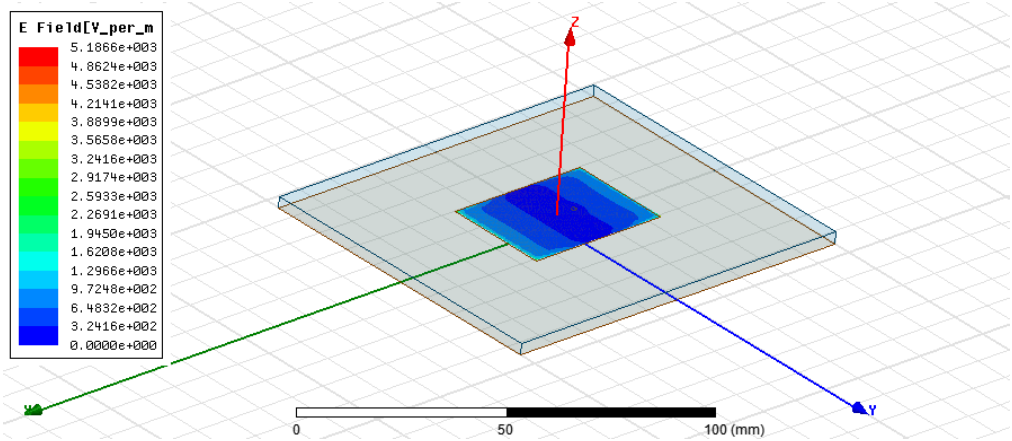


Şekil 3.11. 2.4 GHz rezonans frekanslı DMŞA

Tasarımı yapılan DMŞA' ya ilişkin yukarıda seçilen parametrelere göre elde edilen ışıma örüntüsü Şekil 3.12.'de ve antenin yama kısmı için elektrik alan dağılımı ve değerleri Şekil 3.13.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Işıma örüntüsü

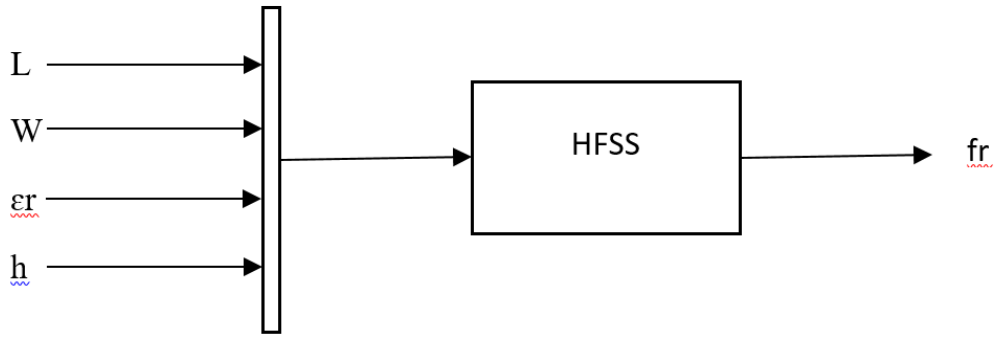


Şekil 3.13. DMŞA'ya ait yama yüzeyde elektrik alan dağılımı

3.1.4. Tasarlanan DMŞA ile Veri Kümesi Oluşturma

L, W, h, ε_r parametrelerine ilişkin aşağıda elektriksel ve fiziksel parametre aralıkları kullanılarak . HFSS programı aracılığıyla veri dizisi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri kümesinde L, W, h ve ε_r giriş değerleri ve bunlara karşılık HFSS programının ürettiği rezonans frekansı (f_r), çıkış parametresi olmak üzere farklı değerlerde 210 adet veri üretilmiştir. (Şekil 3.14.)

SL = 100 mm
SW = 90 mm
L = 34 mm ~ 46 mm
W = 26 mm ~ 34 mm
h = 2.7 mm ~ 3.2 mm
ε_r = 2.2 – 3.2 (Materyal Tipi; Rogers RT/duroid 5880 tm -2.2/Rogers RO4232 tm - 3.2)



Şekil 3.14. DMŞA simülasyon işlemi

3.1.4.1.Parametre Aralıkları için Elde Edilen Frekans Aralığı

HFSS programı ile tasarlanan DMŞA için L (34 mm ~ 46 mm), W (26 mm ~ 34 mm), h (2.7 mm ~ 3.2 mm) ve ε_r (2.2 – 3.2) aralıklarındaki parametre değerleri ile oluşturulan HFSS – DMŞA modelinde giriş değerine karşılık sistemin çıkışı olan 210 adet f_r veri kümesi elde edilmiştir. Yapay Zekâ modelleri olan YSA ve DVM'de kullanılmak üzere; veri kümeleri 30'ar adet olmak üzere yedi parçaya bölünmüş ve bölünen bu parçalara ilişkin yapı Çizelge 3.1.'de gösterilmektedir.

Bu çizelgede verilerin 7 kümeye bölünmesiyle, YSA ve DVM modellerinin eğitim sürecinde çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak daha doğru bir eğitim süreci amaçlanmıştır. Bu nedenle yedi parçaya bölünen veriler ile her eğitim sürecinde otuz adet kaydırılarak eğitim süreci tamamlanıp 7 kaydırma neticesinde elde edilen OYH oranının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üretilen Veriler	Eğitim ve Test için Veri Kümelerini Sınıflandırma		
210 Adet Giriş Kümesi (L, W, h, εr) ve 210 Adet Çıkış Rezanons Frekansı(fr)	1	31-210 Eğitim Kümesi	1-30 Test Kümesi
	2	1-30 ; 61-210 Eğitim Kümesi	31-60 Test Kümesi
	3	1-60 ; 91-210 Eğitim Kümesi	61-90 Test Kümesi
	4	1-90 ; 121-210 Eğitim Kümesi	91-120 Test Kümesi
	5	1-120 ; 151-210 Eğitim Kümesi	121-150 Test Kümesi
	6	1-150 ; 181-210 Eğitim Kümesi	151-180 Test Kümesi
	7	1-180 Eğitim Kümesi	181-210 Test Kümesi

Çizelge 3.1. 210 adet veri kümeleri ve 7 kümeye sınıflandırma çizelgesi

3.2. Yapay Zekâ Metotları

Genel olarak teknolojik gelişmelerdeki hızlı büyüme; yüksek kapasiteli donanımların elde edilmesine kapı açmıştır. Özellikle yüksek hızlı işlemciler ve bellekler, bilgisayar ve robot alanlarında hızlı bir gelişmeyi beraberinde getirmiştir. İşte bu gelişmeler ışığından bilgisayar, bilgisayar temelli bir cihaz ya da robotun çeşitli faaliyet, öğrenme ve değerlendirme süreçlerinin zeki canlılara benzer şekilde yapabilmesi için yapay zekâ alanı, birçok araştırmacı ve bilim insanı için çok ciddi bir çalışma alanı olarak benimsenmiş ve gelişmeler kaydedilmiştir.

Yapay zekâ metotları olarak YSA, DVM ve BMS söylenebilir. Ancak bu çalışma kapsamında YSA ve DVM yöntemleri incelenerek karşılaştırılmıştır.

Elektromanyetik anten tasarımına ait karmaşık matematiksel denklemlerin çözüm uğraşı ve lineer olmayan analizlerde; zaman kaybı veya çok uzun süren işlem sürelerinden dolayı, bu tarz problemlerin çözümü için yapay zekâ metodu kullanımı araştırılarak, bir DMŞA için yapay zekâ uygulaması ile rezonans frekansının elde edilmesi cihetine gidilmiştir. DMŞA'ların elektriksel ve fiziksel parametreleri arasında ilişkiler kurularak geliştirilen YSA ve DVM modelleri ile çok hızlı bir şekilde rezonans frekansını bulan sade bir tasarım yapılmıştır. Yapay

zekâ metotlarının OHY değerleri karşılaştırılarak, lineer olmayan elektromanyetik problemler için hızlı, etkin ve doğruluğu yüksek olan bir model elde edilmiştir.

Bu çalışmada, DMŞA için rezonans frekansın elde edilmesinde, yapay zekâ metotlarından YSA ve DVM uygulanarak doğru ve sağlam bir çözüm üreten mimari oluşturulmuş ve bulunan sonuçlarla tasarlanan yapının doğruluğu ortaya konulmuştur.

3.2.1. Yapay Sinir Ağları

YSA, canlılara özgü sinir ağları sisteminden esinlenerek geliştirilen bir yapay zekâ metodudur. Bu metot, MŞA uygulamalarında geniş olarak kullanılmaktadır. Özellikle MŞA'ların rezonans frekanslarını tahmin etmede etkili bir yöntemidir.

YSA yöntemi, temel olarak giriş, ara ve çıkış katmanı olmak üzere 3 temel yapıda ele alınmaktadır. Bu katmanlar;

- Giriş Katmanı – W,L,$\varepsilon_{r,,}$ h
- Gizli Katman – Nöron
- Çıkış Katmanı - f_r

Bilgiler ilk önce giriş katmanına gelir ve ara katmanda işlenir. Ara katmanda, giriş bilgilerine göre ağa eğitim verilir. Eğitilmiş ağ, girişten gelen yeni verilere karşı tahminlerde bulunarak bu sonucu çıkış katmanına iletir.

YSA metodunu bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Avantajları olarak; lineer olmayan uygulamalarda kullanımı, programlama gereksiniminin olmaması, herhangi bir uygulama için kullanılabilir olması ve herhangi bir problem çıkarmadan uygulanabilirliği sayılabilir. Dezavantajları; YSA eğitim sürecine ihtiyaç duyması, karmaşık problemleri çözmek için çok katmanlı ve çok nöron içeren yapay sinir ağlarına gereksinimin olması ve büyük sinir ağları uygulamaları için yüksek işlem zamanına gereksinim duyulması sayılabilir.

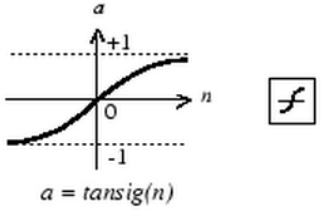
3.2.1.1.YSA Modelinde Aktivasyon Fonksiyonları

YSA katmanlarında kullanılan aktivasyon fonksiyonları tasarımı yapılan yapının temel taşlarından biridir. Literatürde kullanılan çeşitli aktivasyon fonksiyonları aşağıda belirtilmiştir.

a) Tangent-Sigmoid Transfer Fonksiyonu

Tangent-Sigmoid Transfer Fonksiyonu (tansig) sinir ağı transfer fonksiyonudur. Bu transfer fonksiyonu ile ağ girişinden çıkış katmanına hesaplama yapılmaktadır. Bu fonksiyona ilişkin değişim grafiği ve sembol gösterimi ve sembol gösterimi Şekil 3.15.'de gösterilmiştir.

Tansig fonksiyonun dinamik değişim aralığı [-1 1] aralığında olup, bu fonksiyon literatürde, aynı zamanda hiperbolik- tangent fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.



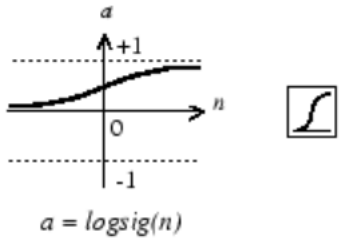
Şekil 3.15. Tangent-Sigmoid transfer fonksiyonun grafik ve sembol gösterimi

Burada a aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$a = \frac{2}{1 + e^{-2n}} - 1$$

b) Logaritmik-Sigmoid Transfer Fonksiyonu

Log-Sigmoid Transfer Fonksiyonu (logsig) sinir ağı transfer fonksiyonudur. Bu transfer fonksiyonu ile ağ girişinden çıkış katmanına hesaplama yapılmaktadır. Bu fonksiyona ilişkin değişim grafiği ve sembol gösterimi Şekil 3.16.'da gösterilmiştir. Logsig fonksiyonun dinamik değişim aralığı [0 1] aralığındadır.



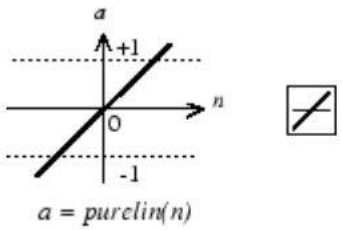
Şekil 3.16. Log-Sigmoid transfer fonksiyonun grafik ve sembol gösterimi

Burada a aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$$

c) Purelin Transfer Fonksiyonu

Purelin transfer fonksiyonunda, nöron girişlerinin değişimi nöron çıkışı kısmında lineer olarak değişim gösteren aktivasyon fonksiyon çeşididir. Bu fonksiyona ilişkin değişim grafiği ve sembol gösterimi Şekil 3.17.'de gösterilmiştir. fonksiyonun dinamik değişim aralığı [-1 1] aralığındadır.



Şekil 3.17. Purelin transfer fonksiyonun grafik ve sembol gösterimi

Burada a aşağıdaki formül ile ifade edilir.

a = n

Bu çalışmada ağ eğitimi ağırlık fonksiyonları olarak, Tan-Sigmoid Transfer Fonksiyonu ve Log-Sigmoid Transfer Fonksiyonu kullanılmıştır.

Çalışmada öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt (LM) yöntemi kullanılmıştır. LM algoritması, YSA ağ eğitiminde sağladığı hız ve kararlılık nedeni ile tercih edilmektedir.

Dik iniş (steepest descent) ve Newton algoritmalarından türetilen LM algoritması güncellemesi (1) de verilmiştir.

$$\Delta W = (J^T J + \mu l)^{-1} J^T e \qquad (1)$$

W ağırlık vektörü, I birim matrisi, μ kombinasyon katsayısıdır. J (PxM)xN boyutunda Jacobian matrisini, e (PxM)x1 boyutunda hata vektörünü göstermektedir. P eğitim örnek sayısını, M çıkış sayısını ve N ağırlık sayısını göstermektedir. μ ayarlanabilir bir parametredir. Eğer bu parametre çok büyükse yöntem dik iniş metodu gibi çok küçükse Newton metodu gibi davranmaktadır. Bu parametre için uyarlamalı bir yapı (2)'de verilmiştir.

$$\mu(n) = \begin{cases} \mu(n-1)k & \mid \; E(n) > E(n-1) \\ \mu(n-1)/k & \mid \; E(n) \leq E(n-1) \end{cases} \qquad (2)$$

Denklem (2)'de k sabit bir sayıdır. E uygunluk değerini göstermektedir. (Çavuşlu, M.A., Becerikli, Y., Karakuzu, C. 2012)

YSA eğitimi, ağırlık ve sapma değerlerini LM optimizasyonuna göre güncelleyerek eğitim sürecini yapmaktadır. LM geri yayılım algoritması, diğer algoritmalara göre daha fazla bellek ihtiyacı duymasına karşın denetimli algoritma özelliğiyle, ilk seçenek tercihi olarak önerilen en hızlı geri yayılım algoritmasıdır. MLP geri yayılım algoritması temel olarak, giriş katman – gizli katman ile gizli katman – çıkış katmanları arasında mevcut ağırlık ilişkilerini, ağ çıkışında oluşan hataya bağlı olarak yeniden düzenleyerek bu ağırlıkların yeniden düzenlenmesini ve en düşük hata için ağın ağırlık eğitimini yapar.

YSA modeline ilişkin kullanılan parametreler Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

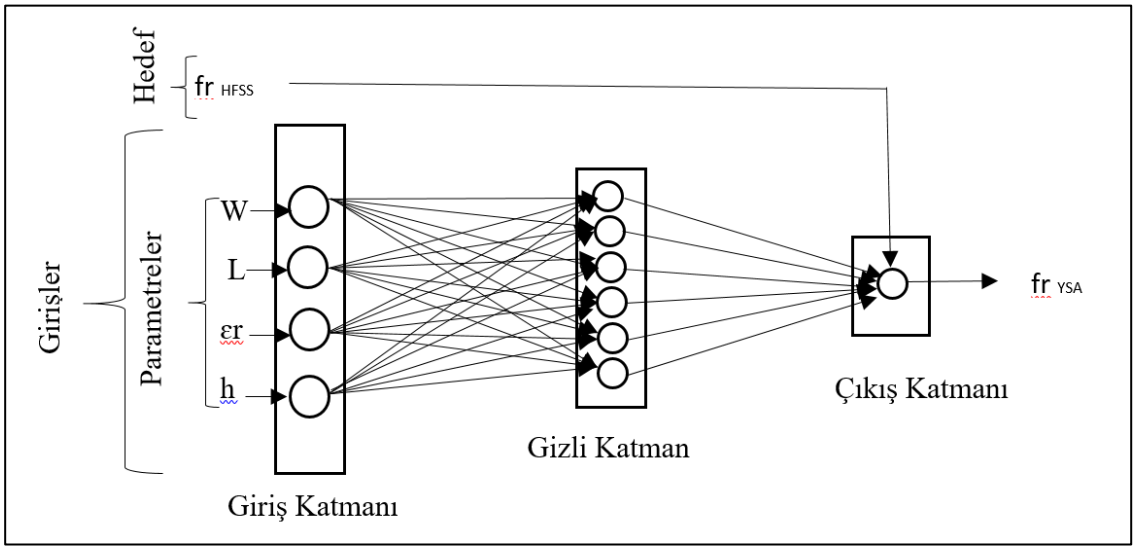
Çizelge 3.2. YSA parametreleri

Parametreler	**Değer**
Giriş sayısı	4
Çıkış sayısı	1
Epochs	1000
Momentum parametresi (μ)	0.005
μ decrement	0.4
μ increment	10
Hedef Değer	0.000001
Learning Rate (lr)	0.7

3.2.1.2. Tez Kapsamında Tasarlanan YSA Mimarisi ve Öğrenme Algoritması

Bu tez kapsamında YSA'nın ileri beslemeli ağlar sınıfında bulunulan çok katmanlı algılayıcı (MLP) mimarisi çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan mimari 4 x n x 1 şeklindedir. Gizli katman nöron sayısı [5 : 15] aralığında denenmiş ve en uygun performansın n = 6 ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla YSA mimarisi olarak 4 x 6 x 1 kullanılmıştır. Mimari yapı Şekil 3.18.'de gösterilmiştir.



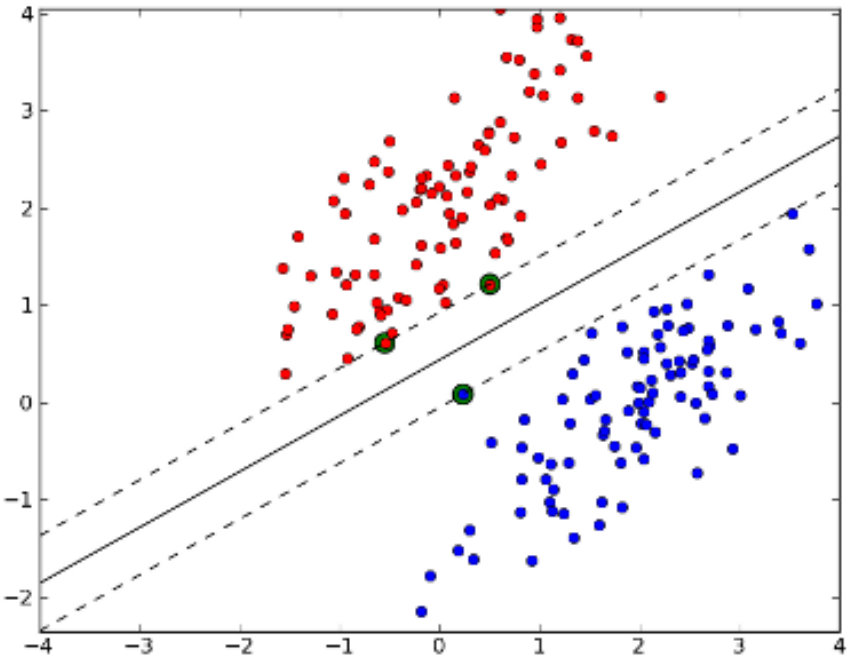
Şekil 3.18. YSA modelinin blok diyagramı

3.2.2 Destek Vektör Makinası

Bir DVM, verileri en uygun olarak iki kategoriye ayırarak n–boyutlu bir hiper düzlem oluşturan yöntemdir. DVM modelleri yapay sinir ağlarıyla yakından ilişkili olup, sigmoid kernel fonksiyonu kullanan DVM, iki katmanlı, ileri beslemeli bir yapay sinir ağına sahiptir (Haykin 1999: 318)

DVM, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde çalıştırılabilir. DVM regresyon metodundaki temel fikir, eldeki eğitim verilerinin karakterini mümkün olduğunca gerçeğe yakın bir şekilde yansıtan ve istatistiksel öğrenme teorisine uyan doğrusal ayırıcı fonksiyonun bulunmasıdır. Sınıflandırmaya benzer bir şekilde regresyonda da doğrusal olmayan durumların işlenebilmesi için çekirdek fonksiyonları kullanılır (Çomak 2008: 37).

DVM parametrik olmayan bir metottur. Bu metotla bir düzlemde bulunan iki grup arasında bir sınır çizilerek tüm yapıyı iki grubu ayırmak mümkündür. Bu sınırın çizileceği yer ise iki grubun da üyelerine en uzak olan yer olmalıdır. İşte DVM bu sınırın nasıl çizileceğini belirler. Bu yöntemde işlemin yapılması için iki gruba da yakın ve birbirine paralel iki sınır çizgisi çizilir ve bu sınır çizgileri birbirine yaklaştırılarak ortak sınır çizgisi üretilir. Uygulama alanı olarak sınıflandırma, regresyon ve tahmin etme işlemlerinde yüksek performans gösterir. Şekil 3.19.'da DVM yöntemine ilişkin şekil gösterilmiştir.



Şekil 3.19. DVM yöntemiyle 2 sınıflı veriyi ayırma

DVM lineer olmayan problemlerin çözümünde güçlü mimarisinden dolayı bu çalışmada uygun metot olarak tercih edilmiş, DMŞA için hızlı bir şekilde rezonans frekansının bulunması işleminde kullanılan bir modelleme yapılmıştır. Çalışma tasarımı yapılırken regresyon yöntemi çözümü olarak fonksiyon tahmin etmede elverişli bir yöntem olan DVM metodunun LS-SVM algoritması kullanılmıştır.

Fonksiyon tahmin etme işlemine uygun olan LS-SVM kullanılarak yapılan incelemede, bu algoritmada Gaussian RBF (Radial Basis Function) çekirdeği kullanılarak modelleme yapılmıştır. DVM algoritmasına ait kullanılan parametreler Çizelge 3.3. de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. DVM parametreleri

Parametreler
RBF kernel
L_Fold
simplex
rcrossvalidatelssvm
mae
myriad

Bu çalışma kapsamında, DVM modelinde üç çeşit ağırlık denemesi yapılara en düşük hata oranı test edilmiştir. Ağrılık olarak huber, myriad ve hampel yöntemleri test edildikten sonra en düşük hata oranı "myriad" olarak belirlenmiş, çalışma içerisinde "myriad" ağırlığı kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında HFSS programı aracılığıyla, DMŞA antenin fiziksel koşulları simülatif olarak oluşturularak, araştırma sürecinde kullanılacak olan veri kümelerinin elde edilmesi sağlanmıştır. DMŞA' nın yama kısmının genişlik ve uzunluk kısımları ile yalıtkan ortamın yüksekliği ve yalıtkanlık sabiti için çeşitli değişken aralıklarına göre 210 adet veri üretilmiştir. 4 adet giriş değişkenine karşı elde edilen rezonans frekansını içeren bu 5 değişkenli 210 adet veri, bu çalışmanın temelini oluşturan YSA ve DVM modellemelerinde kullanılmıştır. Elde edilen modellerin doğruluk ve performans analizleri yapılmış, benzer çalışmalar için önemli sonuçlar ve yaklaşımlar elde edilmiştir.

Öncelikle HFSS programı aracılığıyla elde edilen 210 adet veri kümesi kullanılarak Matlab uygulamasında YSA ve DVM metotları uygulaması için yapılan çalışmada, oluşturulan YSA ve DVM metodu için eğitim aşamasında, aşağıdaki parametreler dikkate alınarak bir modelleme yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılanlar şöyle sıralanabilir.

- HFSS ile DMŞA tasarımı yapılması ve 210 adet veri kümesinin elde edilmesi.
- 5 değişkenli 210 verinin normalize edilmesi – Yapay Zekâ sınıflandırıcılarına uygunlaştırma.
- 180 adet verinin YSA ve DVM metotlarında eğitim sürecinde kullanılarak ağın eğitilmesi.
- 30 adet verinin YSA ve DVM metotlarında eğitim sonrası test amaçlı kullanılarak, oluşturulan model üzerinde rezonans frekanslarının elde edilmesi.
- Ortalama hata yüzdesinin hesaplanması.
- Her defasında eğitim ve test kümeleri değiştirilerek çapraz doğrulamalı tam bir sistem modellemesinin yapılması.
- Sabit bir veri üzerinde en iyi ortalama hata yüzdesinin tespiti ve çapraz doğrulama sonucunda ortalama hata yüzdesinin elde edilmesi.
- Elde edilen Sabit ve Çapraz Doğrulamalı test sonuçlarının YSA ve DVM için karşılaştırılması.

İlk olarak HFSS aracılığıyla elde edilen 5 değişkenli (L, W, H, εr, h, fr) 210 adet verinin 180 adedi ayrılarak tasarlanan ağın eğitim aşamasında, 30 adedi oluşturulan bu modelin doğruluk ve test analizlerinde kullanılmıştır. Oluşturulan modelin gerçeğe uygun bir yaklaşımla doğru sonuç üretmesi için çapraz doğrulama mimarisi kullanılarak, her defasında 180 adet eğitim veri kümesi ile 30 adet test veri kümesi kaydırılarak 7 seviyeli bir çapraz doğrulama modeli oluşturulmuştur.

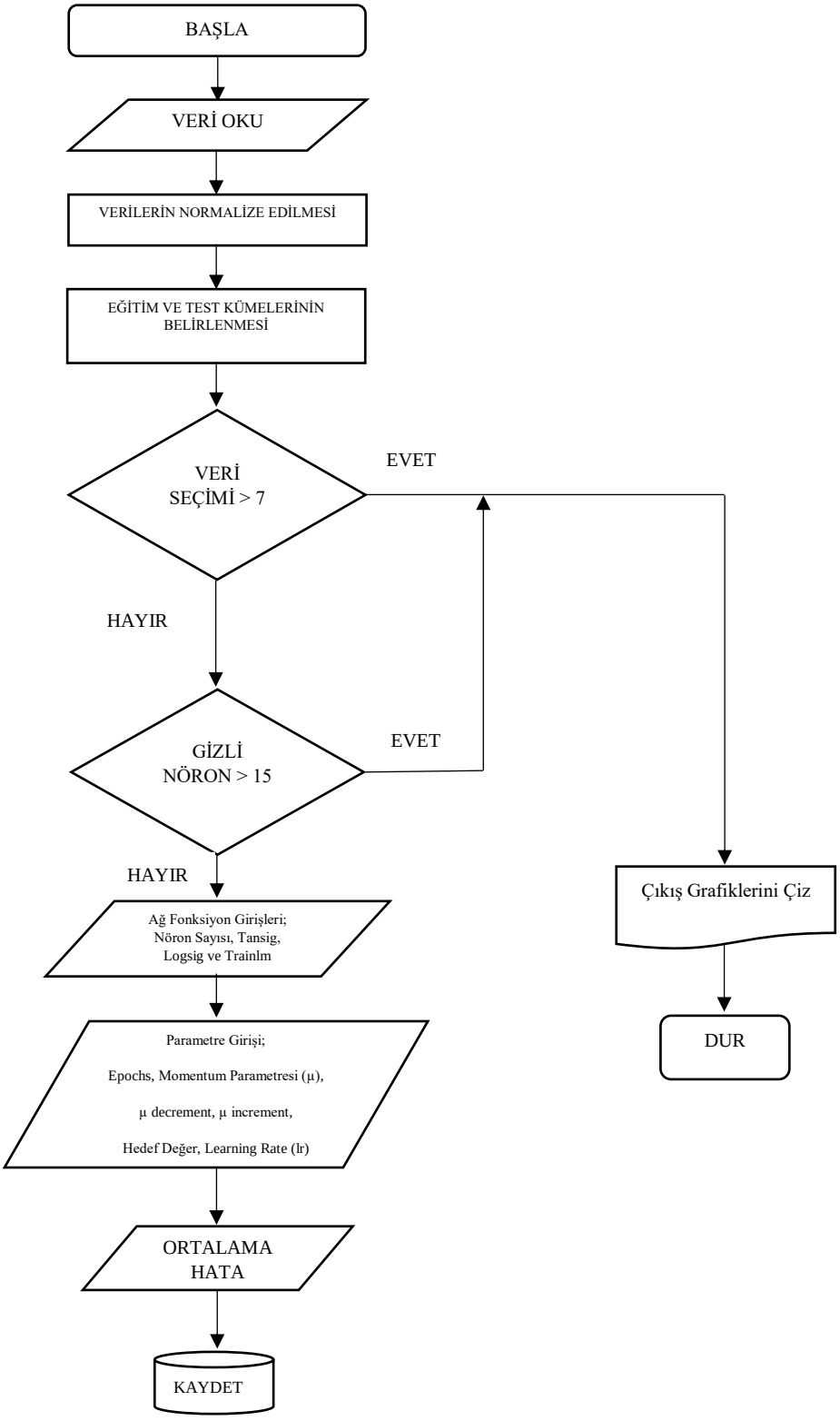
Eğitim için kullanılan 180 adet veri ile YSA ve DVM eğitimleri yapılarak, 30 adet veri için elde edilen test sonuçlarına göre OHY ve ÇDOHY bulguları elde edilmiştir.

Yapılan literatür taramasında gördüğümüz kadarıyla, YSA ve DVM metotlarıyla gerçekleştirilen anten tasarımlarında çapraz doğrulama yapılmadığı tespit edilmiş ve bu nedenle bu çalışmada en önemli hedef, ÇDOHY elde etme olmuştur.

4.1. YSA Metoduyla Yapılan Tasarım ve Elde Edilen Bulgular

Bu çalışmada Multilayer Perceptron (MLP) temelli YSA metodunda 1 gizli katman kullanılmıştır. MLP; uygun çıkış veri dizisine ile giriş kümelerini eşleştiren ileri beslemeli YSA modelidir. Gizli katman nöron sayısı seçilirken 5 nöron ile 15 nöron arasında çalışma yapılarak en iyi nöron sayısı tespit edilmiştir. En düşük OHY ve ÇDOHY için nöron sayısı 6 olarak tespit edilip, 1 gizli katmanlı ve 6 nöronlu bir YSA modeli oluşturulmuştur.

YSA modelleme ile bu tez çalışmasında yapılan işlerin akış şeması Şekil 4.1. ile gösterilmektedir.



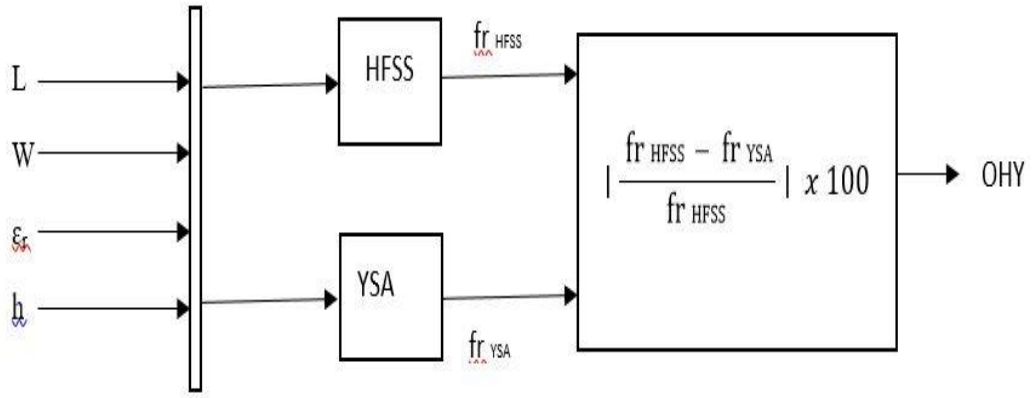
Şekil 4.1. YSA modeli akış diyagramı

YSA metoduyla ilk etapta ağın eğitilmesi için, HFSS aracılığıyla elde edilen 210 adet veri [0 , 1] aralığında normalize edilmiştir. Normalize edilirken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Normalize Edilmiş Değer} = \frac{\text{Veri Değeri} - \text{Veri Kümesi Minimum Değeri}}{\text{Veri Kümesi Maksimum Değeri} - \text{Veri Kümesi Minimum Değeri}}$$

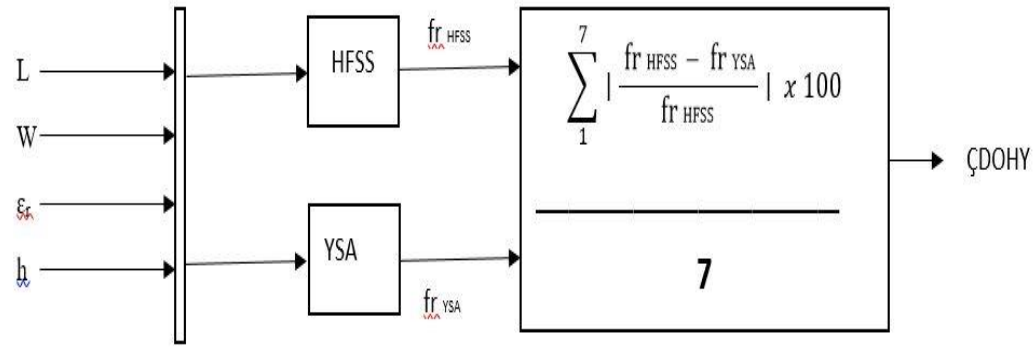
Normalize edilen değerlerle YSA' nın eğitim sürecine başlanarak, ilk etapta 180 adet veri ile belirlenen YSA parametrelerine göre ağın eğitim yapılmış ve oluşturulan model üzerinden 30 adet test kümesi için OHY değeri hesaplanmıştır. Çizelge 3.1. de gösterilen veri kümesi dağılımı yönergesine göre 7 defa eğitim ve test kümeleri kaydırılarak yeniden OHY hesaplanarak, 7 seviyeli çapraz doğrulama sonucunda, YSA için ÇDOHY değeri elde edilmiştir.

Tasarlanan YSA modeli ve HFSS programı ile elde edilen rezonans frekansları arasındaki OHY'ye ilişkin formül Şekil 4.2. de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. HFSS ve YSA sonuçlarına ilişkin OHY

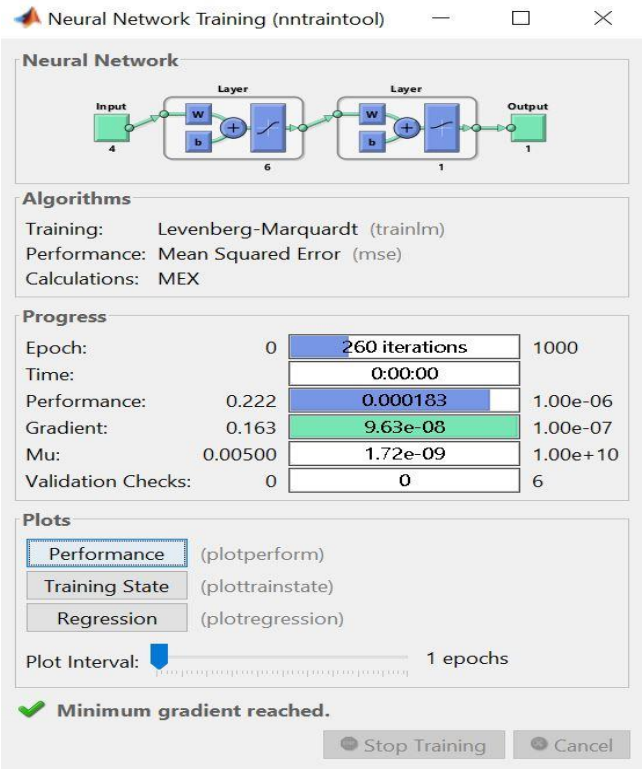
HFSS ve tasarlanan YSA modeli ilişkin bulunan değerler çapraz doğrulamaya tabi tutularak elde edilen (f_r YSA ile f_r HFSS arasında) ÇDOHY ilişkin formül Şekil 4.3. de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. HFSS ve YSA sonuçlarına ilişkin ÇDOHY

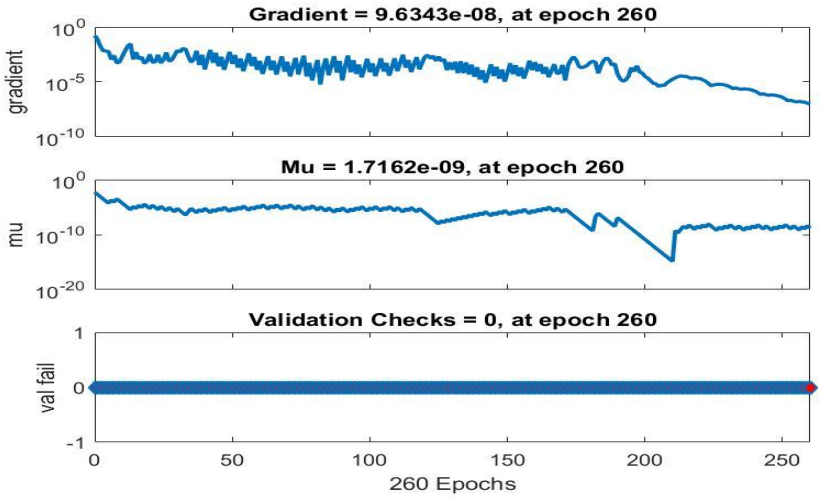
4.1.1. YSA Ağ Eğitimi Analizi

YSA ağ eğitimi Matlab uygulamasında "nntraintool" modülü kullanılarak yapılmıştır. Eğitim algoritması olarak doğruluk ve hızlı eğitimi bakımından literatürde yoğun olarak kullanılan "trainlm" kullanılmış, performans olarakta "mse" yaklaşımıyla modelleme oluşturulmuştur. Bu modele ilişkin matlab "nntraintoll" Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.



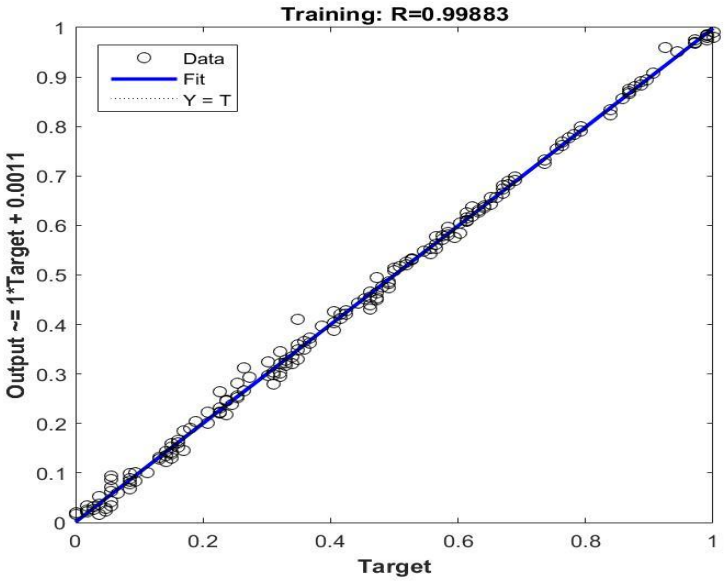
Şekil 4.4. YSA eğitim aşaması matlab gösterimi

En iyi OHY değeri için YSA eğitim sürecinde gradient ve μ epoch 260 değerinde üretilen grafik Şekil 4.5.'de gösterilmektedir.



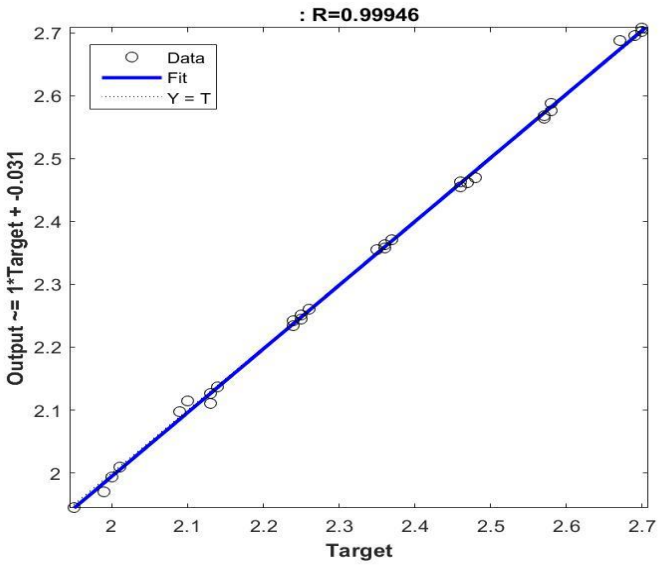
Şekil 4.5. En iyi OHY için Epoch-260' da Gradient ve μ grafiği

YSA eğitimde temel olarak en iyi hatayı bulma yaklaşımı olarak tercih edilen regresyon yöntemine ilişkin grafik Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



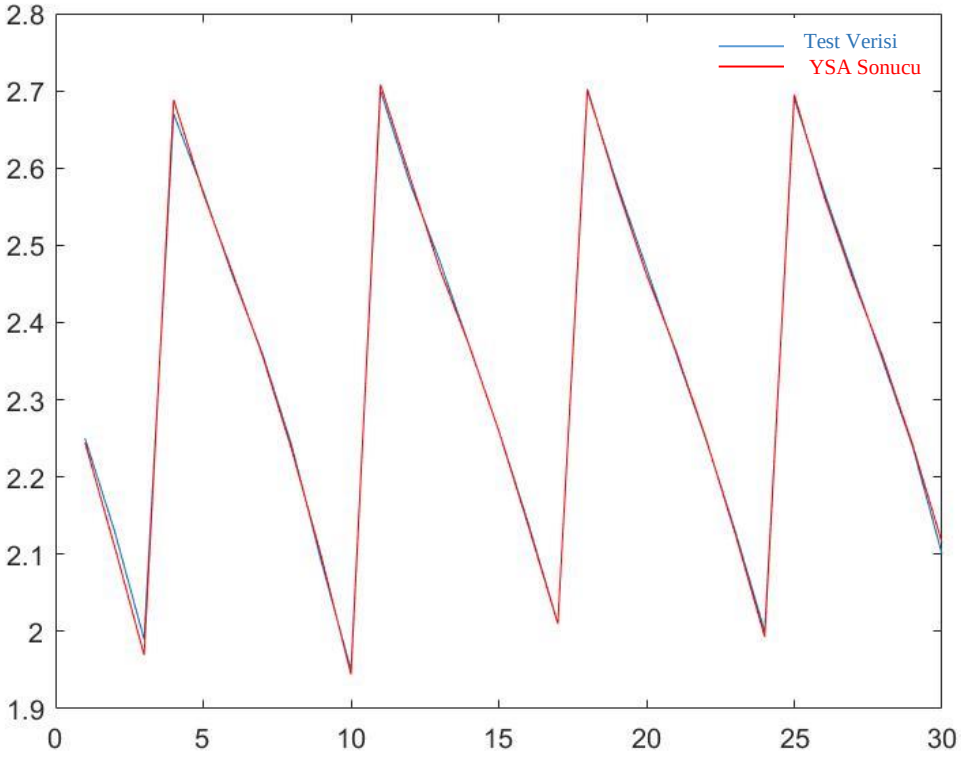
Şekil 4.6. YSA modeli regresyon grafiği

YSA modeline ilişkin elde edilen regresyon sonuç grafiği Şekil 4.7.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. YSA regresyon sonuç grafiği

YSA eğitim aşamasında 210 adet verinin 30 adedi test amaçlı kullanılarak, oluşturulan modelin doğruluğu araştırılmıştır. Bu nedenle HFSS veri kümesine ait 30 adet veri için test yapılmış, elde edilen sonuç verilerinin analizi yapılmıştır. Analize ilişkin elde edilen grafik Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Test veri kümesi ile YSA modeli sonuç karşılaştırma grafiği

Bu grafikle HFSS programından elde edilen simülatif değerlerle ile YSA modeliyle elde edilen edilen verilerin kıyası gösterilmektedir. Sonuçların gerçeğe yakın olduğu görülmektedir.

4.1.2. YSA Tasarımı ile Elde Edilen OHY ve ÇDOHY Bulguları

Çalışma sonucunda 1. veri kümesi olarak 31–210 eğitim kümesi ile, 1-30 test kümesi kullanılmıştır. 1. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.1. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. YSA 1. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	f_r HFSS (GHz)	f_r YSA (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	34	26	2,70	2,20	2,730	2,723	0,245
2	36	26	2,70	2,20	2,630	2,640	0,375
3	38	26	2,70	2,20	2,510	2,515	0,202
4	40	26	2,70	2,20	2,400	2,407	0,307
5	42	26	2,70	2,20	2,290	2,291	0,030
6	44	26	2,70	2,20	2,170	2,155	0,713
7	46	26	2,70	2,20	2,030	2,018	0,592
8	34	28	2,70	2,20	2,720	2,720	0,007
9	36	28	2,70	2,20	2,620	2,627	0,256
10	38	28	2,70	2,20	2,510	2,504	0,219
11	40	28	2,70	2,20	2,400	2,398	0,075
12	42	28	2,70	2,20	2,280	2,280	0,015
13	44	28	2,70	2,20	2,160	2,143	0,775
14	46	28	2,70	2,20	1,950	2,008	2,973
15	34	30	2,70	2,20	2,730	2,715	0,546
16	36	30	2,70	2,20	2,610	2,614	0,136
17	38	30	2,70	2,20	2,500	2,494	0,227
18	40	30	2,70	2,20	2,390	2,389	0,039
19	42	30	2,70	2,20	2,270	2,270	0,005
20	44	30	2,70	2,20	2,160	2,132	1,296
21	46	30	2,70	2,20	2,000	1,998	0,094
22	34	32	2,70	2,20	2,720	2,709	0,401
23	36	32	2,70	2,20	2,590	2,601	0,406
24	38	32	2,70	2,20	2,490	2,485	0,220
25	40	32	2,70	2,20	2,380	2,380	0,002
26	42	32	2,70	2,20	2,270	2,259	0,470
27	44	32	2,70	2,20	2,110	2,121	0,510
28	46	32	2,70	2,20	1,960	1,989	1,458
29	34	34	2,70	2,20	2,700	2,702	0,065
30	36	34	2,70	2,20	2,590	2,588	0,086
OHY - 1.Veri Seçimi							**0,425**

2. veri kümesi olarak 1-30 ; 61-210 eğitim kümesi ile, 31-60 test kümesi kullanılmıştır. 2. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.2. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. YSA 2. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	f_r HFSS (GHz)	f_r YSA (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	38	34	2,70	2,20	2,480	2,477	0,103
2	40	34	2,70	2,20	2,380	2,375	0,223
3	42	34	2,70	2,20	2,260	2,259	0,031
4	44	34	2,70	2,20	2,040	2,071	1,507
5	46	34	2,70	2,20	2,000	1,948	2,606
6	34	26	3,20	2,20	2,720	2,712	0,279
7	36	26	3,20	2,20	2,610	2,611	0,041
8	38	26	3,20	2,20	2,500	2,496	0,159
9	40	26	3,20	2,20	2,390	2,394	0,151
10	42	26	3,20	2,20	2,280	2,281	0,049
11	44	26	3,20	2,20	2,160	2,152	0,357
12	46	26	3,20	2,20	2,020	2,019	0,029
13	34	28	3,20	2,20	2,720	2,707	0,475
14	36	28	3,20	2,20	2,600	2,600	0,012
15	38	28	3,20	2,20	2,490	2,487	0,113
16	40	28	3,20	2,20	2,380	2,385	0,204
17	42	28	3,20	2,20	2,260	2,271	0,487
18	44	28	3,20	2,20	2,080	2,141	2,943
19	46	28	3,20	2,20	1,990	2,009	0,950
20	34	30	3,20	2,20	2,700	2,701	0,032
21	36	30	3,20	2,20	2,590	2,590	0,014
22	38	30	3,20	2,20	2,480	2,478	0,061
23	40	30	3,20	2,20	2,370	2,376	0,254
24	42	30	3,20	2,20	2,250	2,261	0,480
25	44	30	3,20	2,20	2,100	2,130	1,433
26	46	30	3,20	2,20	2,000	1,999	0,074
27	34	32	3,20	2,20	2,700	2,694	0,231
28	36	32	3,20	2,20	2,580	2,579	0,033
29	38	32	3,20	2,20	2,470	2,470	0,005
30	40	32	3,20	2,20	2,360	2,367	0,301
OHY - 2.Veri Seçimi							**0,455**

3. veri kümesi olarak 1-60 ; 91-210 eğitim kümesi ile, 61-90 test kümesi kullanılmıştır. 3. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.3. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. YSA 3. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	f_r HFSS (GHz)	f_r YSA (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	42	32	3,20	2,20	2,250	2,244	0,245
2	44	32	3,20	2,20	2,130	2,110	0,932
3	46	32	3,20	2,20	1,990	1,970	1,029
4	34	34	3,20	2,20	2,670	2,688	0,683
5	36	34	3,20	2,20	2,570	2,567	0,100
6	38	34	3,20	2,20	2,460	2,463	0,137
7	40	34	3,20	2,20	2,360	2,358	0,091
8	42	34	3,20	2,20	2,240	2,235	0,237
9	44	34	3,20	2,20	2,090	2,097	0,334
10	46	34	3,20	2,20	1,950	1,944	0,294
11	34	26	3,70	2,20	2,700	2,708	0,295
12	36	26	3,70	2,20	2,580	2,588	0,299
13	38	26	3,70	2,20	2,480	2,470	0,418
14	40	26	3,70	2,20	2,370	2,370	0,017
15	42	26	3,70	2,20	2,260	2,260	0,005
16	44	26	3,70	2,20	2,140	2,137	0,144
17	46	26	3,70	2,20	2,010	2,010	0,012
18	34	28	3,70	2,20	2,700	2,702	0,077
19	36	28	3,70	2,20	2,580	2,576	0,159
20	38	28	3,70	2,20	2,470	2,462	0,325
21	40	28	3,70	2,20	2,360	2,363	0,118
22	42	28	3,70	2,20	2,250	2,251	0,052
23	44	28	3,70	2,20	2,130	2,127	0,151
24	46	28	3,70	2,20	2,000	1,993	0,344
25	34	30	3,70	2,20	2,690	2,695	0,186
26	36	30	3,70	2,20	2,570	2,565	0,210
27	38	30	3,70	2,20	2,460	2,454	0,224
28	40	30	3,70	2,20	2,350	2,355	0,216
29	42	30	3,70	2,20	2,240	2,242	0,097
30	44	30	3,70	2,20	2,100	2,115	0,703
OHY - 3.Veri Seçimi							**0,271**

4. veri kümesi olarak 1-90 ; 121-210 eğitim kümesi ile, 91-120 test kümesi kullanılmıştır. 4. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.4. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. YSA 4. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$\mathbf{f_r}$ HFSS (GHz)	$\mathbf{f_r}$ YSA (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	46	30	3,70	2,20	1,940	1,977	1,888
2	34	32	3,70	2,20	2,650	2,681	1,183
3	36	32	3,70	2,20	2,560	2,558	0,093
4	38	32	3,70	2,20	2,450	2,450	0,010
5	40	32	3,70	2,20	2,350	2,349	0,043
6	42	32	3,70	2,20	2,230	2,232	0,091
7	44	32	3,70	2,20	2,100	2,098	0,072
8	46	32	3,70	2,20	1,940	1,965	1,302
9	34	34	3,70	2,20	2,670	2,671	0,047
10	36	34	3,70	2,20	2,560	2,547	0,504
11	38	34	3,70	2,20	2,450	2,442	0,325
12	40	34	3,70	2,20	2,340	2,340	0,012
13	42	34	3,70	2,20	2,220	2,222	0,070
14	44	34	3,70	2,20	2,100	2,087	0,632
15	46	34	3,70	2,20	1,950	1,954	0,200
16	34	26	2,70	3,20	2,360	2,352	0,329
17	36	26	2,70	3,20	2,230	2,239	0,408
18	38	26	2,70	3,20	2,120	2,126	0,279
19	40	26	2,70	3,20	2,030	2,029	0,039
20	42	26	2,70	3,20	1,940	1,944	0,182
21	44	26	2,70	3,20	1,830	1,841	0,594
22	46	26	2,70	3,20	1,730	1,728	0,141
23	34	28	2,70	3,20	2,350	2,342	0,326
24	36	28	2,70	3,20	2,220	2,228	0,362
25	38	28	2,70	3,20	2,120	2,115	0,215
26	40	28	2,70	3,20	2,020	2,020	0,001
27	42	28	2,70	3,20	1,930	1,934	0,198
28	44	28	2,70	3,20	1,830	1,829	0,059
29	46	28	2,70	3,20	1,710	1,719	0,535
30	34	30	2,70	3,20	2,340	2,332	0,331
OHY - 4.Veri Seçimi							**0,349**

5. veri kümesi olarak 1-120 ; 151-210 eğitim kümesi ile, 121-150 test kümesi kullanılmıştır. 5. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY ise Çizelge 4.5. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. YSA 5. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	f_r HFSS (GHz)	f_r YSA (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	36	30	2,70	3,20	2,210	2,210	0,020
2	38	30	2,70	3,20	2,110	2,097	0,597
3	40	30	2,70	3,20	2,020	2,001	0,953
4	42	30	2,70	3,20	1,920	1,912	0,431
5	44	30	2,70	3,20	1,820	1,803	0,956
6	46	30	2,70	3,20	1,690	1,709	1,119
7	34	32	2,70	3,20	2,330	2,317	0,569
8	36	32	2,70	3,20	2,200	2,192	0,380
9	38	32	2,70	3,20	2,100	2,078	1,068
10	40	32	2,70	3,20	2,010	1,980	1,493
11	42	32	2,70	3,20	1,840	1,876	1,947
12	44	32	2,70	3,20	1,730	1,785	3,198
13	46	32	2,70	3,20	1,670	1,701	1,885
14	34	34	2,70	3,20	2,320	2,299	0,884
15	36	34	2,70	3,20	2,170	2,173	0,134
16	38	34	2,70	3,20	2,050	2,058	0,395
17	40	34	2,70	3,20	1,850	1,960	5,944
18	42	34	2,70	3,20	1,790	1,857	3,737
19	44	34	2,70	3,20	1,740	1,770	1,722
20	46	34	2,70	3,20	1,710	1,695	0,854
21	34	26	3,20	3,20	2,330	2,335	0,209
22	36	26	3,20	3,20	2,200	2,198	0,098
23	38	26	3,20	3,20	2,060	2,065	0,245
24	40	26	3,20	3,20	1,910	1,931	1,086
25	42	26	3,20	3,20	1,840	1,841	0,042
26	44	26	3,20	3,20	1,770	1,771	0,030
27	46	26	3,20	3,20	1,730	1,716	0,781
28	34	28	3,20	3,20	2,320	2,319	0,046
29	36	28	3,20	3,20	2,190	2,181	0,404
30	38	28	3,20	3,20	2,050	2,049	0,048
OHY - 5.Veri Seçimi							**1,043**

6. veri kümesi olarak 1-150 ; 181-210 eğitim kümesi ile, 151-180 test kümesi kullanılmıştır. 6. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY ise Çizelge 4.6. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. YSA 6. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$\mathbf{f_r}$ HFSS (GHz)	$\mathbf{f_r}$ YSA (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	40	28	3,20	3,20	1,910	1,924	0,742
2	42	28	3,20	3,20	1,840	1,840	0,011
3	44	28	3,20	3,20	1,760	1,776	0,905
4	46	28	3,20	3,20	1,710	1,713	0,147
5	34	30	3,20	3,20	2,320	2,324	0,164
6	36	30	3,20	3,20	2,190	2,191	0,057
7	38	30	3,20	3,20	2,040	2,029	0,545
8	40	30	3,20	3,20	1,920	1,912	0,427
9	42	30	3,20	3,20	1,830	1,832	0,116
10	44	30	3,20	3,20	1,730	1,770	2,308
11	46	30	3,20	3,20	1,700	1,704	0,211
12	34	32	3,20	3,20	2,310	2,317	0,321
13	36	32	3,20	3,20	2,170	2,177	0,340
14	38	32	3,20	3,20	2,010	2,013	0,158
15	40	32	3,20	3,20	1,890	1,900	0,540
16	42	32	3,20	3,20	1,820	1,825	0,278
17	44	32	3,20	3,20	1,760	1,764	0,238
18	46	32	3,20	3,20	1,700	1,692	0,460
19	34	34	3,20	3,20	2,300	2,310	0,414
20	36	34	3,20	3,20	2,170	2,162	0,385
21	38	34	3,20	3,20	1,990	1,997	0,368
22	40	34	3,20	3,20	1,870	1,890	1,054
23	42	34	3,20	3,20	1,830	1,819	0,606
24	44	34	3,20	3,20	1,760	1,737	1,326
25	46	34	3,20	3,20	1,690	1,688	0,124
26	34	26	3,70	3,20	2,320	2,320	0,019
27	36	26	3,70	3,20	2,190	2,197	0,329
28	38	26	3,70	3,20	2,060	2,056	0,178
29	40	26	3,70	3,20	1,920	1,916	0,232
30	42	26	3,70	3,20	1,850	1,827	1,219
OHY - 6.Veri Seçimi							**0,474**

7. veri kümesi olarak 1-180 eğitim kümesi ile, 181-210 test kümesi kullanılmıştır. 7. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.7. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. YSA 7. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	f_r HFSS (GHz)	f_r YSA (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	44	26	3,70	3,20	1,730	1,773	2,459
2	46	26	3,70	3,20	1,730	1,723	0,395
3	34	28	3,70	3,20	2,310	2,303	0,300
4	36	28	3,70	3,20	2,180	2,179	0,023
5	38	28	3,70	3,20	2,040	2,037	0,141
6	40	28	3,70	3,20	1,910	1,917	0,355
7	42	28	3,70	3,20	1,820	1,831	0,609
8	44	28	3,70	3,20	1,770	1,768	0,105
9	46	28	3,70	3,20	1,720	1,720	0,003
10	34	30	3,70	3,20	2,290	2,293	0,118
11	36	30	3,70	3,20	2,160	2,166	0,271
12	38	30	3,70	3,20	2,040	2,024	0,770
13	40	30	3,70	3,20	1,890	1,908	0,938
14	42	30	3,70	3,20	1,830	1,825	0,266
15	44	30	3,70	3,20	1,760	1,764	0,219
16	46	30	3,70	3,20	1,690	1,717	1,600
17	34	32	3,70	3,20	2,290	2,282	0,352
18	36	32	3,70	3,20	2,150	2,152	0,097
19	38	32	3,70	3,20	2,010	2,012	0,089
20	40	32	3,70	3,20	1,860	1,899	2,101
21	42	32	3,70	3,20	1,810	1,819	0,521
22	44	32	3,70	3,20	1,760	1,760	0,017
23	46	32	3,70	3,20	1,720	1,714	0,341
24	34	34	3,70	3,20	2,270	2,271	0,035
25	36	34	3,70	3,20	2,140	2,138	0,082
26	38	34	3,70	3,20	2,010	2,000	0,515
27	40	34	3,70	3,20	1,910	1,891	1,005
28	42	34	3,70	3,20	1,810	1,814	0,217
29	44	34	3,70	3,20	1,760	1,756	0,247
30	46	34	3,70	3,20	1,670	1,711	2,476
OHY - 7.Veri Seçimi							**0,555**

7 seviyeli çapraz doğrulama neticesinde elde edilen YSA modelli f_r bulma problemine bir yaklaşım olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. YSA modelleme ile 7 seviyeli ÇDOHY değerleri

Veri Seçimi	OHY
1	0,425
2	0,455
3	**0,271**
4	0,349
5	1,043
6	0,474
7	0,555
ÇDOHY - YSA	**0,510**

Çizelge 4.8.'de görüldüğü gibi tasarımı yapılan YSA ile en iyi OHY değeri 3.veri seçimi parçasında, **0,271** olarak bulunmuştur. Çapraz doğrulama tekniği uygulamasıyla bulunan YSA modeli için ÇDOHY değeri, **0,510** olarak bulunmuştur.

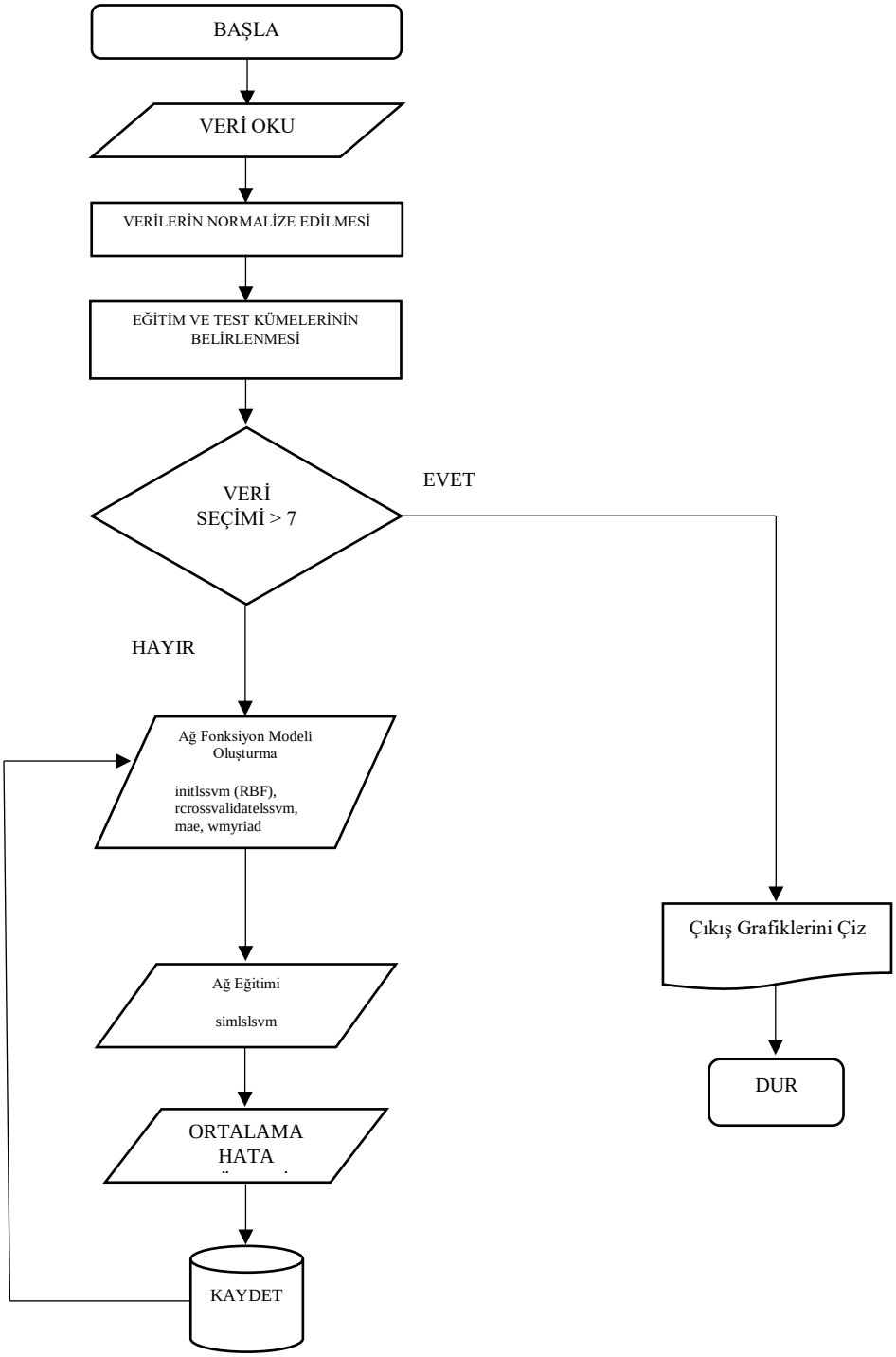
4.2. DVM Metoduyla Yapılan Tasarım ve Elde Edilen Bulgular

DVM metoduyla ilk etapta ağın eğitilmesi için, HFSS aracılığıyla elde edilen 210 adet verinin metotta kullanılması için [0 - 1] aralığında normalizasyonu yapılmıştır. Normalize edilirken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Normalize Edilmiş Değer} = \frac{\text{Veri Değeri} - \text{Veri Kümesi Minimum Değeri}}{\text{Veri Kümesi Maksimum Değeri} - \text{Veri Kümesi Minimum Değeri}}$$

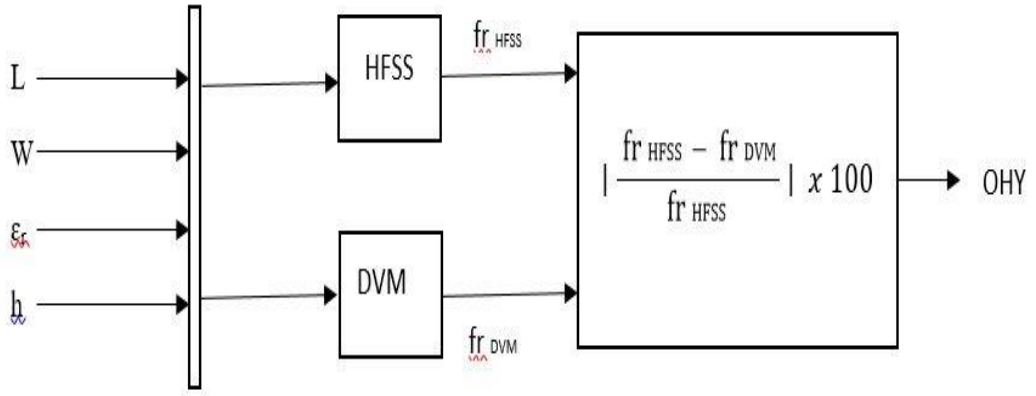
YSA metoduna benzer şekilde normalize edilen değerlerle DVM' in eğitim sürecine başlanarak, ilk etapta 180 adet veri ile belirlenen DVM parametrelerine göre ağın eğitimi yapılmış ve oluşturulan model üzerinden 30 adet test kümesi için OHY değeri hesaplanmıştır. Şekil 3.12. de gösterilen veri kümesi dağılımı yönergesine göre 7 defa eğitim ve test kümeleri kaydırılarak yeniden OHY hesaplanarak, 7 seviyeli çapraz doğrulama sonucu olarak DVM için ÇDOHY sonucu elde edilmiştir.

DVM modelleme ile bu tez çalışmasında yapılan işlemlere ait blok diyagram Şekil 4.9. ile gösterilmektedir.



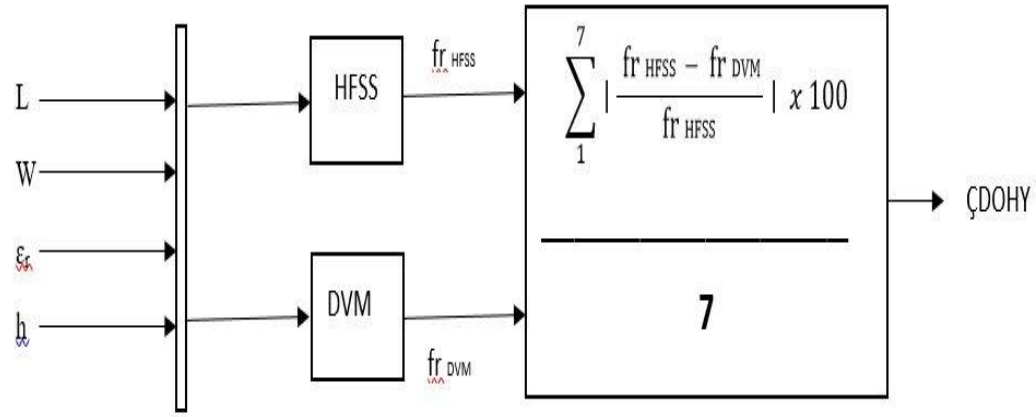
Şekil 4.9. DVM modeli akış diyagramı

Tasarlanan DVM modeli ile HFSS programı ile elde edilen rezonans frekansları arasındaki (f_r DVM ile f_r HFSS arasında) OHY ilişkin formül Şekil 4.10.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. HFSS ve DVM sonuçlarına ilişkin OHY

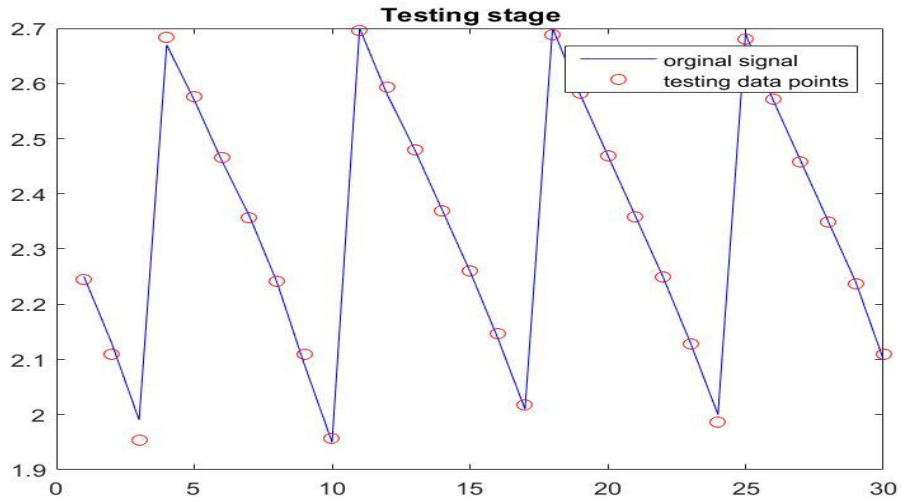
DMŞA' ya ait rezonans frekansı ve tasarlanan DVM modeline ilişkin bulunan değerler çapraz doğrulamaya tabi tutularak (f_r DVM ile f_r HFSS arasında) ÇDOHY ilişkin formül Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. HFSS ve DVM sonuçlarına ilişkin ÇDOHY

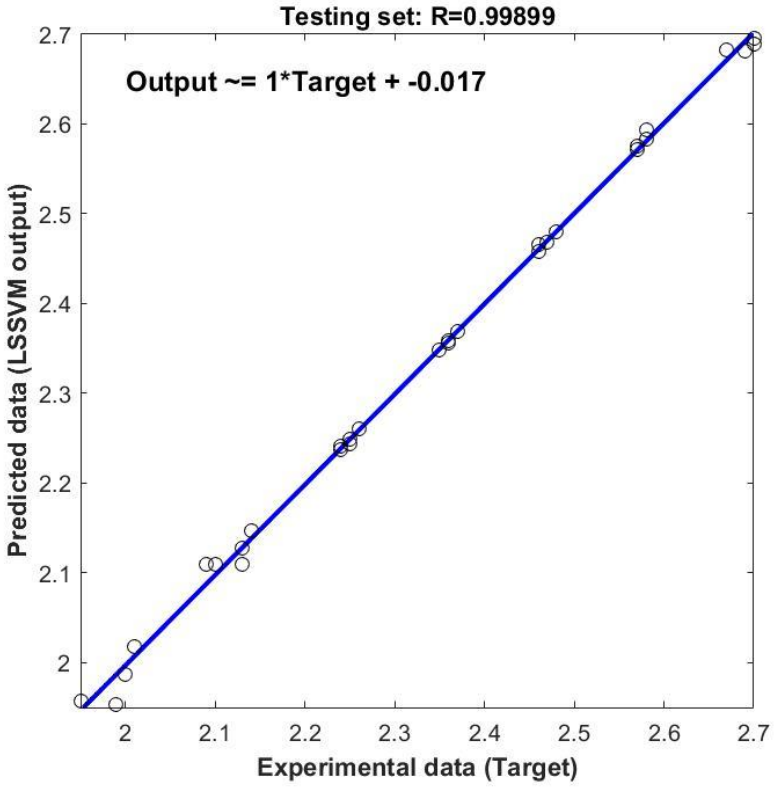
4.2.1. DVM Ağ Eğitimi Analizi

DVM modeli ile tasarlanan çalışmada test aşamasına ait grafik Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.



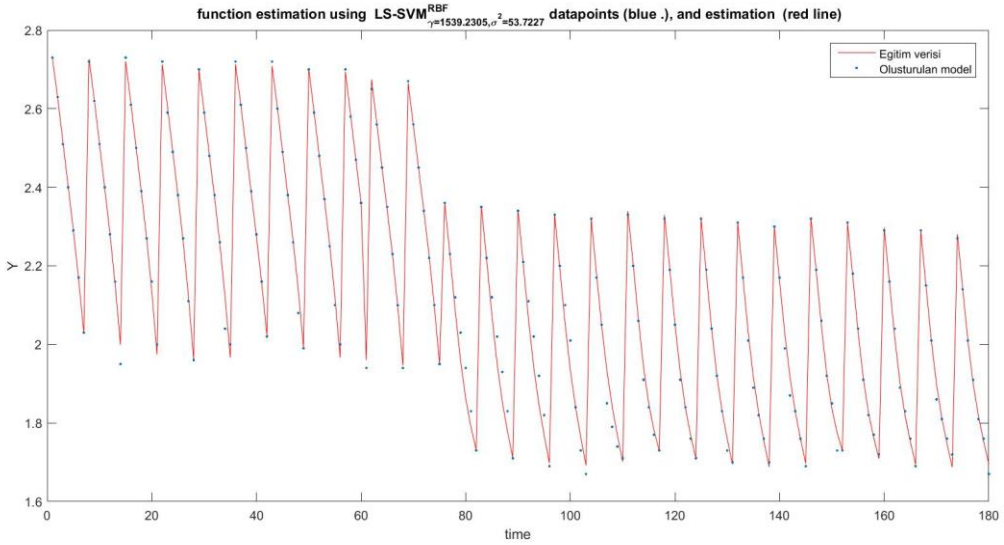
Şekil 4.12. DVM test etme aşaması grafiği

HFSS arayüzünde elde edilen veri kümesi ile tasarlana DVM tarafından tahmin edilen veri kümesine ait grafik Şekil 4.13. de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. HFSS veri kümesi ile DVM veri tahmin grafiği

LS-SVM RBF çekirdeği kullanılarak oluşturulan modelin HFSS programından elde edilen simülatif değerlerle ile DVM modeliyle elde edilen verilerin kıyası Şekil 4.14. de gösterilmektedir.



Şekil 4.14. LS-SVM RBF çekirdeği ile fonksiyon tahmini grafiği

Bu grafikle HFSS programından elde edilen simülatif değerlerle ile DVM modeliyle elde edilen verilerin kıyası gösterilmektedir. Sonuçların gerçeğe yakın olduğu görülmektedir.

4.2.2. DVM Tasarımı ile Elde Edilen OHY ve ÇDOHY Bulguları

Çalışma sonucunda 1. veri kümesi olarak 31–210 eğitim kümesi ile, 1-30 test kümesi kullanılmıştır. 1. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.9. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. DVM 1. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$f_{r\ HFSS}$ (GHz)	$f_{r\ DVM}$ (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	34	26	2,70	2,20	2,730	2,733	0,123
2	36	26	2,70	2,20	2,630	2,630	0,012
3	38	26	2,70	2,20	2,510	2,521	0,434
4	40	26	2,70	2,20	2,400	2,411	0,475
5	42	26	2,70	2,20	2,290	2,294	0,192
6	44	26	2,70	2,20	2,170	2,163	0,309
7	46	26	2,70	2,20	2,030	2,024	0,307
8	34	28	2,70	2,20	2,720	2,732	0,440
9	36	28	2,70	2,20	2,620	2,624	0,149
10	38	28	2,70	2,20	2,510	2,512	0,065
11	40	28	2,70	2,20	2,400	2,400	0,006
12	42	28	2,70	2,20	2,280	2,280	0,000
13	44	28	2,70	2,20	2,160	2,143	0,796
14	46	28	2,70	2,20	1,950	1,993	2,197
15	34	30	2,70	2,20	2,730	2,719	0,407
16	36	30	2,70	2,20	2,610	2,612	0,064
17	38	30	2,70	2,20	2,500	2,500	0,009
18	40	30	2,70	2,20	2,390	2,389	0,048
19	42	30	2,70	2,20	2,270	2,267	0,113
20	44	30	2,70	2,20	2,160	2,125	1,612
21	46	30	2,70	2,20	2,000	1,967	1,658
22	34	32	2,70	2,20	2,720	2,702	0,672
23	36	32	2,70	2,20	2,590	2,599	0,345
24	38	32	2,70	2,20	2,490	2,491	0,039
25	40	32	2,70	2,20	2,380	2,381	0,061
26	42	32	2,70	2,20	2,270	2,260	0,458
27	44	32	2,70	2,20	2,110	2,115	0,219
28	46	32	2,70	2,20	1,960	1,952	0,386
29	34	34	2,70	2,20	2,700	2,682	0,680
30	36	34	2,70	2,20	2,590	2,586	0,165
OHY - 1.Veri Seçimi							**0,415**

2. veri kümesi olarak 1-30 ; 61-210 eğitim kümesi ile, 31-60 test kümesi kullanılmıştır. 2. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.10. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. DVM 2. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$f_{r\ HFSS}$ (GHz)	$f_{r\ DVM}$ (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	38	34	2,70	2,20	2,480	2,479	0,039
2	40	34	2,70	2,20	2,380	2,366	0,575
3	42	34	2,70	2,20	2,260	2,240	0,885
4	44	34	2,70	2,20	2,040	2,096	2,737
5	46	34	2,70	2,20	2,000	1,951	2,450
6	34	26	3,20	2,20	2,720	2,716	0,142
7	36	26	3,20	2,20	2,610	2,613	0,105
8	38	26	3,20	2,20	2,500	2,500	0,019
9	40	26	3,20	2,20	2,390	2,389	0,033
10	42	26	3,20	2,20	2,280	2,274	0,246
11	44	26	3,20	2,20	2,160	2,150	0,451
12	46	26	3,20	2,20	2,020	2,024	0,219
13	34	28	3,20	2,20	2,720	2,714	0,237
14	36	28	3,20	2,20	2,600	2,603	0,124
15	38	28	3,20	2,20	2,490	2,490	0,006
16	40	28	3,20	2,20	2,380	2,381	0,021
17	42	28	3,20	2,20	2,260	2,266	0,262
18	44	28	3,20	2,20	2,080	2,137	2,760
19	46	28	3,20	2,20	1,990	2,003	0,672
20	34	30	3,20	2,20	2,700	2,706	0,233
21	36	30	3,20	2,20	2,590	2,593	0,117
22	38	30	3,20	2,20	2,480	2,480	0,012
23	40	30	3,20	2,20	2,370	2,372	0,073
24	42	30	3,20	2,20	2,250	2,255	0,217
25	44	30	3,20	2,20	2,100	2,120	0,966
26	46	30	3,20	2,20	2,000	1,979	1,058
27	34	32	3,20	2,20	2,700	2,699	0,055
28	36	32	3,20	2,20	2,580	2,585	0,212
29	38	32	3,20	2,20	2,470	2,473	0,138
30	40	32	3,20	2,20	2,360	2,364	0,153
OHY - 2.Veri Seçimi							**0,507**

3. veri kümesi olarak 1-60 ; 91-210 eğitim kümesi ile, 61-90 test kümesi kullanılmıştır. 3. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.11. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. DVM 3. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$f_{r\ HFSS}$ (GHz)	$f_{r\ DVM}$ (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	42	32	3,20	2,20	2,250	2,244	0,256
2	44	32	3,20	2,20	2,130	2,110	0,959
3	46	32	3,20	2,20	1,990	1,953	1,856
4	34	34	3,20	2,20	2,670	2,683	0,487
5	36	34	3,20	2,20	2,570	2,576	0,228
6	38	34	3,20	2,20	2,460	2,465	0,210
7	40	34	3,20	2,20	2,360	2,356	0,156
8	42	34	3,20	2,20	2,240	2,241	0,061
9	44	34	3,20	2,20	2,090	2,109	0,900
10	46	34	3,20	2,20	1,950	1,957	0,383
11	34	26	3,70	2,20	2,700	2,696	0,153
12	36	26	3,70	2,20	2,580	2,594	0,532
13	38	26	3,70	2,20	2,480	2,480	0,008
14	40	26	3,70	2,20	2,370	2,369	0,052
15	42	26	3,70	2,20	2,260	2,261	0,037
16	44	26	3,70	2,20	2,140	2,146	0,291
17	46	26	3,70	2,20	2,010	2,018	0,399
18	34	28	3,70	2,20	2,700	2,689	0,413
19	36	28	3,70	2,20	2,580	2,583	0,111
20	38	28	3,70	2,20	2,470	2,469	0,044
21	40	28	3,70	2,20	2,360	2,359	0,045
22	42	28	3,70	2,20	2,250	2,249	0,034
23	44	28	3,70	2,20	2,130	2,127	0,128
24	46	28	3,70	2,20	2,000	1,986	0,682
25	34	30	3,70	2,20	2,690	2,681	0,342
26	36	30	3,70	2,20	2,570	2,572	0,067
27	38	30	3,70	2,20	2,460	2,458	0,086
28	40	30	3,70	2,20	2,350	2,349	0,063
29	42	30	3,70	2,20	2,240	2,237	0,135
30	44	30	3,70	2,20	2,100	2,109	0,449
OHY - 3.Veri Seçimi							**0,319**

4. veri kümesi olarak 1-90 ; 121-210 eğitim kümesi ile, 91-120 test kümesi kullanılmıştır. 4. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.12. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. DVM 4. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$f_{r\ HFSS}$ (GHz)	$f_{r\ DVM}$ (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	46	30	3,70	2,20	1,940	1,983	2,229
2	34	32	3,70	2,20	2,650	2,672	0,842
3	36	32	3,70	2,20	2,560	2,562	0,093
4	38	32	3,70	2,20	2,450	2,451	0,048
5	40	32	3,70	2,20	2,350	2,344	0,266
6	42	32	3,70	2,20	2,230	2,232	0,108
7	44	32	3,70	2,20	2,100	2,110	0,467
8	46	32	3,70	2,20	1,940	1,983	2,195
9	34	34	3,70	2,20	2,670	2,661	0,334
10	36	34	3,70	2,20	2,560	2,556	0,144
11	38	34	3,70	2,20	2,450	2,446	0,150
12	40	34	3,70	2,20	2,340	2,337	0,126
13	42	34	3,70	2,20	2,220	2,224	0,183
14	44	34	3,70	2,20	2,100	2,104	0,172
15	46	34	3,70	2,20	1,950	1,984	1,744
16	34	26	2,70	3,20	2,360	2,350	0,417
17	36	26	2,70	3,20	2,230	2,220	0,441
18	38	26	2,70	3,20	2,120	2,088	1,520
19	40	26	2,70	3,20	2,030	1,969	2,988
20	42	26	2,70	3,20	1,940	1,871	3,577
21	44	26	2,70	3,20	1,830	1,791	2,140
22	46	26	2,70	3,20	1,730	1,732	0,090
23	34	28	2,70	3,20	2,350	2,351	0,060
24	36	28	2,70	3,20	2,220	2,221	0,054
25	38	28	2,70	3,20	2,120	2,091	1,376
26	40	28	2,70	3,20	2,020	1,974	2,279
27	42	28	2,70	3,20	1,930	1,873	2,962
28	44	28	2,70	3,20	1,830	1,785	2,472
29	46	28	2,70	3,20	1,710	1,712	0,140
30	34	30	2,70	3,20	2,340	2,348	0,331
OHY - 4.Veri Seçimi							**0,998**

5. veri kümesi olarak 1-120 ; 151-210 eğitim kümesi ile, 121-150 test kümesi kullanılmıştır. 5. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.13. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. DVM 5. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$f_{r\ HFSS}$ (GHz)	$f_{r\ DVM}$ (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	36	30	2,70	3,20	2,210	2,212	0,071
2	38	30	2,70	3,20	2,110	2,074	1,692
3	40	30	2,70	3,20	2,020	1,961	2,929
4	42	30	2,70	3,20	1,920	1,872	2,488
5	44	30	2,70	3,20	1,820	1,792	1,554
6	46	30	2,70	3,20	1,690	1,714	1,403
7	34	32	2,70	3,20	2,330	2,331	0,042
8	36	32	2,70	3,20	2,200	2,186	0,618
9	38	32	2,70	3,20	2,100	2,038	2,933
10	40	32	2,70	3,20	2,010	1,922	4,354
11	42	32	2,70	3,20	1,840	1,840	0,018
12	44	32	2,70	3,20	1,730	1,772	2,434
13	46	32	2,70	3,20	1,670	1,709	2,314
14	34	34	2,70	3,20	2,320	2,319	0,064
15	36	34	2,70	3,20	2,170	2,169	0,050
16	38	34	2,70	3,20	2,050	2,018	1,559
17	40	34	2,70	3,20	1,850	1,901	2,757
18	42	34	2,70	3,20	1,790	1,819	1,598
19	44	34	2,70	3,20	1,740	1,752	0,676
20	46	34	2,70	3,20	1,710	1,694	0,945
21	34	26	3,20	3,20	2,330	2,335	0,195
22	36	26	3,20	3,20	2,200	2,211	0,496
23	38	26	3,20	3,20	2,060	2,084	1,182
24	40	26	3,20	3,20	1,910	1,972	3,228
25	42	26	3,20	3,20	1,840	1,875	1,905
26	44	26	3,20	3,20	1,770	1,790	1,121
27	46	26	3,20	3,20	1,730	1,721	0,515
28	34	28	3,20	3,20	2,320	2,327	0,320
29	36	28	3,20	3,20	2,190	2,201	0,524
30	38	28	3,20	3,20	2,050	2,067	0,822
OHY - 5.Veri Seçimi							**1,360**

6. veri kümesi olarak 1-150 ; 181-210 eğitim kümesi ile, 151-180 test kümesi kullanılmıştır. 6. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.14. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. DVM 6. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$f_{r\ HFSS}$ (GHz)	$f_{r\ DVM}$ (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	40	28	3,20	3,20	1,910	1,960	2,626
2	42	28	3,20	3,20	1,840	1,869	1,595
3	44	28	3,20	3,20	1,760	1,785	1,429
4	46	28	3,20	3,20	1,710	1,706	0,229
5	34	30	3,20	3,20	2,320	2,318	0,069
6	36	30	3,20	3,20	2,190	2,169	0,960
7	38	30	3,20	3,20	2,040	2,041	0,049
8	40	30	3,20	3,20	1,920	1,935	0,776
9	42	30	3,20	3,20	1,830	1,844	0,767
10	44	30	3,20	3,20	1,730	1,762	1,825
11	46	30	3,20	3,20	1,700	1,686	0,805
12	34	32	3,20	3,20	2,310	2,309	0,041
13	36	32	3,20	3,20	2,170	2,159	0,525
14	38	32	3,20	3,20	2,010	2,030	0,973
15	40	32	3,20	3,20	1,890	1,922	1,683
16	42	32	3,20	3,20	1,820	1,829	0,494
17	44	32	3,20	3,20	1,760	1,745	0,833
18	46	32	3,20	3,20	1,700	1,671	1,701
19	34	34	3,20	3,20	2,300	2,303	0,133
20	36	34	3,20	3,20	2,170	2,158	0,566
21	38	34	3,20	3,20	1,990	2,031	2,056
22	40	34	3,20	3,20	1,870	1,922	2,785
23	42	34	3,20	3,20	1,830	1,826	0,228
24	44	34	3,20	3,20	1,760	1,739	1,221
25	46	34	3,20	3,20	1,690	1,663	1,620
26	34	26	3,70	3,20	2,320	2,325	0,196
27	36	26	3,70	3,20	2,190	2,193	0,126
28	38	26	3,70	3,20	2,060	2,076	0,778
29	40	26	3,70	3,20	1,920	1,976	2,916
30	42	26	3,70	3,20	1,850	1,887	2,027
OHY - 6.Veri Seçimi							**1,068**

7. veri kümesi olarak 1-180 eğitim kümesi ile, 181-210 test kümesi kullanılmıştır. 7. veri kümesi ile elde edilen elektriksel ve fiziksel parametrelere ilişkin seçimler ve OHY Çizelge 4.15. ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. DVM 7. veri kümesi için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

Sıra No	**L** (mm)	**W** (mm)	**h** (mm)	ε_r	$f_{r\ HFSS}$ (GHz)	$f_{r\ DVM}$ (GHz)	**Hata Yüzdesi** (%)
1	44	26	3,70	3,20	1,730	1,775	2,617
2	46	26	3,70	3,20	1,730	1,714	0,904
3	34	28	3,70	3,20	2,310	2,306	0,184
4	36	28	3,70	3,20	2,180	2,163	0,759
5	38	28	3,70	3,20	2,040	2,028	0,592
6	40	28	3,70	3,20	1,910	1,914	0,208
7	42	28	3,70	3,20	1,820	1,822	0,131
8	44	28	3,70	3,20	1,770	1,747	1,277
9	46	28	3,70	3,20	1,720	1,688	1,865
10	34	30	3,70	3,20	2,290	2,296	0,278
11	36	30	3,70	3,20	2,160	2,149	0,521
12	38	30	3,70	3,20	2,040	2,010	1,447
13	40	30	3,70	3,20	1,890	1,896	0,332
14	42	30	3,70	3,20	1,830	1,806	1,326
15	44	30	3,70	3,20	1,760	1,732	1,585
16	46	30	3,70	3,20	1,690	1,674	0,928
17	34	32	3,70	3,20	2,290	2,290	0,004
18	36	32	3,70	3,20	2,150	2,141	0,432
19	38	32	3,70	3,20	2,010	2,003	0,363
20	40	32	3,70	3,20	1,860	1,890	1,614
21	42	32	3,70	3,20	1,810	1,801	0,479
22	44	32	3,70	3,20	1,760	1,729	1,739
23	46	32	3,70	3,20	1,720	1,673	2,706
24	34	34	3,70	3,20	2,270	2,285	0,679
25	36	34	3,70	3,20	2,140	2,140	0,005
26	38	34	3,70	3,20	2,010	2,006	0,190
27	40	34	3,70	3,20	1,910	1,898	0,647
28	42	34	3,70	3,20	1,810	1,812	0,131
29	44	34	3,70	3,20	1,760	1,743	0,949
30	46	34	3,70	3,20	1,670	1,690	1,207
OHY - 7.Veri Seçimi							**0,870**

7 seviyeli çapraz doğrulama neticesinde elde edilen DVM modelli f_r bulma problemi için elde edilen sonuç çizelgesi Çizelge 4.16. da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. DVM modelleme ile 7 seviyeli ÇDOHY değerleri

Veri Seçimi	OHY
1	0,415
2	0,507
3	**0,319**
4	0,998
5	1,360
6	1,068
7	0,870
ÇDOHY - DVM	**0,791**

Tasarımı yapılan DVM modelleme ile en iyi OHY değeri 3.veri seçimi parçasında **0,319** olarak bulunmuştur. Çapraz doğrulama tekniği uygulamasıyla bulunan DVM modeli için ÇDOHY değeri **0,791** olarak bulunmuştur.

4.3. YSA ve DVM Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Tartışılması

Modellenen yapay zekâ metotlarına uygulanan çapraz doğrulama ile bulunan hata yüzdelerinin YSA ve DVM OHY – ÇDOHY değerlendirme tablosu Çizelge 4.17. de verilmiştir.

Çizelge 4.17. YSA ve DVM OHY - ÇDOHY değerleri

Veri Seçimi	**OHY**YSA	**OHY**DVM
1	0,425	0,4147
2	0,455	0,507
3	**0,271**	**0,319**
4	0,349	0,998
5	1,043	1,360
6	0,474	1,068
7	0,555	0,870
ÇDOHY	**0,510**	**0,791**

Yukarıdaki çizelgeden görüldüğü gibi YSA ve DVM metotları ve çapraz doğrulama yaklaşımı kullanılarak yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar ışığında, her iki metot ile 3. veri kümesi için en düşük OHY değeri bulunmuştur. Bu değerler YSA ve DVM için sırasıyla 0,271 ve 0,319 olarak görülmektedir.

Eğitim ve test kümeleri değiştirildiğinde tasarlanan modelin OHY değerleri farklı çıkmaktadır. Mesela yukarıdaki çizelgede 3.veri grubu için çıkan YSA-OHY değeri 0,271 olarak en düşük seviyede olmasına karşılık çalışmanın bu şekilde bırakılması model güvenirliliği açısından yanıltıcı sonuçlar verecektir. Çalışmaya çapraz doğrulama katıldığında ise tasarlanan model hakkında daha güvenilir ÇDOHY değeri elde edilmiş ve bu değer 0,510 olarak bulunmuştur.

Literatürde, benzer çalışmalar için bulunan sonuçlarla bu çalışmada bulunan sonuçlara ilişkin Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Yapılan çalışma ve literatür karşılaştırmaları

Literatür	YSA-OHY	DVM-OHY
Akdagli ve ark. (2013)	0,523	*
Kayabasi ve ark. (2014)	0,537	*
Bose ve Gupta (2011)	0,327	*
Kayabasi ve Akdagli (2015)	0,457	0,4
Bu çalışma	0,271	0,319

Çizelge 4.18'de görüldüğü gibi bu çalışmada elde edilen OHY değerleri literatürde benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre daha düşük görülmektedir. Çapraz doğrulama ile elde edilen ÇDOHY değerimiz ise YSA için 0,510, DVM için 0,791 olarak artmasına karşılık, bu şekilde tasarlanan modellemelerin daha güvenilir olduğunu söyleyebiliriz.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bu tez çalışması ile HFSS programı ara yüzünde tasarımı yapılan DMŞA' nın fiziksel ve elektriksel parametrelerine göre 210 adet veri giriş (W, L, ε_r, h) ve çıkış kümesi (f_r) üretilmiştir. Veri kümesi her seviyede 30'ar adet kaydırılmak suretiyle 7 seviyeli çapraz doğrulama yaklaşımı ile verilerin 180 tanesiyle, tasarlanan YSA ve DVM modellerinde eğitim amaçlı kullanılmış, kalan 30 adet veri ile oluşturulan modellerin testi yapılarak, OHY ve ÇDOHY değerleri elde edilmiştir.

Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar ve çalışmadan edinilen deneyimler aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

- 210 adet veriden, 180 adedi ile tasarlanan YSA modeli üzerinde eğitim yaptırılmıştır. Diğer 30 adet veri ile eğitim yapılan YSA modelinin testi yapılarak OHY değeri bulunmuştur. Bu çalışmada çapraz doğrulama kullanıldığı için, veri kümesi 30' ar adet kaydırılarak 7 adet OHY değeri bulunmuştur. 7 OHY değerinin aritmetik ortalaması alınarak tüm modelin ÇDOHY değeri hesaplanmıştır. Bu YSA modeli ile yapılan çalışma neticesinde bulunan en iyi OHY ve yedi OHY ortalaması olan ÇDOHY değeri aşağıda ifade edilmiştir.

  OHY (%) : 0,271

  ÇDOHY (%) : 0,510

- İkinci aşamada 210 adet veriden, 180 âdetiyle tasarlanan DVM modeli üzerinde eğitim yaptırılarak, diğer 30 adet veri ile eğitilmiş DVM modelinin testi yapılarak OHY değeri bulunmuştur. Çapraz doğrulama kullanıldığı için, veri kümesi 30' ar adet kaydırılarak 7 adet OHY değeri bulunmuştur. 7 OHY değerinin aritmetik ortalaması alınarak tüm modelin ÇDOHY değeri hesaplanmıştır. Bu DVM modeli ile yapılan çalışma neticesinde bulunan en iyi OHY ve yedi OHY ortalaması olan ÇDOHY değeri aşağıda ifade edilmiştir.

  OHY (%) : 0,319
  ÇDOHY (%) : 0,791

- Elde edilen YSA modeli için en iyi OHY değeri (0,271) ile DVM modeli için en iyi OHY değeri (0,319) kıyaslandığında, bu çalışmada OHY için YSA modelinin hata oranın daha küçük olduğu anlaşılmıştır.

- Elde edilen çapraz doğrulama metodu ile YSA modeli için ÇDOHY değeri (0,510) ile DVM modeli için ÇDOHY değeri (0,791) kıyaslandığında, bu çalışmada ÇDOHY için YSA modelinin hata oranın daha küçük olduğu anlaşılmıştır.

- Çalışma neticesinde elde edilen bulgular doğrultusunda bir DMŞA anten için Yapay Zekâ metotlarıyla, antene ilişkin fiziksel ve elektriksel parametrelerle rezonans frekansını elde etme işlemlerinde, YSA ve DVM metotlarının çok iyi sonuçlar vererek çok düşük hata oranlarıyla çıkış rezonans frekansının elde edilebildiği sonucuna varılmıştır. YSA metodunun DMŞA' ya ait rezonans frekansını tahmin etmede daha başarılı olduğu ve bu tarz çalışmalar için hızlı ve iyi performansa sahip YSA modelin önerilebileceği kanaatine varılmıştır.

Literatürdeki benzer çalışmalara ilave olarak oluşturulan modelin güvenirliğini sağlayan çapraz doğrulama yaklaşımı kullanılarak oluşturulan modelin yanıltıcı sonuçlar vermesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

5.2. Öneriler

MŞA'daki yamanın şeklini değiştirerek (üçgen, kare, halka, daire v.s.) veya besleme şekli değiştirilerek, yarık eklenerek yapılan çalışmalar tekrarlanabilir ve YSA, DVM bu durumlar için karşılaştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

Balanis, C.A. 2005. Antenna Theory Analysis and Design. John Wiley & Sons, Inc., 7, Canada

U.S. Department Of Commerce - National Telecommunications and Information Administration. 2012. Antenna Models For Electromagnetic Compatibility Analyses. NTIA TM-13-489, 62, USA

Öztemel, E. 2012.Yapay Sinir Ağları İstanbul. Papatya Yayıncılık Eğitim, 16, Türkiye.

Brabanter, K.D., Karsmakers, P., Ojeda, F., Alzate, C., Brabanter, J.D., Pelckmans, K., Moor, B.D., Vandewalle, J., Suykens, J.A.K.2011. LS-SVMlab Toolbox User's Guide version 1.8. Department of Electrical Engineering, ESAT-SCD-SISTA Kasteelpark Arenberg 10, B-3001 Leuven-Heverlee, Belgium.

Haykin, S. 1998. Neural Networks: A Comprehensive Foundation 2nd. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA.

Koçer, D. 2009. Daire ve Dikdörtgen Geometrik Yapılı Mikroşerit Antenlerin Simülasyonun ve Rezonans Frekanslarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Zheng, Z., Chen, X., Huang, K., 2010. Application of Support Vector Machines to the Antenna Design. Yüksek Lisans, School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, China.

Xu, N. 2011. Applications of Support Vector Machines in Electromagnetic Problems. PhD Dissertation, The University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, Page(s):121.

Kayabaşı, A. 2015. Kompakt Mikroşerit Antenlerin Rezonans Frekansının Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanır Ağ Kullanarak Hesaplanması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Çomak, E. (2008). Destek Vektör Makinelerinin Etkin Eğitimi İçin Yeni Yaklaşımlar. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kumar, A., Rai, A. 2014. Resonant Frequency of Microstrip Antenna using Artificial Neural Network. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3, Issue 2.

Suganthi, T., Robinson, S., Kanimolhi, G., Nagamoorthy, T. 2014. Design and Analysis of Rectangular Microstrip Patch Antenna for GSM Application. IJISET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 1

Angiulli, G., Cacciola, M and Versaci, M. 2007. Microwave Devices and Antennas Modelling by Support Vector Regression Machines. IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 43, NO. 4.

Kayabasi, A., Akdagli, A. 2015. A Comparative Study on ANN, ANFIS and SVM Methods for Computing Resonant Frequency of A-Shaped Compact Microstrip Antennas. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering, Vol:9, No:8.

6. KAYNAKLAR

Akdagli, A., Toktas, A., Kayabasi, A., Develi, İ. 2013. An Applıcatıon Of Artıfıcıal Neural Network To Compute The Resonant Frequency Of E–Shaped Compact Mıcrostrıp Antennas. Journal Of Electrıcal Engıneerıng, Vol. 64, No. 5.

Kayabasi, A., Toktas, A., Akdagli, A., Mustafa B. Bicer, B.M., Ustun, D. 2014. Applications of ANN and ANFIS to Predict the Resonant Frequency of L-Shaped Compact Microstrip Antennas. Applıed Computatıonal Electromagnetıcs Socıety Journal, Vol. 29, No. 6.

Akdagli, A., Kayabasi, A., Develi, I. 2014. Computing resonant frequency of C-shaped compact microstrip antennas by using ANFIS. International Journal of Electronics, Vol. 102, No. 3.

Toktas, A., Bicer, M.B., Akdagli, A., Kayabasi, A. 2012. Simple Formulas for Calculating Resonant Frequencies of C and H Shaped Compact Microstrip Antennas Obtained by Using Artificial Bee Colony Algorithm. Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 25:11-12, Pages: 1718-1729.

Kaur, J., Khanna, R. 2013. Co-axial Fed Rectangular Microstrip Patch Antenna for 5.2 GHz WLAN Application. Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering, 1(3):94-98.

Türker, N., Güneş, F., Yıldırım, T. 2006. Artificial Neural Design of Microstrip Antennas. Turk J Elec Engin, Vol.14, No.3, TÜBİTAK

Singh, V.K., Ali, Z., Ayub, S. 2013. Dual Band Microstrip Antenna Design Using Artificial Neural Network. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Vol. 3, Issue 1.

Bose, T., Gupta, N. 2011. Design of an aperture-coupled microstrip antenna using a hybrid neural network. IET Microwaves, doi: 10.1049/iet-map.2011.0363.

Garg, B., Verma, R.D., Samadhiya, A. 2012. Design of Rectangular Microstrip Patch Antenna Incorporated with Innovative Metamaterial Structure for Dual band operation and Amelioration in Patch Antenna Parameters with Negative μ and ε. International Journal of Engineering and Technology, 1 (3), Pages: 205-216.

Khan, T., De, A. 2015. Modeling of Microstrip Antennas Using Neural Networks Techniques: A Review. Wiley Periodicals, Inc. Int J RF and Microwave CAE 25:747–757, 2015.

Majumder, A., 2013. Rectangular Microstrip Patch Antenna Using Coaxial Probe Feeding Technique to Operate in S-Band. International Journal of Engineering Trends and Technology, Vol. 4, Issue 4.

Rai, S., Uddin, S.S., Kler, T.S., 2013. Design of Microstrip Antenna Using Artificial Neural Network. Syed Saleem Uddin et al. Int. Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 3, Issue 5.

Cheng, J., Qian, J.S., Guo, Y.N., 2006. Least Squares Support Vector Machine for Gas Concentration Forecasting in Coal Mine. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Volume 6 No.6.

Suykens, J.A.K., Vandewalle, J., Moor, B.D., 2001. Optimal Control By Least Squares Support Vector Machines Neural Networks. Elsevier, Neural Networks ,Volume 14, Issue 1, Pages 23–35.

Ahmad, A.S., Hassan, M.Y., Abdullah, M.P., Rahman, H.A., Hussin, F., Abdullah, H., Saidur, R., 2014. A review on applications of ANN and SVM for building electrical energy consumption forecasting. Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 33, Pages 102–109.

Yakut, E., Elmas, B., Yavuz, S., 2014. Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri Yöntemleriyle Borsa Endeksi Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Volume 19, No.1, Pages 139-157.

Çavuşlu, M.A., Becerikli, Y., Karakuzu, C. (2012). Levenberg-Marguardt Algoritması ile YSA Eğitiminin Donanımsal Gerçeklenmesi. TBV Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 5. Cilt, s:31-38.

Singh, J., Singh,A.P., Kamal,T.S. 2011. Design of Circular Microstrip Antenna Using Artificial Neural Networks. Proceedings of the World Congress on Engineering 2011 Vol II.

Ansoft Corporation, HFSS Simulation Tool.
MATLAB R2015b

https://tr.wikipedia.org/wiki/HFSS

6. KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı: Seyfettin VURAN
Doğum Yeri: GENÇ
Doğum Tarihi: 01.07.1974
Medeni Hali: Evli
Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu

Lisans: Erciyes Üniversitesi Elektronik Mühendisliği / Kayseri,1996

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl:
1996-1998 Özel Sektör
1998-2009 Diyarbakır Türk Telekom Şebeke ve Bilişim Ağları
2009-2016 Dicle Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
D.Ü.BİDB Şube Müdürü (2016 - Halen), Diyarbakır

Yapılan Akademik Projeler

Dicle Üniversitesi
Bilgisayar Laboratuvarlarının İnce İstemci ile İyileştirilmesi ve Geliştirilmesi.

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	SEYFETTİN VURAN
ÖĞRENCİ NO	11805021
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2015-2016
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
PROGRAM	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora ☐ Tezsiz Yüksek Lisans (Dönem Projesi)
TEZ KONUSU	DİKDÖRTGEN MİKROŞERİT ANTENİN REZONANS REKANSININ HESAPLANMASINDA YAPAY SİNİR AĞLARI VE DESTEK VEKTÖR MAKİNASI YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	☐ Tez Savunma Sınavı Öncesi ☒ Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	67
BENZERLİK ORANI	% 9
RAPORLAMA TARİHİ	02 / 09 / 2016

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam ***67*** sayfalık kısmına ilişkin, ***02 / 09 / 2016*** tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından ***"Turnitin"*** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı ***% 9***'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
- ☐ Kaynakça hariç
- ☐ Alıntılar ~~hariç~~/dâhil
- ☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Seyfettin VURAN

(İmza) 02 / 09 / 2016 Yrd.Doç.Dr. M.Bahattin KURT **Tez Danışmanı**	(İmza) 02 / 09 / 2016 Yrd.Doç.Dr. Bilal GÜMÜŞ **Anabilim Dalı Başkanı V.**