

**KOMPAKT MİKROŞERİT ANTENLERİN
REZONANS FREKANSININ YAPAY SİNİR
AĞLARI ve BULANIK MANTIK SİSTEMİNE
DAYALI UYARLANIR AĞ KULLANARAK
HESAPLANMASI**

AHMET KAYABAŞI

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**MERSİN
HAZİRAN – 2015**

**KOMPAKT MİKROŞERİT ANTENLERİN
REZONANS FREKANSININ YAPAY SİNİR
AĞLARI ve BULANIK MANTIK SİSTEMİNE
DAYALI UYARLANIR AĞ KULLANARAK
HESAPLANMASI**

AHMET KAYABAŞI

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**Danışman
Prof. Dr. Ali AKDAĞLI**

**MERSİN
HAZİRAN – 2015**

Ahmet KAYABAŞI tarafından Prof. Dr. Ali AKDAĞLI danışmanlığında “Kompakt mikroşerit antenlerin rezonans frekansının yapay sinir ağları ve bulanık mantık sistemine dayalı uyarlanır ağ kullanarak hesaplanması” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali AKDAĞLI

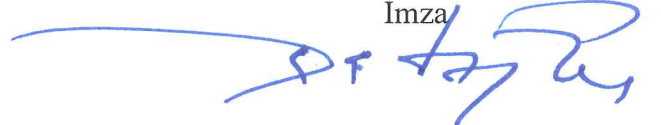
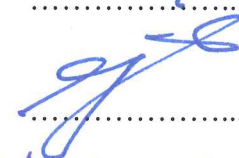



Prof. Dr. Caner ÖZDEMİR

Prof. Dr. Korkut YEĞİN

Doç. Dr. Zeki YETGİN

Doç. Dr. Şükrü ÖZEN

İmza


.....

.....

.....

.....

.....

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 12/06/2015 tarih ve 2015.16/...648... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Ayla ÇELİK
Enstitü Müdürü


Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

KOMPAKT MİKROŞERİT ANTENLERİN REZONANS FREKANSININ YAPAY SİNİR AĞLARI ve BULANIK MANTIK SİSTEMİNE DAYALI UYARLANIR AĞ KULLANARAK HESAPLANMASI

AHMET KAYABAŞI

ÖZ

Büyük bir ivme ile gelişen teknolojiye paralel olarak, kişisel iletişim sistemleri, mobil uydu iletişimi, kablosuz yerel ağlar ve diğer birçok küçültülmüş iletişim sistemleri küçük boyutlu antenlere ihtiyaç duymaktadır. Mikroşerit antenler (MA) küçük boyut, düşük maliyet, hafiflik, baskı devre teknolojisi ile kolay üretim gibi birçok avantaja sahiptir. Bu avantajlarından dolayı MA'lar, uçaklar, radar sistemleri, uzay araçları, kablosuz iletişim, uydu ve füze gibi birçok mikrodalga uygulamalarında kullanılmaktadır. MA için yapılan çalışmaların çoğu, analizlerinin kolaylığından dolayı dikdörtgen, üçgen ve daire gibi bilinen geometriler üzerinde yoğunlaşmıştır. Düzgün geometrilere sahip MA'ların boyutları, UHF bandı uygulamaları için nispeten büyüktür. Bu nedenle, bu frekanslar için bilinen geometrilere sahip MA konfigürasyonları modifiye edilmelidir. Bilinen MA'ların iletken kısımlarında modifikasyon yapmak suretiyle kompakt MA'lar (KMA) elde edilmiştir. KMA'lar dar band genişliğine sahip oldukları ve sadece rezonans frekansı civarında çalışabildiklerinden dolayı rezonans frekansının belirlenmesi önemlidir. KMA'ların rezonans frekansının hesaplanması, iletken yamanın kenarlarındaki elektromanyetik alan saçaklanmalarından (fringing field) dolayı kompleks bir problemidir. KMA'ların elektronik iletişim pazarında kullanımının artması, performans analizinin yapılmasında daha basit metotların kullanılmasını gerektirmektedir.

Bu tez çalışmasında, dikdörtgen halka şekilli KMA (DHKMA), dairesel halka şekilli KMA, (DAHKMA) C şekilli KMA (CKMA), E şekilli KMA (EKMA), H şekilli KMA (HKMA) ve L şekilli KMA'ların (LKMA) rezonans frekansları Yapay Sinir Ağları (YSA), ve Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanış Ağ (BMSDUA) kullanılarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda fiziksel ve elektriksel parametreleri farklı KMA'ların rezonans frekansları elektromanyetik benzetim programları kullanılarak her bir anten için belirli sayıda elde edilmiştir. Benzetim verileri, KMA'ların rezonans frekansını belirlemek amacıyla YSA ve BMSDUA'nın eğitilmesinde ve test edilmesinde kullanılmıştır. Aynı zamanda bu tez çalışmasında gerçekleştirdiğimiz belirli sayı ve şekillerdeki KMA'ların ölçüm sonuçları ve literatürde bu şekillerde tasarlanmış anten sonuçları da YSA ve BMSDUA yapılarının başarısını test etmek için kullanılmıştır. Ayrıca KMA'ların rezonans frekansı hesabında optimizasyona dayalı bir sinirsel öğrenme yöntemi olan destek vektör makinaları da (DVM) kullanılmıştır. Tezde ele alınan KMA'ların rezonans frekansı hesabı için YSA ve BMSDUA kullanılarak hesaplama yapan bir arayüz de tasarlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompakt mikroşerit anten, rezonans frekansı, yapay sinir ağları (YSA), bulanık mantık sistemine dayalı uyarlanış ağ (BMSDUA), destek vektör makinaları (DVM)

Danışman: Prof. Dr. Ali AKDAĞLI, Mersin Üniversitesi, Elektrik–Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

COMPUTING the RESONANT FREQUENCY of COMPACT MICROSTRIP ANTENNAS by USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK and ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM

AHMET KAYABAŞI

ABSTRACT

According to the developing technology with a great acceleration; personal communication systems, mobile satellite communication, wireless local area network and the other miniaturized communication systems have required miniturized antennas. Microstrip antennas (MAs) have numerous advantages such as small dimension, low price, low profile and easy production with printed board technology. Therefore, MAs have been utilized in various microwave applications like planes, radar systems, space crafts, wireless communication systems, satellites and missiles. The studies for MAs have concentrated on traditional geometries such as rectangular, triangular and circular due to easy analysis. However, the dimensions of the MAs with regular geometries are relatively big for UHF band applications. Hence, the MA configurations with regular geometries should be modified for these frequencies. The compact MA (CMA) is obtained by modifying the patch of MA. Since the CMAs have narrow bands and operate at the vicinity of the resonant frequency, the determination of the resonant frequency is significant. The calculation of the resonant frequency of the CMA is a complex problem owing to electromagnetic fringing field at the edges of the patch. The increasing usage of the CMAs in communication market has led to necessity of using simpler methods.

In this thesis, the resonant frequencies of CMAs with the shapes of rectangular ring shaped, circular ring, C, E, H and L have been computed using artificial neural network (ANN) and adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS). In this context, the resonant frequencies for CMAs having different physical and electrical parameters were obtained for certain numbers of each antenna by using an electromagnetic simulation software. The simulated data was employed for training and testing the ANN and ANFIS in order to determine the resonant frequency of the CMAs. The certain number of measured CMAs with specific shapes which were also fabricated in this thesis study and the antenna results in the literature designed have been exploited for testing the success of the constructions of ANN and ANFIS. Moreover, the support vector machine (SVM) which is a neural network method based on optimization has been utilized in the calculation of the resonant frequency. An interface software using ANN and ANFIS has been designed for the computation of the CMAs handled in this thesis and successful results have been achieved.

Key Words: Compact microstrip antenna, resonant frequency, artificial neural network, adaptive neuro-fuzzy inference system, support vector machine

Advisor: Prof. Dr. Ali AKDAĞLI, Department of Electrical–Electronics Engineering, Mersin University

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, ilminden yararlandığım, bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan, insani değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum çok değerli danışmanım Prof. Dr. Ali AKDAĞLI'ya çok teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanmasında bilgi ve deneyimleri ile katkılarını sunan, saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Caner ÖZDEMİR'e, Doç. Dr. Zeki YETGİN'e, Yrd. Doç. Dr. Ali YILDIZ'a, birlikte çalışmalar yaptığımız değerli arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Abdurrahim TOKTAŞ, Öğr. Gör. Deniz ÜSTÜN ve Arş. Gör. Mustafa Berkan BİÇER'e, ayrıca mesai arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Yalçın IŞIK'a çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince bana sabırla destek veren ve bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan sevgili eşime, kızıma ve oğluma en içten duygularıyla teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
EKLER DİZİNİ	xviii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	7
2.1. MİKROŞERİT ANTENLER VE ANTEN PERFORMANS PARAMETRELERİ	7
2.1.1. Mikroşerit Antenler	7
2.1.2. Anten Performans Parametreleri	10
2.1.2.1. Işıma Örüntüsü.....	10
2.1.2.2. Yönlülük ve Kazanç	10
2.1.2.3. Verim	11
2.1.2.4. Empedans Bant Genişliği	11
2.1.2.5. S-Parametreleri	12
2.2. KOMPAKT MİKROŞERİT ANTENLER	13
2.2.1. Dikdörtgen Halka Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten	13
2.2.2. Dairesel Halka Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten	14
2.2.3. C Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten	15
2.2.4. E Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten	16
2.2.5. H Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten	18
2.2.6. L Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten	18
2.3. YSA, BMSDUA VE DVM’NİN, MA’LARIN REZONANS FREKANSININ HESAPLANMASINDA KULLANIMLARI	19
2.3.1. YSA’nın MA’ların Rezonans Frekansı Hesabında Kullanılması	21
2.3.1.1. YSA’nın DMA’ların rezonans frekansı hesabında kullanılması	21
2.3.1.2. YSA’nın DAMA’ların rezonans frekansı hesabında kullanılması	22
2.3.1.3. YSA’nın üçken MA’ların rezonans frekansı hesabında kullanılması	23
2.3.2. BMSDUA’nın MA’ların Rezonans Frekansı Hesabında Kullanılması ...	23
2.3.3. DVM’nin MA’ların Rezonans Frekansı Hesabında Kullanılması	24
3. MATERYAL ve YÖNTEM	26
3.1. YAPAY ZEKA HESAPLAMA YÖNTEMLERİ	27
3.1.1. Yapay Sinir Ağları	28
3.1.1.1. Çok katmanlı algılayıcı modeli.....	31
Levenberg - Marquardt öğrenme algoritması	32
Bayesian regülasyonu öğrenme algoritması.....	33

Fletcher-Powel eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Fletcher-Powel conjugate gradient- FPCG)	33
Polak-Ribiere eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Polak-Ribiere conjugate gradient – PRCG)	34
Powell-Beale eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Powel-Beale conjugate gradient - PBCG)	34
Ölçeklendirilmiş eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Scaled conjugate gradient – SCG)	35
Tek Adım Sekant öğrenme algoritması (One step secant – OSS)	36
3.1.1.2. YSA'nın uygulanmasındaki bazı önemli hususlar	36
3.1.2. Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanış Ağ	38
3.1.3. Destek Vektör Makinaları	44
3.2. KMA'LARIN BENZETİM YÖNTEMİ	47
3.2.1. XFDTD Elektromanyetik Benzetim Programı	47
3.2.2. IE3D™ Elektromanyetik Benzetim Programı	48
3.3. KMA'LARIN GERÇEKLENME YÖNTEMİ	50
3.4. YSA, BMSDUA VE DVM YAZILIM YÖNTEMİ	50
3.4.1. KMA'ların Rezonans Frekansı Hesabı için Tasarlanan Arayüz	54
4. BULGULAR ve TARTIşMA	56
4.1. DHKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA ve BMSDUA KULLANILARAK HESAPLANMASI	56
4.1.1. DHKMA'ların Benzetim Süreci	56
4.1.2. DHKMA'nın Gerçeklenmesi	57
4.1.3. DHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması	59
4.1.3.1. DHKMA'lar için YSA eğitim süreci	59
4.1.3.2. DHKMA'lar için YSA test süreci	61
4.1.4. DHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'da Farklı Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması	62
4.1.4.1. DHKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA eğitim süreci	63
4.1.4.2. DHKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA test süreci	64
4.1.5. DHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması	67
4.1.5.1. DHKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci	67
4.1.5.2. DHKMA'lar için BMSDUA test süreci	69
4.1.6. DHKMA'lar için YSA ve BMSDUA Sonuçlarının Karşılaştırılması	71
4.2. DAHKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA, BMSDUA ve DVM KULLANILARAK HESAPLANMASI	72
4.2.1. DAHKMA'ların Benzetim Süreci	72
4.2.2. DAHKMA'nın Gerçeklenmesi	72
4.2.3. DAHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması	74
4.2.3.1. DAHKMA'lar için YSA eğitim süreci	74
4.2.3.2. DAHKMA'lar için YSA test süreci	76
4.2.4. DAHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'da Farklı Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması	79
4.2.4.1. DAHKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA eğitim süreci	80

4.2.4.2. DAHKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA test süreci .	81
4.2.5. DAHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması	83
4.2.5.1. DAHKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci.....	83
4.2.5.2. DAHKMA'lar için BMSDUA test süreci.....	83
4.2.6. DAHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için DVM'nin Kullanılması	87
4.2.6.1. DAHKMA'lar için DVM eğitim süreci.....	87
4.2.6.2. DAHKMA'lar için DVM test süreci	88
4.2.7. DAHKMA'lar için YSA, BMSDUA ve DVM Sonuçlarının Karşılaştırılması	91
4.3. CKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA VE BMSDUA KULLANILARAK HESAPLANMASI	93
4.3.1. CKMA'ların Benzetim Süreci.....	93
4.3.2. CKMA'nın Gerçeklenmesi	93
4.3.3. CKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması.....	95
4.3.3.1. CKMA'lar için YSA eğitim süreci	95
4.3.3.2. CKMA'lar için YSA test süreci.....	96
4.3.4. CKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması	97
4.3.4.1. CKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci	97
4.3.4.2. CKMA'lar için BMSDUA test süreci	99
4.3.5. CKMA'lar için YSA ve BMSDUA Sonuçlarının Karşılaştırılması	101
4.4. EKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA, BMSDUA ve DVM KULLANILARAK HESAPLANMASI	101
4.4.1. EKMA'ların Benzetim Süreci.....	101
4.4.2. EKMA'nın Gerçeklenmesi.....	102
4.4.3. EKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması.....	105
4.4.3.1. EKMA'lar için YSA eğitim süreci	105
4.4.3.2. EKMA'lar için YSA test süreci	106
4.4.4. EKMA'ların rezonans frekansı hesabı için YSA'da farklı öğrenme algoritmalarının kullanılması	107
4.4.4.1. EKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA eğitim süreci.	108
4.4.4.2. EKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA test süreci.....	109
4.4.5. EKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması	111
4.4.5.1. EKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci	111
4.4.5.2. EKMA'lar için BMSDUA test süreci.....	113
4.4.6. EKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için DVM'nin Kullanılması ...	114
4.4.6.1. EKMA'lar için DVM eğitim süreci	114
4.4.6.2. EKMA'lar için DVM test süreci.....	115
4.4.7. EKMA'lar için YSA, BMSDUA ve DVM Sonuçlarının Karşılaştırılması	116
4.5. HKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA ve BMSDUA KULLANILARAK HESAPLANMASI	118
4.5.1. HKMA'ların Benzetim Süreci	118
4.5.2. HKMA'nın Gerçeklenmesi	119
4.5.3. HKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması	121
4.5.3.1. HKMA'lar için YSA eğitim süreci.....	121

4.5.3.2. HKMA'lar için YSA test süreci	122
4.5.4. HKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması	123
4.5.4.1. HKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci.....	123
4.5.4.2. HKMA'lar için BMSDUA test süreci	125
4.5.5. HKMA'lar için YSA ve BMSDUA Sonuçlarının Karşılaştırılması	125
4.6. LKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA, BMSDUA ve DVM KULLANILARAK HESAPLANMASI	126
4.6.1. LKMA'ların Benzetim Süreci.....	126
4.6.2. LKMA'nın Gerçeklenmesi.....	127
4.6.3. LKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması.....	129
4.6.3.1. LKMA'lar için YSA eğitim süreci	129
4.6.3.2. LKMA'lar için YSA test süreci.....	130
4.6.4. LKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması	132
4.6.4.1. LKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci	132
4.6.4.2. LKMA'lar için BMSDUA test süreci.....	133
4.6.5. LKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için DVM'nin Kullanılması ...	135
4.6.5.1. LKMA'lar için DVM eğitim süreci	135
4.6.5.2. LKMA'lar için DVM test süreci.....	136
4.6.6. LKMA'lar için YSA, BMSDUA ve DVM Sonuçlarının Karşılaştırılması	137
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	139
6. KAYNAKLAR	144
7. EK.....	155
7.1. EK-1: IE3D™ YAZILIMI İLE ANTEN BENZETİMİ.....	155
7.1.1. Geometrinin Oluşturulması.....	155
7.1.2. Izgaralama	158
7.1.3. Benzetimin Koşulması	160
7.1.4. S-parametresi.....	163
7.2. EK:5 GRAFİKSEL KULLANICI ARABİRİMİ	164
7.2.1. MATLAB GUIDE Aracı ile GUI Tasarımı Oluşturma	164
7.3. EK-2: ARAYÜZ PROGRAMI İÇİN KULLANILAN MATLAB KODU.....	169
8. ÖZGEÇMİŞ.....	189

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Adaptif parametrelerin optimize edilmesi	44
Çizelge 4.1. Benzetimi yapılan DHKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri	56
Çizelge 4.2. Gerçeklenen DHKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları	57
Çizelge 4.3. DHKMA için YSA modelinde kullanılan ağ parametreleri	60
Çizelge 4.4. DHKMA'lar için test sonucunda YSA ile belirlenen rezonans frekansları	61
Çizelge 4.5. Literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] DHKMA benzetim ve hesaplama sonuçları ile YSA karşılaştırmalı sonuçları.....	62
Çizelge 4.6. Gerçekleştirdiğimiz DHKMA'nın verileri ile test edilen YSA sonucunun benzetim ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması	62
Çizelge 4.7. YSA modellerinde kullanılan ağ parametreleri	64
Çizelge 4.8. Eğitim verileri için hesaplanan OYH değerleri	64
Çizelge 4.9. YSA modellerinin test etmek için kullanılan 12 DHKMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri.....	65
Çizelge 4.10. DHKMA için farklı öğrenme algoritmaları ile test sonucunda elde edilen rezonans frekans değerleri.....	65
Çizelge 4.11. DHKMA için test aşamasında farklı öğrenme algoritmaları ile hesaplanan yüzdellik hatalar	66
Çizelge 4.12. DHKMA için benzetim [Deshmukh ve Kumar, 2007], formülasyon [Deshmukh ve Kumar, 2007] ve YSA'dan elde edilen rezonans frekansları	66
Çizelge 4.13. DHKMA için formülasyon [Deshmukh ve Kumar, 2007] ve YSA'nın karşılaştırmalı yüzdellik hataları	67
Çizelge 4.14. Gerçeklenen DHKMA için farklı öğrenme algoritmaları ile elde edilen rezonans frekansları	67
Çizelge 4.15. DHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağ parametreleri	68
Çizelge 4.16. DHKMA'lar için test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekansları.....	70

Çizelge 4.17. Literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] DHKMA benzetim ve hesaplama sonuçları ile BMSDUA karşılaştırmalı sonuçları.....	70
Çizelge 4.18. Gerçekleştirdiğimiz DHKMA'nın verileri ile test edilen BMSDUA sonucunun benzetim ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması.....	70
Çizelge 4.19. DHKMA'lar için YSA ve BMSDUA sonuçlarının karşılaştırılması...	71
Çizelge 4.20. DHKMA'lar için YSA ve BMSDUA modellerinin literatür [Deshmukh ve Kumar, 2007] ve kendi aralarında karşılaştırılması	72
Çizelge 4.21. DHKMA'lar için kendi gerçekleştirdiğimiz anten verilerine göre alınan sonuçlar ile YSA ve BMSDUA'nın karşılaştırılması	72
Çizelge 4.22. Benzetimi yapılan DAHKMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri	73
Çizelge 4.23. Gerçeklenen DHKMA için benzetim, ölçüm, YSA ve BMSDUA sonuçları	73
Çizelge 4.24. DHKMA için YSA modelinde kullanılan ağ parametreleri	75
Çizelge 4.25. DAHKMA için test sonucunda YSA ile belirlenen rezonans frekansları	76
Çizelge 4.26. 10 adet benzetim verisi için YSA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar	77
Çizelge 4.27. 10 adet benzetim verisi için YSA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar için yüzdeler hata	77
Çizelge 4.28. Literatürde ölçümü yapılan ve kendi gerçekleştirdiğimiz DAHKMA'ların parametreleri.....	78
Çizelge 4.29. DAHKMA için ölçüm ve YSA sonuçlarının karşılaştırılması	79
Çizelge 4.30. DAHKMA için ölçüm sonuçları için yüzdeler hata	79
Çizelge 4.31. YSA modellerinde kullanılan ağ parametreleri	80
Çizelge 4.32. DAHKMA için YSA'da farklı algoritmalar ile eğitim neticesinde hesaplanan OYH değerleri	81
Çizelge 4.33. DAHKMA için farklı algoritmalar ile YSA test sonucunda elde edilen rezonans frekans değerleri.....	82
Çizelge 4.34. DAHKMA için ölçülen ve YSA'da farklı öğrenme algoritmaları için hesaplanan rezonans frekansları ve OYH'lar.....	82

Çizelge 4.35. DAHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağ parametreleri	84
Çizelge 4.36. DAHKMA için test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekans değerleri.....	85
Çizelge 4.37. 10 adet benzetim verisi için BMSDUA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar	85
Çizelge 4.38. 10 adet benzetim verisi için BMSDUA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar için yüzdellik hatalar	86
Çizelge 4.39. Ölçüm ve BMSDUA sonuçlarının karşılaştırılması	86
Çizelge 4.40. Ölçüm sonuçları için yüzdellik hatalar	87
Çizelge 4.41. DAHKMA için test sonucunda DVM ile belirlenen rezonans frekansları.....	89
Çizelge 4.42. 10 adet benzetim verisi için DVM ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar	89
Çizelge 4.43. 10 adet benzetim verisi için DVM ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar için yüzdellik hatalar	90
Çizelge 4.44. DAHKMA için ölçüm ve DVM sonuçlarının karşılaştırılması	91
Çizelge 4.45. DAHKMA için ölçüm verileri ile hesaplanan yüzdellik hatalar.....	91
Çizelge 4.46. 10 adet benzetim test verisi için YSA, DVM ve BMSDUA sonuçlarının karşılaştırılması	92
Çizelge 4.47. YSA, DVM ve BMSDUA sonuçlarının literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırılması	92
Çizelge 4.48. Benzetimleri yapılan CKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri	93
Çizelge 4.49. Gerçeklenen CKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları	93
Çizelge 4.50. CKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan YSA ağ parametreleri	96
Çizelge 4.51. CKMA için YSA test sonuçları	97
Çizelge 4.52. CKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağ parametreleri	98
Çizelge 4.53. CKMA için test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekans değerleri.....	99

Çizelge 4.54. Literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] CKMA benzetim sonuçları ile BMSDUA'nın test edilmesi	100
Çizelge 4.55. BMSDUA'nın literatür benzetim verileri ile test işlemi neticesinde hesaplanan yüzdellik hatalar	100
Çizelge 4.56. Gerçekleştirdiğimiz CKMA'nın verileri ile test edilen BMSDUA sonucunun benzetim ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması.....	101
Çizelge 4.57. CKMA için YSA ve BMSDUA modellerinin karşılaştırmalı sonuçları	101
Çizelge 4.58. Benzetimi yapılan EKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri	102
Çizelge 4.59. Gerçeklenen EKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları	103
Çizelge 4.60. EKMA için YSA modelinde kullanılan ağı parametreleri.....	106
Çizelge 4.61. EKMA için test sonucunda YSA ile belirlenen rezonans frekansları	107
Çizelge 4.62. Gerçeklenen EKMA için benzetim, ölçüm ve YSA sonuçları	107
Çizelge 4.63. YSA modellerinde kullanılan ağı parametreleri	108
Çizelge 4.64. YSA eğitim verileri için hesaplanan OYH değerleri	109
Çizelge 4.65. YSA modellerinin test etmek için kullanılan 14 EKMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri.....	110
Çizelge 4.66. EKMA için test sonucunda elde edilen rezonans frekans değerleri	110
Çizelge 4.67. EKMA için test sonucunda hesaplanan yüzdellik hatalar.....	111
Çizelge 4.68. Gerçeklenen EKMA verileri kullanılarak YSA modellerinin hesapladığı rezonans frekansları	111
Çizelge 4.69. EKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağı parametreleri	112
Çizelge 4.70. Test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekans değerleri	114
Çizelge 4.71. Gerçeklenen EKMA için benzetim, ölçüm ve BMSDUA sonuçları .	114
Çizelge 4.72. YSA, BMSDUA ve DVM ile hesaplanan rezonans frekans değerleri	116
Çizelge 4.73. Gerçeklenen anten verileri için benzetim, ölçüm, ve DVM'den elde edilen sonuçlar	116
Çizelge 4.74. YSA, BMSDUA, DVM ve [*] ile hesaplanan rezonans frekans değerleri.....	117

Çizelge 4.75. EKMA için YSA, BMSDUA, DVM ve [Toktaş ve Akdağı, 2012] ile hesaplanan hata değerleri	118
Çizelge 4.76. Benzetimi yapılan HKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri	118
Çizelge 4.77. Gerçeklenen HKMA'nın benzetim ve ölçüm sonuçları.....	119
Çizelge 4.78. HKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan YSA ağı parametreleri	121
Çizelge 4.79. HKMA için test sürecinde YSA ile belirlenen rezonans frekansları .	122
Çizelge 4.80. Gerçeklenen HKMA'nın benzetim, ölçüm ve YSA sonuçları.....	122
Çizelge 4.81. HKMA'nın benzetim [Gao vd., 2001] ve ölçüm [Sheta vd., 2002] verileri için YSA ile elde edilen rezonans frekansları	123
Çizelge 4.82. HKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağı parametreleri	124
Çizelge 4.83. HKMA'da test verileri için elde edilen rezonans frekansları	125
Çizelge 4.84. HKMA'lar için YSA ve BMSDUA modellerinin karşılaştırmalı sonuçları	126
Çizelge 4.85. Benzetimi yapılan LKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri	127
Çizelge 4.86. Gerçeklenen LKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları	128
Çizelge 4.87. EKMA için YSA modelinde kullanılan ağı parametreleri.....	130
Çizelge 4.88. YSA ile test sürecinde belirlenen rezonans frekansları	131
Çizelge 4.89. Gerçeklenen ve literatürde ki [Chen, 2000] LKMA benzetim ve ölçüm sonuçları ile YSA sonuçlarının karşılaştırması	131
Çizelge 4.90. LKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağı parametreleri	132
Çizelge 4.91. BMSDUA ile test sürecinde belirlenen rezonans frekansları	134
Çizelge 4.92. Gerçeklenen ve literatürdeki [Chen, 2000] LKMA benzetim ve ölçüm sonuçları ile BMSDUA sonuçlarının karşılaştırması.....	135
Çizelge 4.93. LKMA'lar için DVM ile test sürecinde belirlenen rezonans frekansları	137
Çizelge 4.94. Kendimiz ve literatürde [Chen, 2000] gerçekleştirilen LKMA'lar için ölçüm ve DVM ile elde edilen sonuçlar.....	137
Çizelge 4.95. LKMA'lar için YSA, BMSDUA ve DVM sonuçlarının karşılaştırılması	138

Çizelge 4.96. Kendimiz ve literatürde [Chen, 2000] gerçekleştirilen LKMA'lar için ölçüm, YSA, BMSDUA ve DVM ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması..... 138



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Geleneksel MA geometrileri.....	8
Şekil 2.2. Bir antenin ışıma örüntüsü	10
Şekil 2.3. Bir antenin s_{11} parametresi ve empedans bant genişliği gösterimi	12
Şekil 2.4. Tek antenli bir sistemin genel yapısı	12
Şekil 2.5. DHKMA geometrisi	14
Şekil 2.6. DAHKMA geometrisi.....	15
Şekil 2.7. CKMA geometrisi.....	16
Şekil 2.8. (a) DMA geometrisi (b) EKMA geometrisi.....	16
Şekil 2.9. EKMA için besleme noktası seçimi.....	17
Şekil 2.10. HKMA geometrisi	18
Şekil 2.11. LKMA geometrisi.....	19
Şekil 3.1. Yapay sinir hücresinin temel yapısı.....	29
Şekil 3.2. Çok katmanlı temel algılayıcı yapısı.....	31
Şekil 3.3. İki girişli BMSDUA yapısı	40
Şekil 3.4. Katman 1'e ait iki girişli Sugeno yapılı BMSDUA'nın hesaplanmasının gösterimi.....	41
Şekil 3.5. (a) İki sınıflı bir problem için hiper düzlemler (b) Optimum hiper düzlem ve destek vektörleri [Tokan, 2008]	45
Şekil 3.6. Doğrusal olarak ayrılabilen veri setleri için hiper düzlemin belirlenmesi [Tokan, 2008].....	45
Şekil 3.7. a) Doğrusal olarak ayrılamayan veri seti b) Doğrusal ayrılamayan veri setleri için hiper düzlemin belirlenmesi [Tokan, 2008]	46
Şekil 3.8. CKMA ve HKMA'ların XFDTD ile benzetim süreci	48
Şekil 3.9. DHKMA, EKMA ve LKMA'ların IE3D TM ile benzetim süreci	49
Şekil 3.10. DAHKMA'ların IE3D TM ile benzetim süreci	49
Şekil 3.11. Agilent E5071B ENA Series RF network analizör.....	50
Şekil 3.12. CKMA ve HKMA için YSA, BMSDUA ve DVM eğitim süreci.....	52
Şekil 3.13. DHKMA, EKMA ve LKMA için YSA, BMSDUA ve DVM eğitim süreci	52
Şekil 3.14. DAHKMA için YSA, BMSDUA ve DVM eğitim süreci.....	53

Şekil 3.15. CKMA ve HKMA için YSA, BMSDUA ve DVM test süreci	53
Şekil 3.16. DHKMA, EKMA ve LKMA için YSA, BMSDUA ve DVM test süreci	53
Şekil 3.17. DAHKMA için YSA, BMSDUA ve DVM test süreci	54
Şekil 3.18. KMA'ların rezonans frekansı hesabı için tasarlanan YSA ve BMSDUA arayüzü	55
Şekil 4.1. Gerçeklenen DHKMA'nın fotoğrafları (a) Üstten görünüm (b) Alttan görünüm	57
Şekil 4.2. Gerçeklenen DHKMA'nın geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği	58
Şekil 4.3. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği	58
Şekil 4.4. a) $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve $\phi = 90^\circ$ 'de (y-z düzlemi) E_θ 'nin ışımaya örüntüleri, b) $\theta = 90^\circ$ 'de (x-y düzlemi) E_ϕ 'nin ışımaya örüntüleri.....	59
Şekil 4.5. DHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA Modeli.....	60
Şekil 4.6. DHKMA için eğitim sonucunda benzetim ve YSA'nın karşılaştırmalı sonuçları	61
Şekil 4.7. DHKMA'nın rezonans frekansı için farklı öğrenme algoritmalarının kullanıldığı YSA modeli	63
Şekil 4.8. Eğitim verileri için kullanılan öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması	64
Şekil 4.9. DHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA modeli.....	68
Şekil 4.10. DHKMA için eğitim neticesinde benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları	69
Şekil 4.11. Gerçeklenen DAHKMA'nın geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği	73
Şekil 4.12. Gerçekleştirilen DAHKMA'nın benzetim sonucu elde edilen ışımaya diyagramı a) _____ E_ϕ for $\theta = 90^\circ$ (x-y düzlemi), b) _____ E_θ $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve ----- $\phi = 90^\circ$ (y-z düzlemi)	74
Şekil 4.13. DHKMA için kullanılan YSA modeli	75
Şekil 4.14. DAHKMA için benzetim ve YSA karşılaştırmalı sonuçları.....	75
Şekil 4.15. DAHKMA'nın rezonans frekansı için kullanılan YSA modeli.....	80
Şekil 4.16. DAHKMA için eğitim neticesinde, kullanılan öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması	81
Şekil 4.17. DAHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA modeli.	83
Şekil 4.18. Benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları.....	84
Şekil 4.19. DAHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan DVM Modeli	87

Şekil 4.20. DAHKMA için eğitim neticesinde benzetim ve DVM karşılaştırmalı sonuçları	88
Şekil 4.21. Gerçeklenen CKMA'nın fotoğrafı	94
Şekil 4.22. Gerçeklenen CKMA'nın geri dönüş kaybı (s_{11}) grafiği	94
Şekil 4.23. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği	94
Şekil 4.24. a) CKMA için $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve $\phi = 90^\circ$ 'de (y-z düzlemi) E_θ 'nin ışınma örüntüleri b) CKMA için $\theta = 90^\circ$ 'de (x-y düzlemi) E_ϕ 'nin ışınma örüntüleri	95
Şekil 4.25. CKMA'nın rezonans frekansını hesaplamak için kullanılan YSA modeli	96
Şekil 4.26. CKMA'ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli	98
Şekil 4.27. EKMA'ların benzetiminde seçilen besleme noktası	102
Şekil 4.28. Gerçeklenen EKMA'nın fotoğrafları	103
Şekil 4.29. Gerçeklenen EKMA'nın geri dönüş kaybı (s_{11}) grafiği	103
Şekil 4.30. a) DMA, b) EKMA için $\phi = 0^\circ$ ve $\phi = 90^\circ$ 'de E_θ 'nin ışınma örüntüleri	104
Şekil 4.31. EKMA'nın rezonans frekans hesabı için kullanılan YSA modeli	105
Şekil 4.32. EKMA için benzetim ve YSA'nın karşılaştırmalı sonuçları	106
Şekil 4.33. EKMA'nın rezonans frekans hesabı için farklı öğrenme algoritmalarının kullanıldığı YSA modeli	108
Şekil 4.34. Eğitim verileri için, kullanılan öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması	109
Şekil 4.35. EKMA'ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli	112
Şekil 4.36. EKMA için benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları	113
Şekil 4.37. EKMA'nın rezonans frekans hesabı için kullanılan DVM Modeli	115
Şekil 4.38. EKMA için benzetim ve DVM karşılaştırmalı sonuçları	115
Şekil 4.39. Gerçeklenen HKMA'nın fotoğrafı	119
Şekil 4.40. Gerçeklenen HKMA'ya ait geriye dönme kaybı (s_{11}) grafiği	119
Şekil 4.41. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği	120
Şekil 4.42. a) HKMA için $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve $\phi = 90^\circ$ 'de (y-z düzlemi) E_θ 'nin ışınma örüntüleri b) HKMA için $\theta = 90^\circ$ 'de (x-y düzlemi) E_ϕ 'nin ışınma örüntüleri	120
Şekil 4.43. HKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan YSA modeli	121

Şekil 4.44. HKMA'ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli	124
Şekil 4.45. Gerçeklenen LKMA'nın fotoğrafı	127
Şekil 4.46. Gerçeklenen LKMA'nın geri dönüş kaybı (s_{11}) grafiği	127
Şekil 4.47. 3.138 GHz'de gerçekleştirilen antenin benzetimi yapılan ışımaya diyagramı: a) x-z düzlemi ($\phi = 0^\circ$) b) y-z düzlemi ($\phi = 90^\circ$)	128
Şekil 4.48. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği	129
Şekil 4.49. LKMA'ların rezonans frekansı hesabında kullanılan YSA modeli	129
Şekil 4.50. LKMA için eğitim neticesinde benzetim ve YSA'nın karşılaştırmalı sonuçları	130
Şekil 4.51. LKMA'ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli	133
Şekil 4.52. LKMA'lar için eğitim neticesinde benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları	133
Şekil 4.53. LKMA için DVM Modeli	135
Şekil 4.54. LKMA için eğitim neticesinde benzetim ve DVM karşılaştırmalı sonuçları	136

EKLER DİZİNİ

Sayfa

7. EK.....	155
7.1. EK-1: IE3D™ YAZILIMI İLE ANTEN BENZETİMİ.....	155
7.1.1. Geometrinin Oluşturulması.....	155
7.1.2. Izgaralama.....	158
7.1.3. Benzetimin Koşulması.....	160
7.1.4. S-parametresi.....	163
7.2. EK:5 GRAFİKSEL KULLANICI ARABİRİMİ.....	164
7.2.1. MATLAB GUIDE Aracı ile GUI Tasarımı Oluşturma.....	164
7.3. EK-2: ARAYÜZ PROGRAMI İÇİN KULLANILAN MATLAB KODU.....	169
8. ÖZGEÇMİŞ.....	189

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
BÇS	Bulanık Çıkarım Sistemi
BMS	Bulanık Mantık Sistemi
BMSDUA	Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanış Ağ
BR	Bayesian Regularization
BW	Bant genişliği
CKMA	C şekilli Kompakt Mikroşerit Anten
COIU	Cyclical Order Incremental Update
ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcılar
DAMA	Dairesel Mikroşerit Anten
DAHKMA	Dairesel Halka Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten
dB	Desibel
DCS	Digital Communication Systems
DHKMA	Dikdörtgen Halka Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten
DMA	Dikdörtgen Mikroşerit Anten
DVM	Destek Vektör Makinaları
EKMA	E şekilli Kompakt Mikroşerit Anten
FPCG	Fletcher-Powel Conjugate Gradient
FDTD	Finite Difference Time Domain
GSM	Global Systems for Mobile Communication
GUI	Graphical User Interface
HKMA	H şekilli Kompakt Mikroşerit Anten
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
KMA	Kompakt Mikroşerit Anten
LKMA	L şekilli Kompakt Mikroşerit Anten
LM	Levenberg-Marguart
MA	Mikroşerit Anten
MFs	Membership functions
MMIC	Monolithic Microwave Integrated Circuit
MoM	Method of Moment

OSS	One Step Secant
PBCG	Powel-Beale Conjugate Gradient
PCB	Printed Circuit Board
PCS	Personal Communication Systems
PRCG	Polak-Ribiere Conjugate Gradient
RFIC	Radio Frequency Integrated Circuit
RFID	Radio Frequency Identification
SCG	Scaled Conjugate Gradient
UHF	Ultra high frequency
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Systems
ÜMA	Üçgen Mikroşerit Anten
WLAN	Wireless Local Area Network
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesi ile birlikte, iletişim alanında kullanılan cihazlar küçülmektedir ve kablosuz cihazların kullanımı artmaktadır. Bu nedenle, söz konusu cihazlarda kullanılan antenlerden en önemlisi olan mikroşerit antenler (MA) büyük ilgi görmektedir. MA fikri Deschamps tarafından 1953 yılında ortaya atılmış [Deschamps, 1953] ve 1955'te Gutton ve Baissinot tarafından patent alınmasına rağmen [Gutton ve Baissinot, 1955] yaklaşık 20 yıl boyunca pratik bir anten üretilmemiştir. Düşük kayıplı, mekanik ve ısı açıdan uygun dielektrik malzemelerin geliştirilmesiyle 1970'lerin başında Munson [Munson, 1974] ve Howell [Howell, 1975] tarafından ilk MA gerçekleştirilmiştir. Üretilen bu antenler ince ve yüzeye uyumlu olacak şekilde tasarlanmış, uzay mekikleri ve füzelerde kullanılmışlardır. Diğer mikrodalga antenlere olan üstünlükleri nedeniyle araştırmacıların ilgi odağı haline gelen MA'lar, bugüne kadar çok büyük aşamalar kaydetmişlerdir. Küçük hacimleri, üretimlerinin kolay olması, fazla maliyet gerektirmemeleri, polarizasyon ve ikili frekans özelliklerine sahip olmaları gibi avantajlarından dolayı tasarlandığı ilk yıllarda güdümlü füzeler, roketler, uydular gibi sadece askeri uygulamalarda kullanılan MA'lar, günümüzde kablosuz haberleşmenin hemen hemen her alanında kullanılmaktadırlar.

Ses, görüntü ve veri bilgisinin elektromanyetik olarak hızlı ve güvenli bir şekilde taşındığı kablosuz iletişim sistemleri uygulama alanlarına ve frekans bantlarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. GSM (Global Systems for Mobile Communication), DCS (Digital Communication Systems), PCS (Personal Communication Systems), UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systems) ve WLAN (Wireless Local Area Network) kablosuz haberleşmenin başlıca uygulama alanlarındandır. Bu uygulamalarda kullanılan cep telefonu, dizüstü bilgisayar ve kablosuz modem gibi taşınabilir cihazlardaki çeşitliliğin artması, ilgili cihazlara adapte edilebilecek boyutlardaki fonksiyonel antenlerin tasarımını zorunlu hale getirmiştir. Ayrıca IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) standartları uyarınca çeşitli frekans bantlarında gerçekleşen kablosuz haberleşme uygulamalarının tek bir anten elamanıyla sağlanabilmesi ancak ilgili antenin çift-bant veya geniş-bant performans göstermesi ile mümkün olabilmektedir. Küçük hacimli olmaları ve üretimlerinin kolay olması sebebiyle, MA'lar, kablosuz haberleşme uygulamalarında

özellikle tercih edilmektedirler [Yang ve Chen, 2001; Chuang ve Kuo, 2003; Chen vd., 2004; Liao vd., 2005; Rmili vd., 2006; Wong vd., 2006].

Literatürde MA için yapılan çalışmaların çoğu, analizlerinin kolaylığından dolayı dikdörtgen, üçgen ve daire gibi bilinen geometriler üzerinde yoğunlaşmıştır [Sainati, 1996; Sağıroğlu vd., Güney, 1997; Garg vd., 2001; Kumar ve Ray, 2003; Güney vd., Gültekin, 2004; Güney ve Sarıkaya, 2004; Türker vd., 2006; Sadat vd., 2007; Krishna vd., 2008; Yin vd., 2008; Alkanhal, 2009; Malathi vd Kumar, 2009; Thakare ve Singhal, 2010; Kabir vd., 2010]. Bununla beraber, bilinen geometrilere sahip MA'ların boyutları, UHF (Ultra high frequency) bandı uygulamaları için nispeten büyüktür. Bu nedenle, bu frekanslar için bilinen geometrilere sahip MA konfigürasyonları modifiye edilmelidir. Bilinen MA'ların iletken kısımlarında modifikasyon yapmak suretiyle rezonans uzunluğunu artırmak ve bu sayede rezonans frekansını azaltmak için Kompakt MA'lar (KMA) önerilmiştir [Paulson vd., 2001; Gao vd.; 2001; Sheta vd., 2002; Deshmukh ve Kumar, 2007; Akdağlı vd., 2008; Akdağlı ve Toktaş, 2010; Akdağlı vd., 2011; Toktaş vd., 2011]. Bu yöntem ile aynı rezonans frekansı için KMA'nın iletken yama boyutu, MA'nın boyutuna göre önemli oranda küçölmektedir. KMA ile anten boyutlarındaki küçölmeye karşılık verim ve bant genişliği gibi bazı performans kriterlerinde düşüş olabilmektedir [Gao vd., 2001; Kumar ve Ray, 2003].

Bilinen geometrik şekillere sahip MA'lar, transmisyon hattı modeli (transmission line model) [Bhattacharyya ve Garg, 1985] ve boşluk modeli (cavity model) [Richards, 1981] gibi yöntemlerle analitik olarak analiz edilebilmektedir. Bununla beraber, KMA'ların analizi, geometrilerinin düzgün olmamasından dolayı bu yöntemlerle analitik olarak oldukça zordur. Bu nedenle, KMA'ların analiz ve tasarımında, genellikle elektromanyetik nümerik hesaplama yöntemleri kullanılır. Başlıca elektromanyetik nümerik hesaplama yöntemleri, moment metodu (method of moment - MoM) [Harrington, 1993] ve zaman domeninde Maxwell denklemlerinin çözümünü sağlayan zamanda sonlu farklar domeni (Finite Difference Time Domain - FDTD) [Taflove, 1995] metodudur.

MA'lar sadece rezonans frekansı civarında çalışabildiklerinden dolayı rezonans frekansının belirlenmesi önemlidir. MA'ların rezonans frekansının hesaplanması, iletken yamanın kenarlarındaki elektromanyetik alan

saçaklanmalarından (fringing field) dolayı kompleks bir problemdir. Literatürde değişik konfigürasyonlara sahip KMA'ların rezonans frekanslarının belirlenmesinde farklı doğruluk ve basitlikte bazı metotlar sunulmuştur [Kumar ve Ray, 2003; Paulson vd., 2001; Deshmukh ve Kumar, 2007; Akdağlı vd., 2008; Akdağlı ve Toktaş, 2010; Akdağlı vd., 2011; Toktaş vd., 2011]. Önerilen metotlarda, dikdörtgen MA'lar (DMA) için yaygın olarak kullanılan etkin dielektrik sabiti ve iletken boyundaki uzamayı hesaplayan formüller kullanılmıştır. Bu yöntemlerin kullanılması formüllerin sayısını artırmakta ve hesaplama süresini uzatmaktadır. KMA'ların elektriksel (dielektrik sabiti) ve fiziksel (iletken kısım genişliği ve uzunluğu, alttaş yüksekliği, iletkende açılan boşluk genişliği ve uzunluğu) parametreleri kullanılarak o antenin rezonans frekansını belirleme problemi yüksek derecede doğrusal olmayan (nonlinear) bir problemdir. KMA'ların rezonans frekansının modelleme yöntemi ile hesaplanması oldukça zordur. MA'ların elektronik iletişim pazarında kullanımının artması, performans analizinin yapılmasında daha basit metotların kullanılmasını gerektirmektedir. Bundan dolayı MA tasarımcıları, çok fazla hesaplama zamanı gerektirmeyen basit yaklaşımları tercih etmektedirler. Bilgisayar teknolojilerinin son yıllardaki hızlı gelişimi ile birlikte Yapay Sinir Ağları (YSA), Bulanık Mantık Sistemine Dayalı uyarlanış Ağ (BMSDUA) ve Destek Vektör Makinaları (DVM) gibi yapay zekaya dayanan teknikler, klasik optimizasyon ve geleneksel analitik yaklaşımlardan daha esnek ve elverişli sonuçlar üreten güçlü alternatif araçlar olmuştur.

YSA, biyolojik sinir sisteminin çalışma prensibi temel alınarak geliştirilmiştire ve insan beyninin biyolojik sinir sistemini elektronik devreler veya bilgisayar programları ile çok sınırlı şekilde taklit etmeye çalışmaktadır. Biyolojik sistemlerin, doğrusal olmama, yüksek düzeyde paralellik, eğitime ve genelleştirme yetenekleri gibi bilgi işleme karakteristiklerine sahip olmaları, YSA'nın büyük ölçüde ilgi çekmesini sağlamıştır. YSA, nöronların birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. YSA'ların birçok yapısı mevcuttur. Bu yapılardan Çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA), en çok kullanılan YSA yapısıdır ve mühendislik problemlerinde başarılı ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [Haykin, 1994; Sağıroğlu ve Güney, 1997; Güney ve Gültekin, 2004; Güney ve Sarıkaya, 2004;

Türker vd., 2006; Malathi ve Kumar, 2009; Thakare ve Singhal, 2010; Kabir vd., 2010; Tighilt vd., 2007].

BMSDUA, YSA'nın paralel hesaplayabilme ve öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini kullanan melez bir yapay zekâ yöntemidir [Güney ve Sarıkaya, 2004; Güney ve Sarıkaya, 2006; Türkmen vd., 2008; Dadgarnia ve Heidari, 2010]. Bir problemin çözümünde genel olarak; veri kurallardan oluşmuş ise bulanık mantık, sayılardan oluşmuş ise YSA kullanılır. Her iki metodunda ayrı ayrı avantajları vardır. Sinir ağları öğrenme ve örnekleri tanımada iyi iken, kararların nasıl alınacağı konusunda iyi değildir. Bulanık mantık ise karar almada iyi iken, karar alma sürecinde kuralları kendiliğinden oluşturamaz. Esasen BMSDUA yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak temsilinden ibarettir. Bu ağ, her biri belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere, katmanlar halinde yerleştirilmiş düğümlerin birleşiminden oluşmuştur [Jang, 1992; Jang, 1993].

YSA ve BMSDUA birçok mühendislik probleminde başarılı ve yaygın bir şekilde kullanılmakta ve problemlerin çözümü için doğruluğu yüksek, basit yaklaşımlar sunmaktadır. YSA ve BMSDUA, MA'ların rezonans frekansının hesaplanmasında kullanılmıştır [Sağıroğlu vd., Güney, 1997; Güney ve Gültekin, 2004; Güney ve Sarıkaya, 2004; Türker vd., 2006; Malathi ve Kumar, 2009; Thakare ve Singhal, 2010; Güney ve Sarıkaya, 2004; Güney ve Sarıkaya 2006; Türkmen vd., 2008; Dadgarnia ve Heidari, 2010]. Bu çalışmalarda analizlerinin kolaylığından dolayı dikdörtgen, üçgen ve daire gibi bilinen geometriler tercih edilmiştir. Bu çalışmalarda YSA ve BMSDUA ağlarına girilen anten parametre sayıları üçgen ve daire şekilli MA'lar için 3, dikdörtgen şekilli MA için ise 4'tür ve YSA ve BMSDUA ağları ile kolaylıkla sonuca ulaşılabilmektedir. MA'lar modifiye edilerek elde edilen KMA'ların rezonans frekanslarının elde edilmesinde kullanılacak olan YSA ve BMSDUA ağlarına girilecek parametre sayıları MA'larda açılan boşluk boyutları ile birlikte artmaktadır. Giriş parametre sayılarının artması YSA ve BMSDUA ağları ile sonuca ulaşmayı ve ağ parametrelerinin ayarlanmasını zorlaştırmaktadır.

Bu tez çalışmasında; benzetimlerini yaptığımız ve laboratuvar ortamında gerçekleştirdiğimiz farklı fiziksel ve elektriksel parametrelere sahip, UHF bandında çalışan farklı geometrik şekillerde KMA'lar tasarlanmış ve rezonans frekansının

hesaplanmasında YSA ve BMSDUA modellerini kullanarak sonucu kısa sürede hesaplayan basit yaklaşımlar literatüre ve tasarımcıların kullanımına sunulmuştur. Bu kapsamda CKMA ve HKMA'ların benzetimleri FDTD metodunu kullanan 3 boyutlu olarak çalışan XFDTD elektromanyetik benzetim programı ile gerçekleştirilmiş ve antenlerin rezonans frekansları elde edilmiştir. DHKMA, DAHKMA, EKMA ve LKMA benzetimleri ise MoM kullanan IE3D™ elektromanyetik benzetim programı ile gerçekleştirilmiş ve rezonans frekansları elde edilmiştir. KMA'ların benzetimleri yapılırken rezonans frekansları ve geri dönüş kaybı parametrelerinin yanında ışınma diyagramları ve kazanç grafikleride incelenmiştir. Ayrıca laboratuvar ortamında gerçekleştirilen KMA'ların rezonans frekansı ve geri dönüş kaybı ölçümleri de yapılarak karşılaştırılmıştır.

KMA'ların rezonans frekansı hesabında kullandığımız YSA modelleri ileri beslemeli, geri yayımlı ÇKA'ya dayanmaktadır. ÇKA'nın eğitiminde, bir çok mühendislik uygulamasında kullanılan ve hızlı bir optimizasyon algoritması olan Levenberg-Marguart (LM) algoritması tercih edilmiştir. Ayrıca bazı KMA'ların rezonans frekansı hesabında farklı öğrenme algoritmalarının da problemimize verdiği cevaplar incelenmiş ve kendi aralarında karşılaştırılmıştır. KMA'ların rezonans frekansı hesabında kullanılan BMSDUA modelleri ise Sugeno tip bulanık çıkarım sistemi (BÇS) temellidir. YSA ve BMSDUA modellerine benzetimleri yapılan KMA'ların uzunluk, genişlik, boşluk uzunluk ve genişliği, alttaş yüksekliği ve dielektrik sabiti giriş olarak, rezonans frekansı ise çıkış olarak verilmiştir. Benzetim verileri, KMA'ların rezonans frekansını belirlemek amacıyla YSA ve BMSDUA modellerinin eğitilmesinde ve test edilmesinde kullanılmıştır. Aynı zamanda laboratuvar ortamında gerçekleştirdiğimiz belirli sayı ve şekillerdeki KMA'ların ölçüm sonuçları ve literatürde bu şekillerde tasarlanmış anten sonuçları da YSA ve BMSDUA yapılarının başarısını test etmek için kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Ayrıca KMA'ların rezonans frekansı hesabında optimizasyona dayalı bir sinirsel öğrenme yöntemi olan DVM de kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar YSA ve BMSDUA modelleri ile elde edilen sonuçlar ile de karşılaştırılmıştır. Tezde ele alınan KMA'ların rezonans frekansı hesabı için YSA ve BMSDUA kullanılarak hesaplama yapan bir arayüz de tasarlanmıştır. Bu arayüz sayesinde bu antenleri kullanarak tasarım yapacak olan kullanıcılar anten parametrelerini arayüze girerek, büyük bir doğruluk

ile anında rezonans frekansını hesaplayabileceklerdir. Bu tez çalışması neticesinde yapay zeka tekiklerinin KMA'ların rezonans frekansı hesapları için etkili ve başarılı bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir.



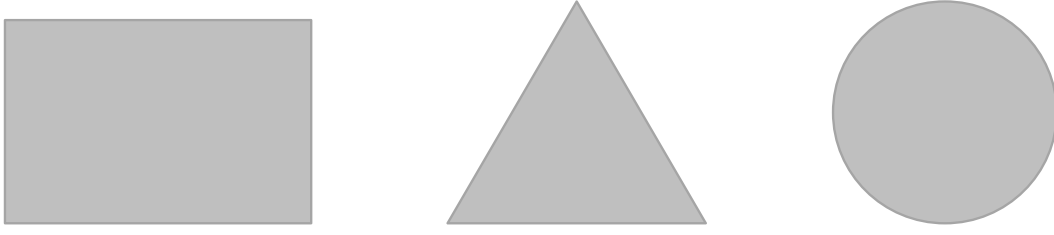
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Bu bölümde, MA'ların özelliklerinden ve uygulama alanlarından bahsedilecektir. Labaratuvar ortamında gerçekleştirilen KMA'ların incelenen performans parametrelerinin neyi ifade ettiği anlatılacaktır. Sonra, KMA'nın elde edilmesi ve bu tez çalışmasında ele alınan DHKMA, DAHKMA, CKMA, EKMA, HKMA ve LKMA yapıları ve litartürde yapılan çalışmaları anlatılacaktır. Literatürde, tezde ele alınan KMA'ların rezonans frekansı hesabı için YSA, BMSDUA ve DVM çalışmaları olmadığından, bilinen geometrik şekillere sahip MA'ların rezonans frekansı hesabı için bu tekniklerin kullanıldığı literatür çalışmaları ele alınacaktır.

2.1. MİKROŞERİT ANTENLER VE ANTEN PERFORMANS PARAMETRELERİ

2.1.1. Mikroşerit Antenler

Haberleşmede, MA üretimi için iki yüzü altın, bakır, vs. gibi iyi iletken özelliğine sahip metalle kaplanmış dielektrik malzemeler kullanılır. Yaygın MA şekilleri; kare, dikdörtgen, daire ve eliptiktir fakat herhangi bir şekilde tasarım yapılması da mümkündür. Şekil 2.1'de literatürde en çok kullanılan geleneksel MA geometrileri verilmiştir. Geleneksel MA'lar, tasarım ve analiz kolaylığına sahip oldukları için literatürde en çok incelenen anten geometrileridir [Sainati, 1996; Sağıroğlu ve Güney, 1997; Garg vd., 2001; Kumar ve Ray, 2003; Güney ve Gültekin, 2004; Güney ve Sarıkaya, 2004; Türker vd., 2006; Sadat vd., 2007; Krishna vd., 2008; Yin vd., 2008; Alkanhal, 2009; Malathi ve Kumar, 2009; Thakare ve Singhal, 2010; Kabir vd., 2010]. Bununla beraber bu antenler yapı olarak nispeten büyüktür ve dar bant genişliğine sahiptir. Bazı MA'ları, dielektrik vidalar kullanmak suretiyle dielektrik tabandan uzakta tutularak toprak düzlemi üzerine havaya asılan metal yama şeklinde meydana getirilirler. Bu yapılanmada sağlamlık arka planda bırakılarak daha iyi bir band genişliği elde edilmektedir. MA'lar düşük profile sahip, mekanik olarak sağlam ve uyarlanabilir oldukları için, sıklıkla hava ve uzay araçlarının dış yüzeylerine monte edilebilirler veya mobil radyo haberleşme cihazlarının içine adapte edilebilirler.



Şekil 2.1. Geleneksel MA geometrileri

MA'lar basit iki boyutlu fiziksel geometrisinden dolayı oldukça ucuza mal edilen ve tasarlanan antenlerdir. Genellikle UHF ve daha yüksek frekanslarda çalıştırılırlar. Çünkü anten boyutu doğrudan rezonans frekansındaki dalga boyuna bağlıdır. Basit bir yama anten maksimum 6-9 dB'lik (desibel) bir yönlü kazanç sağlar. En yaygın kullanılan MA tipi dikdörtgen yamadır. Dikdörtgen yama anten dikdörtgen (mikroşerit) iletim hattının yaklaşık olarak yarım dalga boyundaki kısmıdır. Anten tabanı hava iken, DMA'nın uzunluğu yaklaşık olarak uzaydaki yarım dalga boyuna eşit olur. Anten; tabanı olan bir dielektrikle yüklendiğinde, tabanın bağıl dielektrik sabiti artacağı için anten uzunluğu azalır. Elektriksel anten uzunluğunu biraz arttıran genişletilmiş elektrik "saçılma alanları" sebebiyle antenin rezonans uzunluğu biraz daha kısadır.

MA'nın basit bir modeli, diğere uçta ışımaya kaybını temsil eden eşdeğer yüklere sahip mikroşerit iletim hattının bir kesimidir. MA'ların dielektrikle yüklenmeleri hem ışımaya desenini hem de empedans band genişliğini etkiler. Tabanın dielektrik sabiti arttığı sürece, antenin kalite faktörünü arttıran anten band genişliği azalır ve bu yüzden empedans band genişliği de azalır. Mikroşerit antenlerin band genişliği ise h/ϵ_r ile orantılıdır. Antenin iletim hattı modeli kullanıldığında bu ilişki düşünülmemiştir; fakat 1970'lerin sonlarında Lo tarafından tanıtılan kavite modeli kullanıldığında anlaşılmıştır (Lo, 1970).

MA'ların doğasında var olan bir diğere avantaj ise kutuplu yönelticiliğe sahip olabilme yetenekleridir. MA'lar; çoklu besleme noktaları ya da asimetrik yama yapılarıyla tek bir besleme noktası kullanılarak dikey, yatay, dairesel kutuplanmaya sahip biçimde kolayca tasarlanabilir. Bu eşsiz özellik MA'ların diğere gerekliliklere sahip pek çok haberleşme tipinde kullanılmasına imkân tanır. MA'lar ilk olarak G.A. Deschamps tarafından 1953 yılında önerilmiştir [Deschamps, 1953]; fakat Robert E. Munson gibi araştırmacılar tarafından düşük kayıplı yumuşak taban materyallerinin kullanılarak geliştirildiği 1970' lere kadar pratik hale gelmemişlerdir [Munson, 1974].

MA'lar geleneksel mikrodalga antenler ile karşılaştırıldığında çeşitli avantajlara sahiptir. Temel avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Düşük üretim maliyetine sahiptirler.
- Konformal yapılara imkân tanırılar.
- Yarım dalga boyunda ya da daha azında ayrılabilen geniş dizi oluşturmada kolaylık sağlarlar.
- Düşük ağırlığa sahiptirler.
- Aynı alttaş üzerinde diğeri MIC'lerle (Microwave Integrated Circuit) beraber tümleşik olarak üretilebilirler.
- Lineer polarizasyona ve dairesel polarizasyona uygundurılar.
- Kişisel gezgin iletişim cihazları ile kompakt olarak üretilebilirler.
- Çiftli frekans uygulamalarına ve üçlü frekans uygulamalarına izin vermektedirler.

MA'lar geleneksel mikrodalga antenler ile karşılaştırıldığında çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Temel dezavantajları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Dar band genişliğine sahiptirler.
- Düşük kazanç ve düşük verime sahiptirler.
- MA'ların çoğu yarı düzlem içinde ışımaya yaparlar.
- Yaklaşık 30 dB olan en üst kazanç seviyesinin pratik anlamda elde edilmesinde güçlükler yaşanır.
- Besleme ve ışımaya elemanı arasındaki yalıtım zayıftır.
- MA'nın boyutları frekansıyla ters orantılıdır. Mikrodalgadan daha küçük frekanslarda, mikroşerit yamalar boyut gereksinimleri sebebiyle kullanıma uygun değildir.

Pek çok pratik tasarım için, MA'ların avantajları, dezavantajlarına göre daha fazladır. Araştırma ve geliştirmelerin sürmesi ve MA kullanımının artmasıyla, yakın gelecekte MA'ların pek çok uygulama için alışılmış antenlerin yerine geçmesi beklenebilir. MA'ların temel uygulama alanları şunlardır:

- Kablosuz Sistemler,
- Uydu haberleşmesi,
- Silahların otomatik ateşlenmesi,

- Çevresel enstrümantasyon ve uzaktan algılama.

MA'ların avantajları dikkate alındığında, uygulama alanlarının artacağı açıktır [Sainati, 1996].

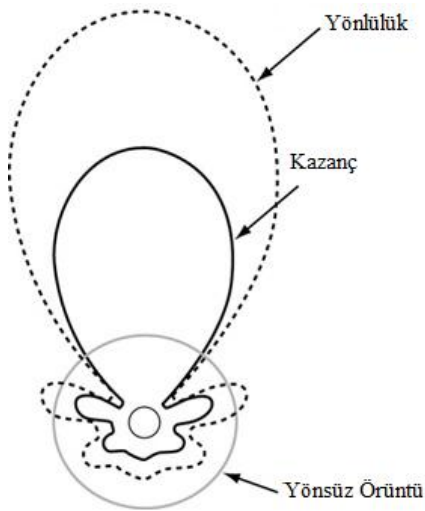
2.1.2. Anten Performans Parametreleri

2.1.2.1. Işıma Örüntüsü

Işıma örüntüsü, bir antenin ışımaya kabiliyetinin uzaysal koordinatlara bağlı fonksiyonunun grafiksel gösterimidir. Genellikle, ışımaya örüntüsü uzak alan için ve yönlü koordinatlara bağlı fonksiyonun gösterimi olarak belirlenir. Işıma kabiliyeti, güç akış yoğunluğu, ışımaya yoğunluğu, alan gücü, yönlülük ve faz veya kutuplaşmayı içermektedir. Işıma kabiliyeti çoğu zaman iki boyutlu (2B) veya üç boyutlu (3B) olarak gösterilir [Balanis, 2007].

2.1.2.2. Yönlülük ve Kazanç

Bir antenin yönlülüğü, Eşitlik (2.1)'de verildiği gibi azami ışımaya şiddetinin, yönsüz (izotropik) antenin ışımaya şiddetine oranı olarak hesaplanır. Yönlülük ve kazanç ilişkisi Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Yönsüz antenin ışımaya şiddeti, ışımaya gücünün 4π 'ye bölünmesiyle elde edilir. Yönlülük her zaman 1'den büyüktür. Eşitlik (2.2)'de verildiği gibi bir antenin kazancı, verimlilik ile yönlülüğün çarpımı ile belirlenmektedir [Balanis, 2007].



Şekil 2.2. Bir antenin ışımaya örüntüsü

$$Yönlülük (D) = \frac{U_{\max}}{U_{\text{izotropik}}} \quad (2.1)$$

$$Kazanç (G) = e.D \quad (2.2)$$

Burada; e , antenin verimini ve D , antenin yönlülüğünü temsil etmektedir. Verim, 0 ile 1 arasında değiştiiğinden dolayı kazanç en fazla yönlülüğe eşit olabilmektedir.

2.1.2.3. Verim

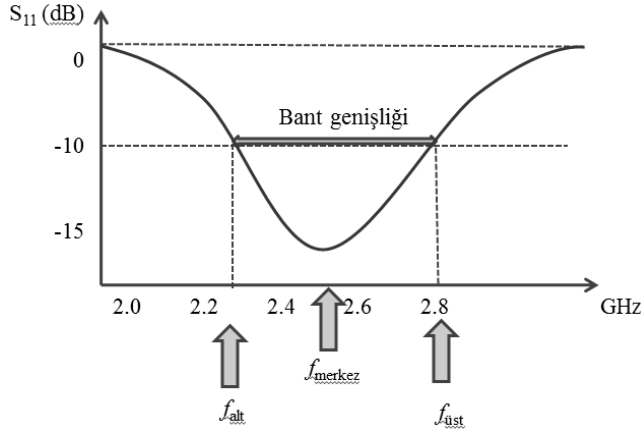
Verim, antenin elektromanyetik dalgaya dönüştürdüğü gücün, antene giren güce oranı olarak tanımlanabilir. Bir antenin verimi, Eşitlik (2.3) kullanılarak bulunur. Dielektrik kaybı, iletim kaybı, yansıma kaybı, polarizasyon kaybı ve herhangi bir yükte dağılan güç antenin verimini etkileyen faktörlerdir [Balanis, 2007].

$$Verim (e) = \frac{P_{\text{ışyan}}}{P_{\text{giren}}} \quad (2.3)$$

Burada; $P_{\text{ışyan}}$, antenden ışıyan gücü ve P_{giren} , antene verilen gücü temsil etmektedir.

2.1.2.4. Empedans Bant Genişliği

Empedans bant genişliği, bir antene ait S-parametrelerinin frekansa karşı eğrileri kullanılarak belirlenir. S-parametreleri için genellikle -10dB değeri baz alınarak hesaplanır. Şekil 2.3’de bir antenin S_{11} grafiği verilmiştir. Buna göre, anten ışıma performansının -10dB değerine düştüğü ilk frekans değeri, alt frekans değeri (f_{alt}) olarak; çıktığı son frekans değeri ise üst frekans değeri ($f_{\text{üst}}$) olarak tanımlanır. Eşitlik (2.4)’de verildiği gibi bant genişliği (BW), üst ve alt frekans değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır [Balanis, 2007]. Ayrıca bant genişliğini değerlendiren bir diğer parametre, Eşitlik (2.5)’de verilen yüzdellik bant genişliği ifadesidir. Genel olarak yüzdellik bant genişliği $\%20$ ’nin üzerinden olan antenler geniş bant olarak ifade edilir.



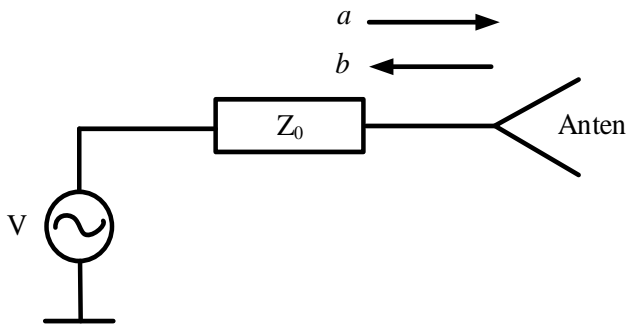
Şekil 2.3. Bir antenin S_{11} parametresi ve empedans bant genişliği gösterimi

$$BW = f_{üst} - f_{alt} \quad (2.4)$$

$$BW (\%) = 100 \left(\frac{f_{üst} - f_{alt}}{f_{merkez}} \right) \quad (2.5)$$

2.1.2.5. S-Parametreleri

S-parametreleri, empedans uyumunu ve ışınım performansını gösteren önemli anten parametrelerinden biridir. Şekil 2.4’de tek elemanlı bir yapıda a antenin portuna verilen sinyali, b ise antenin girişinden dönen (yansıyan) sinyali ifade etmektedir.



Şekil 2.4. Tek antenli bir sistemin genel yapısı

S-parametresinin, anten elemanına verilen ve geriye dönen sinyale göre ifadesi Eşitlik (2.6)’daki gibidir.

$$S_{11} = \frac{b}{a} \quad (2.6)$$

İdeal bir antende, anten girişlerinde geri dönen sinyal istenmez. Başka bir deyişle, antene giren bütün gücün ışıyarak yayılması istenir. S-parametreleri, genellikle dB olarak ifade edilir ve Eşitlik (2.7) kullanılarak hesaplanır.

$$|S_{xy}|_{dB} = 20 \log_{10} |s_{xy}| \quad (2.7)$$

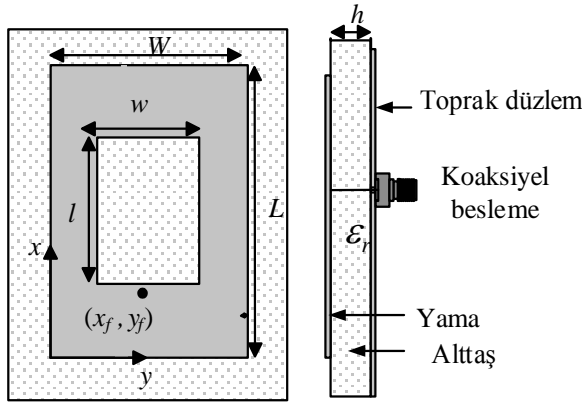
Burada; x ve y , S-parametrelerinin indislerini ifade etmektedir. Anten uygulamalarında, S-parametre değerlerinin düşürülmesine çalışılmaktadır. Verilen sinyalin %90'ını ışıyan bir antenin geriye dönme kaybı (s_{11}), -10 dB olarak hesaplanır. Bu nedenle anten tasarımlarında yansıma kaybının -10 dB'nin altına düşürülmeye çalışılmaktadır.

2.2. KOMPAKT MİKROŞERİT ANTENLER

Kişisel mobil iletişim araçları ve diğer küçük iletişim sistemleri küçük boyutlu MA'lara ihtiyaç duymaktadır. Bilinen geometrilere sahip MA'ların boyutları, UHF bandı uygulamaları için nispeten büyüktür. Bu nedenle, bu frekanslar için bilinen geometrilere sahip MA konfigürasyonları modifiye edilmelidir. Bilinen MA'ların iletken kısmında modifikasyon yapmak suretiyle rezonans uzunluğunu artırmak ve bu sayede rezonans frekansını azaltmak için KMA'lar önerilmiştir [Thakare ve Singhal, 2010; Tighilt vd., 2011; Paulson vd., 2001; Gao vd., 2001; Sheta vd., 2002; Deshmukh ve Kumar, 2007; Bhunia vd., 2008; Akdağlı, 2008; Toktaş, 2009; Akdağlı ve Toktaş, 2010]. Bu yöntem ile aynı rezonans frekansı için KMA'nın iletken yama boyutu, MA'nın boyutuna göre önemli oranda küçülmektedir. KMA ile anten boyutlarındaki küçülmeye karşılık verim ve bant genişliği gibi bazı performans kriterlerinde düşüş olabilmektedir [Kumar ve Ray, 2003].

2.2.1. Dikdörtgen Halka Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten

Şekil 2.5'de görüldüğü gibi, bir DHKMA, $(L \times W)$ boyutlarındaki DMA'nın iletken yamasının merkezinde, simetrik olacak şekilde $(l \times w)$ ölçülerinde dikdörtgen bir boşluk açılması ile elde edilebilir [Deshmukh ve Kumar, 2007].

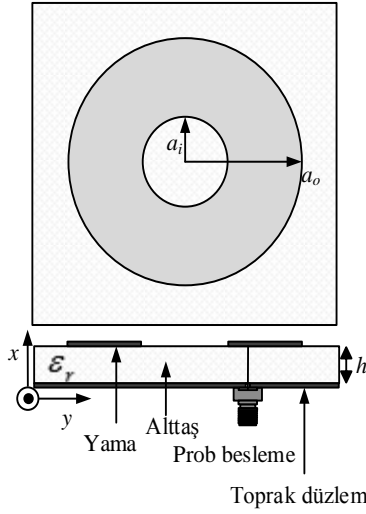


Şekil 2.5. DHKMA geometrisi

Literatürde, DHKMA'ların rezonans frekansı hesabı için iletken boyundaki uzamaya bağlı olarak farklı formülasyonlar önerilmiştir. Bu formülasyonlar, $L=60$ mm, $W=40$ mm, $h=1.59$ mm ve $\epsilon_r=2.33$ fiziksel ve elektriksel parametrelerde farklı boşluk uzunlukları ile yapılan 7 benzetim verisi ile test edilmiştir. Ancak bu formüller test için kullanılmak üzere benzetimi yapılan bazı DHKMA'lar için sonuç vermemiştir. Bu çalışmalarda rezonans frekansı hesabının yanında DHKMA üzerindeki akım dağılımları da incelenmiştir [Deshmukh ve Kumar, 2007].

2.2.2. Dairesel Halka Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten

Şekil 2.6'da görüldüğü gibi, DAHKMA, a_o yarıçaplı dairesel yamanın merkezinde a_i yarıçaplı dairesel bir boşluk açılması ile elde edilmektedir [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubbkarya, 2011]. Aynı frekanslarda çalışan DAHKMA, halka şekilli MA'ya göre daha küçüktür. Halka şekilli KMA'nın merkezinde bir boşluk açarak kompakt hale getirilen MA, küçük anten ihtiyacı olan kablosuz mobil iletişim sistemleri için daha uygundur.



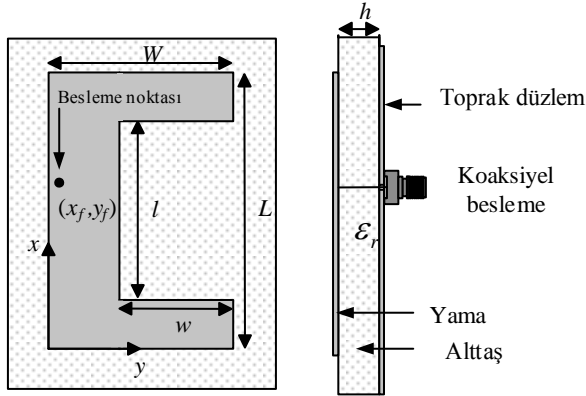
Şekil 2.6. DAHKMA geometrisi

DAHKMA 'ların analizinde yaygın olarak boşluk modeli, iletim hattı modeli, Fourier veya Hankel dönüşüm domenleri için Galerkin metodu ve Green fonksiyonları kullanılmıştır [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubkarya, 2011]. Bu yaklaşık modeller büyük varsayımlar kullanır ve antenlerin ışınım mekanizmalarını hesaba katmaz. Ayrıca bu yaklaşımlar, DAHKMA 'ların rezonans frekansının hesaplanmasında karmaşık formüller kullanır, basit ve etkin yaklaşımlar değildir. DAHKMA 'lar iç ve dış yarıçapları ayarlanarak, bant genişliği artırma ve rezonat modları ayarlama gibi önemli özelliklerinden dolayı çok çalışılan KMA 'lar arasındadır. Literatürde farklı fiziksel ve elektriksel parametrelerde çok sayıda DAHKMA gerçekleştirilmiş ve ölçümleri yapılmıştır [Bahl vd., 1980; Dahele ve Lee, 1982; Lee vd., 1983; Dahele vd., 1987; Fan ve Lee, 1991; Liu ve Hu, 1996; Row, 2004; Shinde vd., 2010; Kumar ve Dhubkarya, 2011].

2.2.3. C Şekli Kompakt Mikroşerit Anten

Bir CKMA, Şekil 2.7'de gösterildiği gibi, bir DMA'dan, onun ışınım yapmayan L kenarı boyunca simetrik olarak açılan bir boşlukla elde edilir. CKMA'nın dış uzunluğu L ve genişliği W , açılan boşluğuun genişliği l ve uzunluğu w olarak gösterilmiştir. Besleme noktasının koordinatları (x_f, y_f) 'dir. Antende açılan boşluğuun, genişliğinin ve uzunluğuunun artması, anten yüzeyinde oluşan yüzey akımlarını artırır. Bu CKMA'nın etkin uzunluğuunun L_{eff} artmasına neden olur ve rezonans frekansında azalma meydana gelir [Kumar ve Ray, 2003; Deshmukh ve Kumar, 2007]. Literatürde CKMA'ların rezonans frekansı hesabı için belirli sayıda benzetim verileri kullanılarak

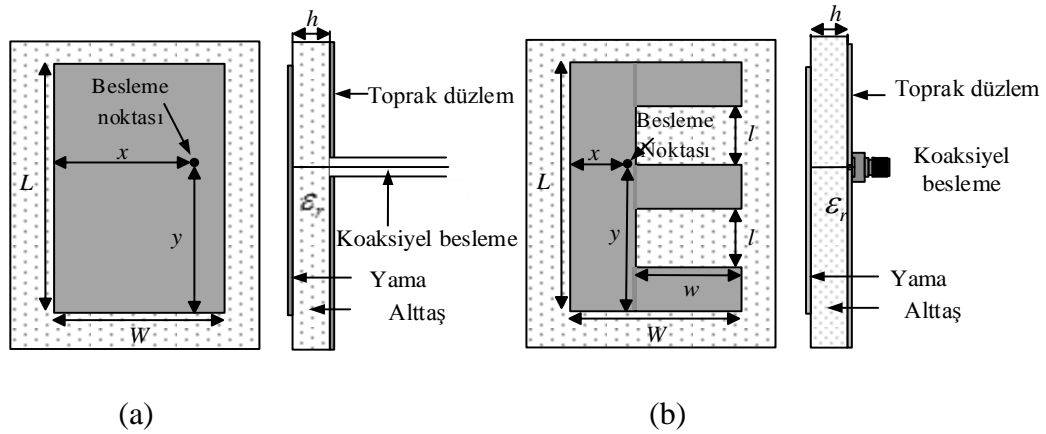
etkin dielektrik sabiti ve iletken boyundaki uzamayı hesaplayan formüller önerilmiştir [Deshmukh ve Kumar, 2007; Akdaglı vd., 2011; Toktas vd., 2011].



Şekil 2.7. CKMA geometrisi

2.2.4. E Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten

EKMA Şekil 2.8 (a)'da verilen boyutları ($L \times W$) olan DMA'nın uzun kenarların birinde, ($l \times w$) boyutlarında eşit ve merkeze göre simetrik iki boşluğun açılmasıyla elde edilen E şekilli yamanın, toprak düzlem üzerinde bulunan h yüksekliğindeki ϵ_r dielektrik sabitine sahip alttaş malzemenin üzerine yerleştirilmesiyle Şekil 2.8 (b)'de gösterildiği gibi elde edilmiştir [Ooi ve Shen, 2000; Yang vd., 2001].

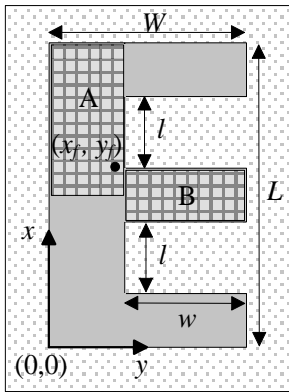


Şekil 2.8. (a) DMA geometrisi (b) EKMA geometrisi

EKMA ile ilgili ilk çalışma 2000 yılında Ooi ve Shen tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, 4.5 GHz frekansı civarında çalışan bir anten tasarlanmış ve daha büyük bant genişliği elde etmek için anten yapısında bazı değişiklikler de yapılmıştır [Ooi ve Shen, 2000]. Daha sonra, kablosuz iletişimde kullanılabilen 1.9 ile 2.4 GHz frekans

aralığında çalışan genişbant bir anten tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir [Yang vd., 2001]. 2003 yılında bir EKMA modifiye edilerek bant genişliğinin iyileştirilmesi yöntemi sunulmuştur [Yu ve Zhang, 2003]. Daha sonra, 5-6 GHz bandında çalışan mikroşerit beslemeli bir anten tasarlanarak parametreleri araştırılmıştır [Ge vd., 2004]. 900 MHz frekansında çalışan alttaşı yükseltilmiş EKMA, 2005 yılında tasarlanmış ve çeşitli parametreleri araştırılmıştır [Deshmukh ve Kumar, 2005]. 2010 yılında WLAN 802.11 b/g uygulamasına uyumlu dairesel kutuplu, modifiye edilmiş EKMA üzerinde çalışılmıştır [Khidre vd., 2010]. Literatürde sunulan çalışmalarda, genellikle küçük boyutlu yüksek frekanslarda (>UHF) çalışan antenler veya büyük boyutlu düşük frekanslarda (UHF) çalışan antenler sunulmuştur. Literatürde önerilen anten yapılarının karşılıklı avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, küçük boyutlu ve 3G, WIMAX, WLAN gibi kablosuz iletişim uygulamalarına yönelik çalışmalar azdır.

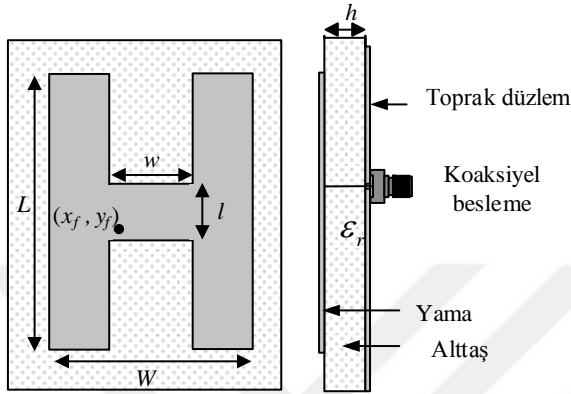
Literatürde EKMA için yapılan çalışmalarda besleme noktası Şekil 2.9.'da görülen B bölgesinde seçilmiştir. Besleme noktasının bu bölgede seçilmesi ile aynı dış boyutlara sahip DMA'ya göre daha büyük rezonans frekansı ve geniş bant elde edilmiştir [Yang vd., 2001]. EKMA için yapılan geniş bantlı çalışmaların dışında yaklaşık rezonans frekansı formülleri önerilmiştir. Bu formüllerin elde edilmesinde, boşluk açılarak oluşturulan KMA'ların yama alanının, denk DMA yama alanına dönüştürülmesi yöntemi kullanılmıştır. Önerilen formülasyonlar nispeten karmaşık ve hesaplaması zordur [Neog vd., 2006; Neog ve Devi 2010; Günel 2011; Toktaş ve Akdağlı, 2012].



Şekil 2.9. EKMA için besleme noktası seçimi

2.2.5. H Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten

Bir HKMA Şekil 2.10’da görüldüğü gibi DMA’nın ışımaya yapmayan kenarları boyunca açılmış iki simetrik ve eşit boşluklarla gerçekleştirilmiştir [Kumar ve Ray, 2003; Deshmukh ve Kumar, 2007].

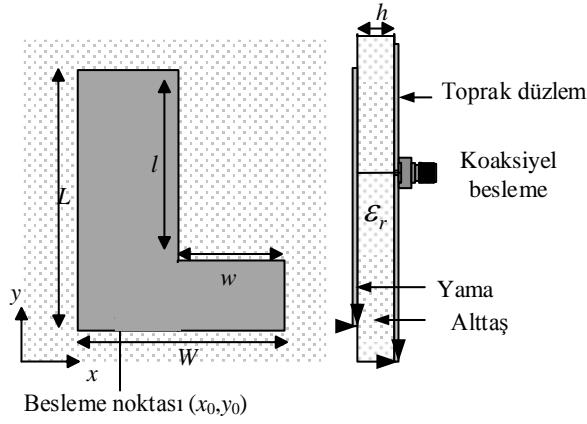


Şekil 2.10. HKMA geometrisi

HKMA’nın dış uzunluğu L ve genişliği W , yamada açılan boşluğun genişliği l ve uzunluğu w olarak gösterilmiştir. W arttıkça empedans uyumu için besleme noktası merkeze doğru kayar [Kumar ve Ray, 2003]. HKMA için literatürde iletken boyundaki uzamayı hesaplayan formüller kullanılarak rezonans frekansı hesabı yapan formülasyonlar önerilmiştir [Deshmukh ve Kumar, 2007; Toktas vd., 2011].

2.2.6. L Şekilli Kompakt Mikroşerit Anten

LKMA, Şekil 2.11’de görüldüğü gibi boyutları $(L \times W)$ olan dikdörtgen yamanın ışımaya yapmayan kenarlarından birinde, $(l \times w)$ boyutlarında bir boşluğun açılmasıyla elde edilen yamanın, toprak düzlem üzerinde bulunan h yüksekliğindeki dielektrik malzemenin üzerine yerleştirilmesi ile oluşturulur. DMA’da açılan boşlukların etkisiyle etkin rezonans uzunluğu artmakta, böylece rezonans frekansında azalma meydana gelmektedir [Chen, 2000; Neog ve Devi 2010].



Şekil 2.11. LKMA geometrisi

Literatürde, $L=50$ mm, $W=45$ mm, $l=22$ mm, $w=20$ mm, $h=8$ mm ve $\epsilon_r=1.07$ fiziksel ve elektriksel parametrelerde LKMA'nın rezonans frekansı için benzetim ve ölçüm sonuçları, akım dağılımı ve ışın diyagramları ile birlikte sunulmuştur [Chen, 2000]. Aynı zamanda LKMA rezonans frekansı hesabı için literatürde DMA'ya göre eşdeğer alan kullanarak iletken boyundaki uzamaya bağlı formüller önerilmiştir [Neog ve Devi 2010].

2.3. YSA, BMSDUA VE DVM'NİN, MA'LARIN REZONANS FREKANSININ HESAPLANMASINDA KULLANIMLARI

Bilgisayar teknolojilerinin son yıllardaki hızlı gelişimi ile birlikte YSA, BMSDUA ve DVM gibi yapay zekaya dayanan teknikler, klasik optimizasyon ve geleneksel analitik yaklaşımlardan daha esnek ve elverişli sonuçlar üreten güçlü alternatif araçlar olmuştur.

YSA, biyolojik sinir sisteminin çalışma prensibi temel alınarak geliştirilmiştir ve insan beyninin biyolojik sinir sistemini elektronik devreler veya bilgisayar programları ile çok sınırlı şekilde taklit etmeye çalışmaktadır. Biyolojik sistemlerin, doğrusal olmama, yüksek düzeyde paralellik, eğitime ve genelleştirme yetenekleri gibi bilgi işleme karakteristiklerine sahip olmaları, YSA'nın büyük ölçüde ilgi çekmesini sağlamıştır. YSA, nöronların birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. YSA'ların birçok yapısı mevcuttur. Bu yapılardan ÇKA, en çok kullanılan YSA yapısıdır ve mühendislik problemlerinde başarılı ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [Haykin, 1994; Sağıroğlu ve Güney,

1997; Güney ve Gültekin, 2004; Güney ve Sarıkaya, 2004; Türker vd., 2006; Malathi ve Kumar, 2009; Thakare ve Singhal, 2010; Kabir vd., 2010; Tighilt vd., 2007].

BMSDUA, YSA'nın paralel hesaplayabilme ve öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini kullanan melez bir yapay zekâ yöntemidir [Güney ve Sarıkaya, 2004; Güney ve Sarıkaya, 2006; Türkmen vd., 2008; Dadgarnia ve Heidari, 2010]. Bir problemin çözümünde genel olarak; veri kurallardan oluşmuş ise bulanık mantık, sayılardan oluşmuş ise YSA kullanılır. Her iki metodunda ayrı ayrı avantajları vardır. YSA öğrenme ve örnekleri tanımada iyi iken, kararların nasıl alınacağı konusunda iyi değildir. Bulanık mantık ise karar almada iyi iken, karar alma sürecinde kuralları kendiliğinden oluşturamaz. Esasen BMSDUA yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak temsilinden ibarettir. Bu ağ, her biri belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere, katmanlar halinde yerleştirilmiş düğümlerin birleşiminden oluşmuştur [Jang, 1992; Jang, 1993].

Destek Vektör Makineleri (DVM) güçlü istatistiksel öğrenme teorilerine dayalı bir nöral makine öğrenme algoritmasıdır. DVM'nin sahip olduğu matematiksel algoritmalar başlangıçta iki sınıflı doğrusal verilerin sınıflandırılması problemi için tasarlanmış, daha sonra çok sınıflı doğrusal olmayan verilerin sınıflandırılması ve regresyon işlemleri için genelleştirilmiştir. Klasik makine öğrenmesi yöntemlerinde yüksek sayıda eğitim verisine sahip olma gerekliliği, düşük yakınsama oranı, yerel minimuma takılma ve fazla uyum/eksik uyum (overfitting/underfitting) problemleriyle karşılaşmaktadır [Lu vd., 2002]. Ancak DVM, yapısal risk minimizasyonu temeline dayalı çalışarak bu problemlerin üstesinden gelmiştir. DVM'nin çalışma prensibi iki sınıfı birbirinden ayırabilen en uygun karar fonksiyonun tahmin edilmesi, başka bir ifadeyle iki sınıfı birbirinden en uygun şekilde ayırabilen hiper-düzlemin tanımlanması esasına dayanmaktadır [Wapnik, 2000].

YSA, BMSDUA ve DVM gibi yapay zeka tekniklerinin bir çok mühendislik alanında uygulaması mevcuttur. Bunlar MA'lar üzerinde çokça kullanılmasına rağmen KMA'lar üzerindeki ilk uygulaması bu çalışma ile gerçekleştirilmiştir. Aşağıda MA'ların rezonans frekansının YSA, BMSDUA ve DVM ile hesaplanmasına ilişkin literatürde yapılmış çalışmalar gözden geçirilecektir.

2.3.1. YSA'nın MA'ların Rezonans Frekansı Hesabında Kullanılması

Literatürde DMA, dairesel MA (DAMA) ve üçgen MA'nın (ÜMA) rezonans frekansı hesabı için YSA'nın kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıda anlatılmıştır.

2.3.1.1. YSA'nın DMA'ların rezonans frekansı hesabında kullanılması

[Karaboğa vd., 1999] tarafından literatürde deneysel ve teorik olarak çalışılmış 37 adet DMA'nın fiziksel ve elektriksel parametrelerini, ölçülmüş ve hesaplanmış rezonans frekanslarını kullanarak DMA'ların rezonans frekansı hesabı için ÇKA'ya dayanan YSA modeli önerilmiştir. YSA modelinin girişleri DMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri (L , W , h , ϵ_r), hedef ise DMA'nın rezonans frekansıdır. 37 DMA'nın 28 tanesi YSA'nın eğitimi, 9 tanesinde YSA'nın testi için kullanılmıştır. Bu YSA modeli 5 nöronlu 2 tane gizli katman kullanılmış ve epok sayısı 200000 seçilmiştir. Epok sayısının büyük olması hesaplama süresini artırmasına rağmen başarılı sonuçlar aldığı görülmektedir.

[Güney ve Gültekin, 2004] tarafından DMA'ların rezonans frekansı YSA ile 11 farklı öğrenme algoritması kullanılarak hesaplanmıştır. Kullanılan YSA modeli ÇKA'ya dayanmakta ve daha önce deneysel olarak çalışılmış olan DMA verileri kullanılarak eğitim ve test işlemi gerçekleştirilmiştir. 46 DMA'nın 37'si YSA'nın eğitimi için, 9'u da YSA'nın testi için kullanılmıştır. Herbir öğrenme algoritmasında farklı sayıda nöron ve gizli katmanlara sahip YSA modelleri ile sonuca ulaşılmıştır. LM ve BR öğrenme algortimalarının dışındaki YSA modellerinde seçilen epok sayıları büyüktür ve hesaplama süresini artırmaktadır. Farklı öğrenme algoritmaları ile elde edilen sonuçlar hem kendi aralarında hem de ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Modellerin başarısı, ayrıca literatürde kullanılan konvansiyonel metodlar ile de karşılaştırılarak desteklenmiştir.

[Koçer, 2009] tarafından DMA'ların rezonans frekansının YSA'lar kullanılarak hesaplanması üzerine bir tez çalışması yapılmıştır. YSA ağını eğitmede, literatürdeki mevcut deneysel veriler kullanılmıştır. Bu verilerden 23 tanesi YSA'nın eğitimi, geri kalan 3 tanesi ise YSA'nın testi için kullanılmıştır. Ayrıca bu ölçüm sonuçlarının HFSS benzetim programı ile benzetimleri yapılmıştır. YSA ile elde edilen sonuçlar hem benzetim hem de ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan YSA

modelinde 5 nöronlu 1 gizli katman kullanılmış, öğrenme algoritması olarak LM seçilmiş ve epok sayısı 500 alınmıştır.

[Merad vd., 2011] tarafından DMA'nın tasarımı ve rezonans frekansının hesabı YSA ile gerçekleştirilmiştir. YSA modeli sırayla 10, 10 ve 5 nöronlu gizli katmanlardan oluşmaktadır. Hiperbolik tanjant sigmoid ve lineer aktivasyon fonksiyonları ağı eğitiminde kullanılmış ve epok sayısı 2000 olarak seçilmiştir. Literatürdeki 46 DMA verisinin 36'sı eğitim, 10'u ise test amaçlı kullanılmış ve daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır.

[Güney vd., 2012] tarafından DMA'ların rezonans frekansı ÇKA'ya dayanan YSA yapılarının dışında farklı YSA yapıları kullanılarak hesaplanmıştır. Literatürdeki 46 adet DMA verisi YSA'nın eğitim ve testi için kullanılmış ve elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer sonuçlar ile karşılaştırılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

2.3.1.2. YSA'nın DAMA'ların rezonans frekansı hesabında kullanılması

[Sağiroğlu vd., 1998] tarafından DAMA'nın rezonans frekansı hesabı için kullanılan ÇKA'ya dayanan YSA modelinde literatürde ölçümü yapılmış olan 20 anten kullanılmıştır. DAMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri (r , h , ϵ_r) YSA modeline giriş olarak, rezonans frekansları da hedef olarak girilmiştir. 20 DAMA'nın 17'si YSA'nın eğitimi, 3'ü ise testi için kullanılmıştır. Kullanılan YSA modeli 5 nöronlu 2 gizli katmandan oluşmaktadır. YSA modeli ile elde edilen sonuçların başarılı olduğu görülmektedir ve literatürde önerilen diğer yöntemlerin sonuçları ile de karşılaştırılmıştır.

[Yıldız vd., 2002] tarafından literatürde ölçüm sonuçları verilmiş olan 20 DAMA'nın verileri kullanılarak YSA ile rezonans frekansı hesabı için bir model önerilmiştir. YSA eğitimi için 17, testi için de 3 DAMA kullanılmıştır. [Sağiroğlu vd., 1998] tarafından önerilen modelden farklı YSA yapıları kullanılarak elde edilen sonuçlar kendi aralarında performans bakımından karşılaştırılmıştır. Kullanılan YSA modellerinde farklı sayıda nörona sahip gizli düğümler ve farklı epok sayıları tercih edilmiştir.

[Ouchar vd., 2005] tarafından DAMA'nın rezonans frekansı hesabı için ileri beslemeli, ÇKA'ya dayanan, 20 nöronlu 2 gizli katmana sahip YSA modeli

önerilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürde önerilen hesaplama sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

[Koçer, 2009] tarafından DAMA'ların rezonans frekansının YSA'lar kullanılarak hesaplanması üzerine bir tez çalışması yapılmıştır. YSA ağını eğitmede, literatürdeki mevcut 17 deneysel sonuç kullanılmıştır. Bu verilerin HFSS benzetim programı ile benzetimleri yapılmıştır. Bu verilerden 15 tanesi YSA'nın eğitimi, geri kalan 2 tanesi ise YSA'nın testi için kullanılmıştır. YSA ile elde edilen sonuçlar hem benzetim hem de ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan YSA modelinde 3 nöronlu 2 gizli katman kullanılmış, öğrenme algoritması olarak LM seçilmiş ve epok sayısı 300 alınmıştır.

2.3.1.3. YSA'nın üçgen MA'ların rezonans frekansı hesabında kullanılması

[Sağıroğlu ve Güney, 1997] tarafından ÇKA'ya dayanan YSA modeli kullanılarak eşkenar üçgen MA'ların (ÜMA) rezonans frekansı hesabı yapılmıştır. YSA ağıının eğitim ve testi için literatürde ölçümleri yapılan eşkenar ÜMA'lar kullanılmıştır. Bunlardan 12 tanesi eğitim, 3 tanesi de test amaçlı seçilmiştir. YSA modeli 5 ve 3 nöronlu 2 gizli katmanda oluşmaktadır. Elde edilen sonuçlar literatürde elde edilen diğer sonuçlar ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

[Brinhol vd., 2005] tarafından eşkenar ÜMA'ların rezonans frekansı hesabı için farklı YSA yapıları kullanan modeller önerilmiştir. Antene ait fiziksel ve elektriksel parametreler YSA modeline giriş olarak, rezonans frekansları da hedef olarak sunulmuş ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

[Gupta vd., 2013] tarafından IE3D™ elektromanyetik benzetim programı kullanılarak elde edilen eşkenar ÜMA'ların verileri kullanılarak eğitilen YSA modeli ile rezonans frekansı hesabı yapılmıştır. YSA modeli ile hesaplanan rezonans frekansı değerleri benzetim sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2.3.2. BMSDUA'nın MA'ların Rezonans Frekansı Hesabında Kullanılması

Literatürde DMA, DAMA ve ÜMA'nın rezonans frekansı hesabı için BMSDUA'nın kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Bunlardan bazıları kısaca aşağıda anlatılmıştır.

[Angiulli ve Versaci, 2003], BMSDUA kullanarak DMA, DAMA ve ÜMA'ların rezonans frekansını hesaplayan bir yöntem gerçekleştirmişler ve başarılı sonuçlar almışlardır.

[Güney ve Sarıkaya, 2003] tarafından eşkenar ÜMA'ların rezonans frekansı hesabı için BMSDUA modeli önerilmiştir. Literatürde eşkenar üçgen şekilli MA'ların teorik ve deneysel çalışmaları eğitim ve test amaçlı kullanılmış, başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

[Güney ve Sarıkaya, 2004] tarafından DAMA'ların rezonans frekansı hesabı için hibrit öğrenme algoritması kullanan BMSDUA modeli önerilmiştir. Literatürde verilen 20 ölçüm verisi kullanılarak BMSDUA ağı eğitilmiş ve test edilmiştir. Sonuçlar ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

[Başaran vd., 2007] tarafından yapılan çalışmada, yama dipol antenin rezonans frekansı hesabı BMSDUA ile hesaplanmıştır. 61 farklı fiziksel ve elektriksel parametreye sahip antenin benzetimi HFSS programı ile yapılarak rezonans frekansları elde edilmiştir. 51 anten BMSDUA ağına eğitimi, 10 tanesi de test amaçlı kullanılmış ve benzetim sonuçları ile oldukça uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

[Sarıkaya, 2009] tarafından yapılan tez çalışmasında, DMA ve DAMA'ların rezonans frekansları Sugeno tipi BMSDUA modelleri ile hesaplanmıştır. DMA için literatürde verilen 46 ölçüm sonucu kullanılmış, 37'si eğitim amaçlı, 9'u ise test amaçlı seçilmiştir. Bu sonuçlar literatürde aynı veriler için önerilmiş BMSDUA modellerinin sonuçları ve geleneksel yöntemler ile karşılaştırılmıştır. DAMA'ların rezonans frekansı hesabını yapan BMSDUA modeli için 20 ölçüm sonucu kullanılmıştır. Bu ölçüm sonuçlarının 17'si eğitim, 3'ü ise test amaçlı seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar aynı veriler için literatürde önerilen BMSDUA modellerinin sonuçları ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2.3.3. DVM'nin MA'ların Rezonans Frekansı Hesabında Kullanılması

Literatürde MA'ların rezonans frekansı hesabı için DVM'nin kullanıldığı çalışma sayısı çok azdır. Bunlardan bazıları aşağıda anlatılmıştır.

[Tokan ve Güneş, 2008] tarafından yapılan çalışmada, DMA'ların rezonans frekansı hesabı DVM kullanılarak yapılmış ve sonuçlar aynı yayında elde edilen YSA sonuçları ile karşılaştırılmış ve DVM'nin YSA'ya göre daha hızlı bir model olduğu

ortaya çıkmıştır. DVM modeli için literatürde çalışılan 46 DMA ölçüm sonucu kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. 46 DMA ölçüm verilerinin 37'si eğitim amaçlı, 9'u da test amaçlı seçilmiştir.

[Yazdi vd., 2009] tarafından DMA'nın band genişliğinin hesaplanması üzerine yapılan çalışmada DVM'nin eğitimi ve testi için 33 anten ölçüm verisi kullanılmıştır. 33 DMA verisinden 27'si eğitim amaçlı, 6'sı da test amaçlı kullanılmış ve ölçüm verileri ile yapılan karşılaştırma neticesinde başarılı sonuçlar alınmıştır.

[Cacciola vd., 2010] tarafından dairesel ve üçgen MA'ların tasarımı için DVM kullanılmıştır. MoM metodu ile elde edilen sonuçlara ait verilerin kullanıldığı çalışmada elde edilen sonuçlar benzetim sonuçları ile uyum içerisinde dir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, CKMA ve HKMA tasarım ve benzetimleri XFDTD elektromanyetik benzetim programı, DHKMA, DAHKMA, EKMA ve LKMA benzetim ve tasarımları ise IE3D™ elektromanyetik paket benzetim yazılımları aracılığıyla yapılmıştır. Söz konusu yazılımlar ile benzetimi yapılan her KMA'nın rezonans frekansı değeri, geriye dönme kaybı, bant genişliği, ışımaya örüntüsü ve kazanç yönünden performansı incelenmiştir. Herbir anten için bu benzetimlerden yola çıkarak farklı frekanslar için birer anten prototipi gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında teçhizat olarak; vektör network analizörü, anten tasarımı için uygun dielektrik değeri ve kalınlıkta alttaş malzeme, antenleri elde etmek için baskı devre çizim malzemeleri, uygun frekans bandında çalışan kablolar ve deneysel düzenekler kullanılmıştır. Anten prototiplerinin geriye dönme kaybı ölçümleri, Agilent E5071B ENA Series RF network analizör kullanılarak elde edilmiştir. KMA'ların rezonans frekansı hesabı için kullandığımız YSA, BMSDUA ve DVM modelleri için gerekli yazılımlar MATLAB toolbox aracılığıyla yapılmıştır.

KMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri modellere giriş olarak, rezonans frekans değeri de hedef olarak sunulmuştur. YSA, BMSDUA ve DVM modelleri sadece benzetim verileri kullanılarak test edilmemiş, ayrıca hem kendi ölçüm sonucu elde ettiğimiz veriler, hem de literatürde o anten için sunulmuş olan benzetim veya ölçüm sonuçları da kullanılmıştır. YSA, BMSDUA ve DVM modelleri ile elde edilen sonuçlar hem benzetim hem de ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu tez çalışmasında ele alınan KMA'ların rezonans frekansına ilişkin literatürde önerilen yöntemler ile de karşılaştırma yapılmış ve daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. Modellerimiz ile elde edilen sonuçlar ortalama yüzde hata (OYH) cinsinde Eşitlik (3.1)'de verilen ifade ile hesaplanmış ve başarıları değerlendirilmiştir.

$$OYH = \frac{\sum \left| \frac{f_{XFDTD/IE3D} - f_{YSA/BMSDUA/DVM}}{f_{XFDTD/IE3D}} \right| \times 100}{\text{Toplam anten sayısı}} \quad (3.1)$$

3.1. YAPAY ZEKA HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Yapay zekâ terimi ilk defa 1950'lerin ortasında kullanılmıştır. Yapay Zekâ, başka türlü otomatikleştirilemeyecek zekâ süreçlerini modellemek ve makinalaştırmak için yöntemler sağlamaya gayret eder. Yapay zekâ alanında çalışmak; geleneksel bilgisayar yaklaşımlarına ilaveten; çoğunlukla sembolik, algoritmik olmayan problem çözme metodları ve bilgisayarların, sayılarla hesap yapmaktan ziyade kavramlarla muhakeme yapmak için kullanımına dayanır. Yapay zekâ, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak da tanımlanabilir. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise, yapay zekâ, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekâsına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır [Russel ve Norvig, 1995].

Yapay zekâ konusundaki ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacıların önerdiği, yapay sinir hücrelerini kullanan hesaplama modeli, önermeler mantığı, fizyoloji ve Turing'in hesaplama kuramına dayanıyordu. Herhangi bir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceğini ve mantıksal "ve" ve "veya" işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini gösterdiler. Bu ağ yapılarının uygun şekilde tanımlanmaları halinde öğrenme becerisi kazanabileceğini de ileri sürdüler. Hebb, sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerini değiştirmek için basit bir kural önerince, öğrenebilen yapay sinir ağlarını gerçekleştirmek de mümkün hale gelmiştir.

1950'lerde Shannon ve Turing bilgisayarlar için satranç programları yazıyorlardı. İlk yapay sinir ağı temelli bilgisayar, Minsky ve Edmonds tarafından 1951'de yapıldı. Çalışmalarını Princeton Üniversitesi'nde sürdüren Mc Carthy, Minsky, Shannon ve Rochester'le birlikte 1956 yılında Dartmouth'da iki aylık bir toplantı düzenledi. Toplantının en önemli özelliği Mc Carthy tarafından önerilen "Yapay Zekâ" adının konmasıdır. İlk kuram ispatlayan programlardan Logic Theorist (Mantık Kuramcısı) burada Newell ve Simon tarafından tanıtılmıştır. Daha sonra Newell ve Simon, "insan gibi düşünme" yaklaşımına göre üretilmiş ilk program olan General Problem Solver'ı (Genel Sorun Çözücü) geliştirmişlerdir. Simon, daha sonra fiziksel simge varsayımını ortaya atmış ve bu kuram, insandan bağımsız zeki sistemler yapma çalışmalarıyla uğraşanların hareket noktasını oluşturmuştur.

Bundan sonraki yıllarda mantık temelli çalışmalar egemen olmuş ve programların performanslarını sergilemek için bir takım yapay sorunlar ve dünyalar kullanılmıştır. Daha sonraları bu sorunlar gerçek yaşamı hiçbir şekilde temsil etmeyen “yapay dünyalar” olmakla suçlanmış ve yapay zekânın yalnızca bu alanlarda başarılı olabileceği ve gerçek yaşamdaki sorunların çözümünde kullanılamayacağı ileri sürülmüştür. Geliştirilen programların gerçek sorunlarla karşılaştığında çok kötü bir performans göstermesinin ardındaki temel neden, bu programların yalnızca yapay bir şekilde çalışıp konu ile ilgili bilgileri kullanmamasıydı. Bu dönemin en ünlü programlarından Weizenbaum tarafından geliştirilen Eliza, karşısındaki ile sohbet edebiliyor gibi görünmesine karşın, yalnızca karşısındaki insanın cümleleri üzerinde bazı işlemler yapıyordu. İlk makine çevirisi çalışmaları sırasında benzeri yaklaşımlar kullanılıp çok gülünç çevirilerle karşılaşıncı bu çalışmaların desteklenmesi durdurulmuştur.

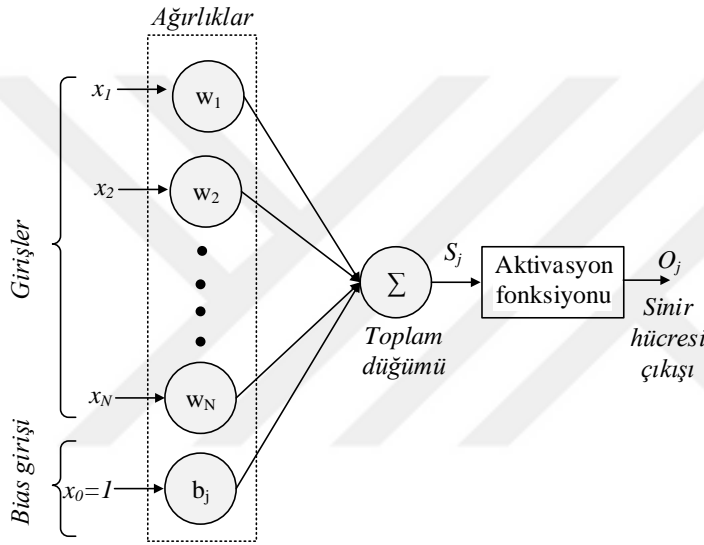
Her sorunu çözecek genel amaçlı program yerine belirli bir uzmanlık alanındaki bilgiyle donatılmış programlar kullanma fikri, yapay zekâ alanında yeniden bir canlanmaya yol açtı. Kısa sürede “Uzman Sistemler” adı verilen bir yöntem bilim geliştirdi. Bütün bu çalışmaların sonunda yapay zekâ araştırmacıları iki gruba ayrıldılar. Bir grup, insan gibi düşünen sistemler yapmak için çalışırken, diğer grup ise rasyonel karar verebilen sistemler üretmeyi amaçlamaktaydı. Bilgi tabanlı uzman sistem yaklaşımı, YSA, bulanık mantık sistemi (BMS), BMSDUA, DVM ve yapay zeka optimizasyon algoritmaları yapay zeka tekniklerinden bazılarıdır. Bu tez çalışması içerisinde KMA’ların rezonans frekansını hesaplamak için yapay zeka tekniklerinden YSA, BMSDUA ve DVM kullanılmıştır.

3.1.1. Yapay Sinir Ağları

İnsan beynindeki hafıza, zekâ ve buna karşılık gelen düşünme işlemi, 100 milyar civarındaki sinir hücresi veya biyolojik nöronun birbirlerine bağlanmasından oluşan biyolojik sinir ağı tarafından gerçekleştirilir. YSA, insan beyninin biyolojik sinir sistemini elektronik devreler veya bilgisayar programları ile çok sınırlı şekilde taklit etmeye çalışır. Biyolojik sistemlerin; nonlineerlik, sağlamlık, hata toleransı, eğitime, yüksek düzeyde paralellik ve genelleştirme yetenekleri gibi bilgi işleme

karakteristiklerine sahip olmaları YSA'nın büyük ölçüde ilgi çekmesini sağlamıştır [Christodoulou ve Georgiopoulos, 2001].

YSA bileşenleri, biyolojik sinir hücresi ile doğrudan benzerlik gösterir. Yapay sinir hücresinin yapısı, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi analog toplayıcı benzeri bir yapıdır ve temel olarak girişler, ağırlıklar ve aktivasyon fonksiyonunu içerir [Du vd., 2002]. Giriş sinyalleri, sürekli değişkenler veya ayrık darbeler şeklinde olabilir. Her bir giriş sinyali bir kazanç veya ağırlık ile çarpılır ve toplayıcı düğümünde ağırlıkla çarpılan tüm giriş sinyallerinin ve bias sinyalinin toplamı alınır ve çıkışa bir aktivasyon fonksiyonu boyunca aktarılır.



Şekil 3.1. Yapay sinir hücresinin temel yapısı

Şekil 3.1'de gösterildiği gibi herhangi bir j 'nci sinir hücresi çıkışı için giriş sinyalleri ve bias teriminin ağırlık toplamı matematiksel olarak Eşitlik (3.2)'de ki gibi ifade edilir.

$$S_j = \sum_{i=1}^N w_{ji}x_i + b_j \quad (3.2)$$

burada N , j 'nci çıkış sinir hücresine uygulanan toplam giriş sayısı, w_{ji} çıkış sinir hücresi j ile önceki katmandaki x_i çıkış sinyaline sahip olan i 'nci sinir hücresi arasındaki ağırlık, b_j ise bias terimidir. Böylece transfer fonksiyonu uygulandıktan sonra j 'nci sinir hücresinin çıkışı Eşitlik (3.3)'deki denklemlerle belirlenir.

$$o_j = f_j(S_j) = f(S_j) \quad (3.3)$$

Tek sinir hücresiyle basit bazı veri işleme fonksiyonları yerine getirilebilmesine rağmen, YSA'nın bilimsel, mühendislik ve başka gerçek yaşam problemlerini çözmeye yarayan gücü, sinir hücrelerinin çeşitli kombinasyonlarla ağlar halinde birbirleriyle bağlanmasıdan gelmektedir. Sinir hücreleri arasındaki bağlantı tipleri, YSA topolojisini belirler. YSA'daki sinir hücreleri, her bir sinir hücresinin diğer tüm sinir hücrelerine bağlı olduğu tam bağlantılı şekilde olabileceği gibi, sadece farklı katmanlardaki sinir hücreleri arasında bağlantılara izin verildiği kısmi bağlantılı şekilde de olabilir. Sinir hücrelerinin giriş ve çıkış setlerinin ve kullanılan katmanların sayılarına göre YSA iki temel bağlantı mimarisine sahiptir. Bunlar;

- Öz ilişkili (autoassociative): Bu mimaride giriş sinir hücreleri aynı zamanda çıkış sinir hücresidir. Hopfield ağları bu tipte ağlardandır.
- Ayrı ilişkili (heteroassociative): Bu mimaride farklı giriş ve çıkış sinir hücresi setleri mevcuttur. Örnek olarak ÇKA ve Kohonen ağı verilebilir.

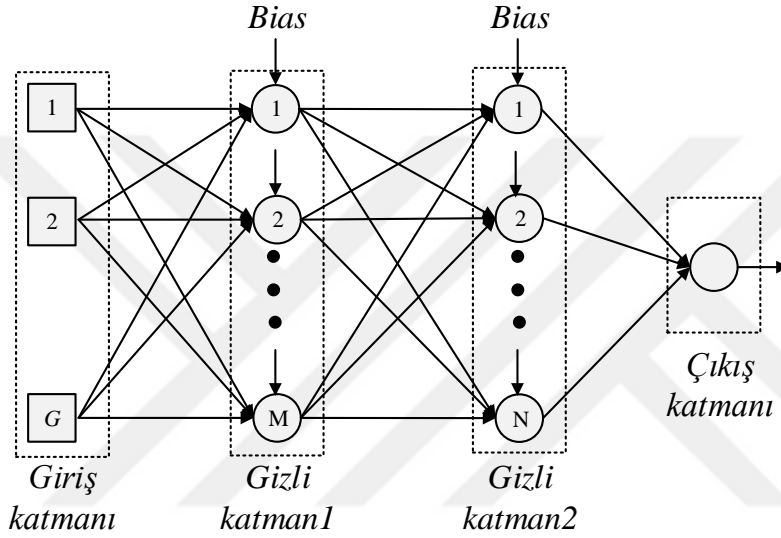
Bir ağda geri besleme bağlantılarının bulunup bulunmamasına göre mimariler iki ayrı sınıfa ayrılır. Bunlar;

- İleri beslemeli mimari: Çıkış sinir hücrelerinden giriş sinir hücrelerine doğru bir bağlantı mevcut değildir. YSA, önceki çıkış değerleri ve sinir hücrelerinin aktivasyon durumları hakkındaki bilgiyi saklamaz. Algılayıcı benzeri ağlar ileri beslemeli tiptendir.
- Geri beslemeli mimari: Çıkış sinir hücrelerinden giriş sinir hücrelerine doğru bağlantılar mevcuttur. Bu tipte YSA daha önceki durumları hafızasında tutar ve sonraki durumlar sadece giriş sinyallerine değil ağın önceki durumlarına da bağlıdır. Hopfield, Elman ve Jordan ağları bu tipte ağlara örnektir.

Bir yapay sinir ağının temel modelini, sinir hücrelerinin tipi ve bağlantı mimarisinin yanında eğitim algoritması belirler. Eğitim algoritması, YSA'nın öğrenme yeteneği kazanması için gereklidir. YSA eğitildikten sonra, giriş vektörlerinden oluşan bir veri seti ağa uygulandığında istenen çıkış vektör veri seti, ağda hesaplanır ve böylece giriş setinin iç karakteristikleri ve yapısı hakkında YSA eğitilmiş olur. Giriş setinin elemanlarına "eğitim örnekleri" adı verilir [Sağıroğlu vd., 2003].

3.1.1.1. Çok katmanlı algılayıcı modeli

Tüm YSA modelleri içinde ÇKA modeli, genelleştirme kapasitesi, çalışma basitliği ve fonksiyon yaklaşımı gerçekleştirme yetenekleriyle en yaygın olarak kullanılan modeldir. ÇKA'ların işlem yeteneği, ağda bulunan sinir hücrelerinin lineer olmama özelliğine dayanır. Sinir hücreleri eğer lineer elemanlar olsalardı, iki veya üç katmanlı algılayıcılar yerine uygun ağırlık değerine sahip tek katmanlı bir ağ kullanılabilirdi. Çok katmanlı temel bir algılayıcı yapısı Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Çok katmanlı temel algılayıcı yapısı

Temel yapıdaki katmanlar aşağıdaki işlevleri yerine getirirler;

Giriş katmanı: Dış ortamdaki bilgiyi alan ve bunu işlem yapmak üzere YSA'ya aktaran sinir ağı katmanıdır. Girişler sensörlerden alınabileceği gibi, modellenen sistemlerden sağlanan sinyaller de olabilir.

Gizli katman: Giriş katmanından bilgiyi alan ve ileten sinir ağı katmanıdır. Dış dünyayla direkt bir bağlantısı yoktur. Gizli katmandan diğer katmanlara tüm bağlantılar sistem içerisinde gerçekleştirilir.

Çıkış katmanı: İşlenmiş bilgiyi alan ve sistem çıkışına çıkış sinyalleri olarak gönderen sinir ağı katmanıdır.

Biyas: Sinir hücresi üzerinde değer kaydırma (offset) görevi yapar. Biyasın fonksiyonu, sinir hücrelerinin aktivasyonu için bir eşik değerinin sağlanmasıdır. Biyas girişi ağdaki her bir gizli katmana ve çıkış katmanına bağlanır.

ÇKA modelinin eğitilmesinde bu tez çalışmasında kullanılan öğrenme algoritmaları aşağıda açıklanmıştır.

Levenberg - Marquardt öğrenme algoritması

Temel olarak bu algoritma, maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş bir en küçük kareler hesaplama metodudur. Bu algoritma, Gauss-Newton ve Steepest-Descent (Geri Yayılım) algoritmalarının en iyi özelliklerinden oluşur ve bu iki metodun kısıtlamalarını ortadan kaldırır. Genel olarak bu metod yavaş yakınsama problemlerinden etkilenmez. Gauss-Newton metodunda karşılaşılan problemlerden biri yaklaşık Hessian matrisinin tersinin hesaplanamaması durumudur [Sağiroğlu vd., 2003]. Bu problemin üstesinden gelmek için Eşitlik (3.4)'de görüldüğü gibi Levenberg-Marquardt (LM) algoritmasında Hessian matrisine küçük bir μ sabiti eklenir,

$$H(W) = J^T(W).J(W) + \mu I \quad (3.4)$$

Burada, $H(W)$ Hessian matrisi, $J(W)$ Jacobian matrisi, I birim matris ve μ de küçük bir sabit sayıdır. Ağırlıkların güncellenmesi Gauss-Newton metodunun ufak bir modifikasyonu ile aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$\Delta W = -\varepsilon^T(W).J(W).(J^T(W).J(W) + \mu I)^{-1} \quad (3.5)$$

Bu algoritmanın çalışması şu şekilde özetlenebilir:

1. Performans fonksiyonu hesaplanır,
2. Küçük bir μ değeriyle başlanır ($\mu = 0.01$),
3. ΔW hesaplanarak, performans fonksiyonunun bir sonraki değeri hesaplanır,
4. Performans fonksiyonunun bir sonraki değeri, şimdiki değerinden büyükse μ belirlenen değer kadar artırılır,
5. Performans fonksiyonunun bir sonraki değeri, şimdiki değerinden küçükse μ belirlenen değer kadar azaltılır,
6. Ağırlıklar güncellenir ve (3) adımına gidilir.

Kısaca, ağırlıklara başlangıç değerleri atanır ve hataların karelerinin toplamının hesaplanmasıyla devam edilir. Her hata terimi, hedef çıkış ile gerçek çıkış arasındaki farkın karesini ifade eder. Bütün veri seti için hata terimlerinin tamamının elde edilmesiyle, ağırlık vektörü (1)'den (5)'e kadar olan LM metodu adımlarının uygulanmasıyla adaptasyon sağlanır [Sağiroğlu vd., 2003].

Bayesian regülasyonu öğrenme algoritması

Bayesian regülasyonu (Bayesian regularization, BR) öğrenme algoritması Levenberg Marquardt algoritmasına göre ağırlık ve bias değerlerini günceller. Karesel hata ve ağırlıkların kombinasyonu minimize eder ve ağı üretmek için doğru kombinasyonu belirler. Daha iyi genelleştirme yeteneğine sahip bir ağı oluşturmak için Mackay regülasyonu ile ağı parametrelerinin boyutunu sınırlayan yöntem önermiştir [Mackay, 1992; Foresee ve Hagan, 1999]. Regülasyon teknikleri ağırlık değerlerinin daha küçük değerlerde kalması için ağı zorlar. Bu ağı cevabının daha yumuşak olmasına ve ağı ezberleme (over fitting) olasılığının azalmasına neden olur.

Fletcher-Powel eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Fletcher-Powel conjugate gradient- FPCG)

Bütün eşleştirmeli eğim algoritmalarının ilk iterasyonu, negatif eğim değeriyle belirlenen doğrultuda arama işlemiyle başlar,

$$p_0 = -g_0 \quad (3.6)$$

Mevcut arama doğrultusu boyunca gidilecek optimum mesafenin belirlenmesi için bir doğrultu araması gerçekleştirilir.

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k p_k \quad (3.7)$$

Daha sonra bir önceki arama doğrultusuyla eşleştirilmek üzere yeni arama doğrultusu belirlenir. Yeni arama doğrultusunun belirlenmesinde uygulanan genel yöntem bir önceki arama doğrultusu ile yeni eğim arama doğrultusunu (gradiyentin eksi işareti) lineer olarak birleştirmektir.

$$p_k = g_k + \beta_k p_{k-1} \quad (3.8)$$

Burada β_k skaler değeri, p_k ve p_{k-1} doğrultularının Hessian matrisine (performans indeksinin ikinci mertebeden türevleri) göre birbirine eşleştirmeli olacak şekilde seçilir. Yani

$$p_k \cdot A \cdot p_{k-1}^T = 0 \quad (3.9)$$

olmalıdır. Uygulamada Hessian matrisi hesaplanmaz ve eşleştirmeli eğim yöntemleri, β_k 'nin hesaplanmasındaki değişik yöntemlere göre çeşitlenir,

Fletcher-Reeves'in β_k için önerdiği güncelleme yaklaşımı Eşitlik (3.10)'da verilmiştir.

$$\beta_k = \frac{(g_k^T \cdot g_k)}{(g_{k-1}^T \cdot g_{k-1})} \quad (3.10)$$

Bu ise mevcut eğimin norm karesinin bir önceki eğiminin norm karesine oranıdır. Eşleştirmeli eğim algoritmaları genel olarak değişken değerli öğrenme oranına sahip geri-yayılma algoritmalarından daha hızlıdır. Genellikle sonucun problemden probleme farklı olabilmesine karşın esnek öğrenmeden de hızlı oldukları söylenebilir. Eşleştirmeli öğrenme algoritmaları basit algoritmalara nazaran çok daha az hafızaya ihtiyaç duyarlar. Çok sayıda ağırlığın söz konusu olduğu YSA yapılarında kullanımları son derece uygundur [Fletcher ve Reeves, 1964].

Polak-Ribiere eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Polak-Ribiere conjugate gradient – PRCG)

Her bir iterasyondaki arama doğrultusu Fletcher-Reeves yöntemindeki ile aynıdır. Buradaki β_k ifadesi;

$$\beta_k = \frac{\Delta g_{k-1}^T \cdot g_k}{g_k^T \cdot g_{k-1}} \quad (3.11)$$

olarak değiştirilerek, bir önceki iterasyondaki eğim değişiminin mevcut iterasyondaki yeni eğim değeriyle olan iç çarpımının önceki eğimin norm karesiyle bölümü ile elde edilir [Fletcher ve Reeves, 1964]. Önceki yöntemden daha fazla hesaplamaya ihtiyaç olmasına rağmen performans olarak hangisinin daha iyi olduğunu söylemek zordur. Bu yöntemin hafıza ihtiyacı Fletcher-Reeves yönteminden oldukça fazladır [Hagan vd., 1996].

Powell-Beale eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Powell-Beale conjugate gradient - PBCG)

Tüm eşleştirmeli eğim algoritmalarında arama doğrultusu, periyodik olarak eğimin negatif olarak oluşturulur, normalde algoritma iterasyon sayısı ağı parametre sayısına (ağırlık ve bias) eşit olduğu zaman standart ilk değere dönme noktası oluşur. Bununla beraber eğitimin etkinliğini arttırabilecek başka geri döndürme yöntemleri de mevcuttur. Powell-Beale yöntemi bunlardan biridir [Beale, 1972; Powell, 1977]. Bu yöntemde eğer bir önceki eğim değeriyle şimdiki eğim değeri arasında çok az ortogonalite varsa geri başlatım işlevi gerçekleşir. Bu koşul,

$$\left| \mathbf{g}_{k-1}^T \cdot \mathbf{g}_k \right| \geq 0.2 \|\mathbf{g}_k\|^2 \quad (3.12)$$

eşitsizliği ile test edilir. Bu koşulun sağlanması durumunda arama doğrultusu eğimin negatifine geri döndürülür. PBCG öğrenme algoritması bazı problemlerde Polak-Ribiere'den daha iyi sonuç verebilmektedir. Fakat algoritmanın hafıza ihtiyacı Polak-Ribiere'den biraz daha fazladır.

Ölçeklendirilmiş eşleştirmeli eğim öğrenme algoritması (Scaled conjugate gradient – SCG)

Eşleştirmeli eğim algoritmaları her bir iterasyonda doğrultu arama işlemi gerektirmektedir. Bu işlem, her bir arama işleminde ağı giriş verilerine karşı ağı ürettiği çıkışların hesaplanmasını gerektirdiği için işlemsel olarak yoğundur. Moller tarafından geliştirilen ölçeklendirilmiş eşleştirmeli eğim algoritması zaman alıcı bu arama işleminden kaçınacak şekilde dizayn edilmiştir [Moller, 1993]. Temel esas, eşleştirmeli eğim algoritmasıyla, LM algoritmasında kullanılan model güvenilir alan yönteminin birleştirilmesidir. Adım büyüklüğü;

$$\alpha_k = \frac{\mathbf{p}_k^T \cdot \mathbf{g}_k}{\mathbf{p}_k^T \cdot \mathbf{A}_k \cdot \mathbf{p}_k + \lambda_k \cdot \|\mathbf{p}_k\|^2} \quad (3.13)$$

ile belirlenir. Ölçekleme parametresi λ 'nın yeterli büyük seçilmesiyle Hessian matrisinin pozitif tanımlı olması sağlanır. Bu parametrenin en uygun değeri iterasyondan iterasyona değişir, Bu parametrenin değeri büyüdükçe öğrenme oranı (adım büyüklüğü) küçülür. Bu yöntem model-güvenilir bölge olarak adlandırılır. Çünkü model sadece mevcut arama noktası etrafındaki küçük bir bölgede etkin olarak güvenilirdir. Güven bölgesinin büyüklüğü λ parametresiyle kontrol edilir. Eğer $\lambda=0$ ise ağırlık vektörü arama doğrultusu boyunca minimuma doğru yaklaşır ve hata fonksiyonu kuadratik bir fonksiyonla ifade edilebilir ve payda pozitif olur. Eğer bu şartlar sağlanmazsa λ değerinin uygun olarak artırılması gerekmektedir. İlk olarak Hessian matrisinin pozitif tanımlı olmaması durumunda payda; $-\mathbf{p}_k^T \cdot \mathbf{A}_k \cdot \mathbf{p}_k$ formülü ile bölünür. Lokal kuadratik yakınsamanın doğruluğu Eşitlik (2.20) ile belirlenir [Fletcher, 1987].

$$\Delta_k = \frac{E(w_k) - E(w_k + \alpha_k \cdot p_k)}{E(w_k) - (E(w_j) + \alpha_k \cdot p_k^T \cdot g_k + \frac{1}{2} \alpha_k^2 \cdot p_k^T \cdot A_k \cdot p_k)} \quad (3.14)$$

Eğer bu değer 1 'e yakınsarsa yakınsama iyidir ve λ değeri azaltılabilirken tersi bir durumda λ değeri arttırılabilir. λ_k değeri Eşitlik (3.15)'deki şartlara göre güncellenebilir [Fletcher, 1987].

$$\begin{aligned} \Delta_k > 0.75 \text{ ise } \lambda_{k+1} &= \frac{\lambda}{2} \\ \Delta_k > 0.25 \text{ ise } \lambda_{k+1} &= 4\lambda_k \\ \text{Degilse} \quad \lambda_{k+1} &= \lambda_k \end{aligned} \quad (3.15)$$

Eğer $\Delta_k < 0$ ise hatada bir artım olacak ve ağırlıklar güncellenmeyecektir. Bunun yerine Δ_k değerlendirilir. Sonunda algoritma yeterince geniş bir λ_k değeri için eğimin negatif yönünde küçük bir adım ilerleyeceği için hata azaltımı elde edilecektir. Son derece karmaşık bir algoritmadır. Bu öğrenme algoritmasında bir doğru üzerinde arama işlemleri bulunmadığından hesap yükü azdır. Buna karşın iterasyon sayısı diğer eşleştirmeli eğitim algoritmalarından daha fazladır. Hafıza ihtiyacı Fletcher-Reeves ile yaklaşık aynıdır [Bishop, 1995].

Tek Adım Sekant öğrenme algoritması (One step secant – OSS)

OSS yöntemi eşleştirmeli eğitim yöntemleriyle Kuasi-Newton yöntemleri arasındaki boşluğu dolduran bir algoritmadır. Bu yöntemdeki arama doğrultusu,

$$p_k = -g_k + \Delta X_k \cdot \left(1 + \frac{\Delta g_k^T \cdot \Delta g_k}{\Delta X_k^T \cdot \Delta g_k}\right) \cdot \frac{\Delta X_k^T \cdot g_k}{\Delta X_k^T \cdot \Delta g_k} + \Delta g_k^T \cdot \frac{g_k}{\Delta X_k^T \cdot \Delta g_k} \quad (3.16)$$

ile verilmektedir. Bu metot Hessian matrisinin tamamını kullanmaz. Her bir iterasyonda bir önceki Hessian matrisinin birim matris olduğunu kabul eder. Ayrıca matris tersi hesaplanmaksızın yeni arama doğrultusu belirlenebilir [Fletcher, 1987]. Bu algoritmanın hafıza ihtiyacı ve işlem zamanı eşleştirmeli gradiyent tekniklerinden biraz daha fazladır.

3.1.1.2. YSA'nın uygulanmasındaki bazı önemli hususlar

YSA eğitime başlanmadan önce dikkate alınması gereken bazı önemli hususlar vardır. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Veri seti büyüklüğü ve verinin bölünmesi: Eğitimde kullanılacak veri seti, problem domeninde bilinen tüm değişimleri içine alacak şekilde büyük olmalıdır. Böylece daha önce YSA'da görülmeyen durumları da iyi bir genelleştirme yeteneğiyle gerçekleştirilen modelden tanıyabilir. YSA geliştirilirken veri tabanının tümü eğitime, test ve doğrulama olmak üzere üç alt sete bölünür. Eğitim alt setinin problem domenine ait tüm veriyi içermesi ve ağıdaki ağırlıkların güncellenmesi için eğitim safhasında kullanılması gerekir. Test alt seti, eğitim işlemi sırasında ağı eğitimde kullanılmayan veriye gösterdiği tepkiyi kontrol etmekte kullanılır. Test alt setinde kullanılan veri, eğitimde kullanılan veriden farklı olmalı ancak, eğitim verisi değerlerinin sınırları içerisinde kalmalıdır. Test alt seti için YSA'nın performansına göre mimari değiştirilebilir veya daha fazla eğitim iterasyonu uygulanır. Diğer veri alt seti olan doğrulama alt seti, diğer iki alt sette olmayan örnekler içerir. Bu alt set, en iyi YSA seçildikten sonra YSA'nın daha fazla incelenmesi veya sisteme uygulanmadan önce hassasiyetinin doğrulanması amacıyla kullanılır. Şu anda veri alt setlerinin büyüklüklerinin belirlenmesinde kullanılan matematiksel bir kural yoktur.

Veri normalizasyonu: Verinin düzenli bir aralıkta normalize edilmesi büyük değerlerin küçük değerleri etkisiz kılmasını ve gizli düğümlerin beklenenden önce doyuma ulaşmasına neden olarak eğitim işlemine engel olmasını önlemek amacıyla gerçekleştirilir. Giriş ve çıkışların normalize edilmesinde standart bir işlem yoktur. Kullanılan yöntemlerden birisi, giriş ve çıkış değişkenlerinin bir transfer fonksiyonuna karşılık gelecek şekilde ölçeklenmesidir [Christodoulou ve Georgiopoulos, 2001].

Ağı ağırlıklarının başlangıç değerleri: Sinir ağına ağırlıklar için verilen başlangıç değerlerinin yakınsamaya etkisi olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir [Du, 2002]. Genellikle ağırlık ve bias için başlangıç değerleri, ortalaması sıfır olan rastgele sayılar şeklinde küçük bir aralıkta düzenli olarak başlatılır. Küçük sayıların seçilmesi, sinir hücrelerinin beklenenden önce doyuma uğraması ihtimalini azaltır. Ağırlık ve bias değerlerine başlangıçta -0.30 ile +0.30 arasında rastgele küçük değerler atanmasını tavsiye edilir.

Transfer fonksiyonunun seçimi: Transfer fonksiyonu, bir sinir hücresine gelen tüm sinyallerin ağırlıklı toplamlarının, sinir hücresinin tetiklenme seviyesini belirlemede kullanılır. Bazı fonksiyonlarda, örneğin adım fonksiyonunda, net uyarım bir eşik değeriyle karşılaştırılır ve tetikleme olup olmayacağı belirlenir.

Yakınsama ölçütü: Eğitmenin durdurulması için üç farklı ölçüt kullanılabilir. Bunlar; eğitme hatası, hatanın gradyanı ve doğrulamadır. Üçüncü ölçüt daha güvenilir olmasına karsın daha fazla hesaplama gerektirir ve genellikle çok sayıda veriye ihtiyaç duyulur. Yakınsama genellikle hata fonksiyonuna dayanır. Hata, istenen minimum değere ulaşana kadar eğitme devam eder. YSA'da eğitmede en yaygın olarak kullanılan durdurma ölçütü, ortalama karesel hatadır.

Eğitme çevrimlerinin sayısı: Sinir ağı tarafından istenen genelleştirme yeteneğinin kazanılması için gerekli eğitme çevrimlerinin sayısı deneme yanılma yöntemiyle belirlenir. Herhangi bir YSA mimarisi için eğitme ve test hatası, her bir eğitme çevrimi için izlenir. Teorik olarak aşırı eğitme, eğitme verisinin tahmininde sıfıra yakın bir hata değeri verirken test verisindeki genelleştirme yeteneği önemli ölçüde azalabilir.

Gizli katman sayısı: Pek çok fonksiyon yaklaşımı probleminde, sürekli fonksiyonlara yaklaşıklık sağlamak için tek gizli katman yeterlidir Süreksizliklere sahip eğitme fonksiyonları için iki gizli katman gerekli olabilir. Gizli katmanların ve gizli katmandaki düğüm sayılarının belirlenmesi YSA tasarımındaki en önemli işlemlerden birisidir. Giriş ve çıkış katmanlarının aksine gizli katman büyüklüğü ve sayısı için her hangi bir ön bilgi bulunmaz. Gizli düğümler için optimal sayının bulunmasında en çok kullanılan yaklaşım, deneme yanılma yöntemidir. Genellikle az sayıda gizli düğümle başlanır ve istenen model doğruluğuna ulaşılana kadar artırılır.

3.1.2. Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanış Ağ

Bulanık mantık ve sinir ağları yapısı birbirini doğal olarak tamamlayan birinde eksik olanın diğerinde olduğu yapay zekâ sistemleridir. Sinir ağları düşük seviyeli hesaplama yapılarında iyi performans verirken, ham verilerde bulanık mantık dilsel yorumlarla daha yüksek seviyeli yorumlar yapabilir. Ancak bulanık mantık sistemi yeni çevre şartları için kendini yenileyemez ve öğrenme yetisi de yoktur. Diğer taraftan sinir ağlarının öğrenme kabiliyeti vardır. Bu iki yapının birleştirilmesi bulanık mantık çıkarım sistemine öğrenme kabiliyeti eklemiş ve bulanık mantık çıkarım sistemini daha etkili hale getirmiştir. Ortaya çıkan yapı sadece öğrenme kabiliyeti olarak açıklamak yetersiz kalır. Buna ilaveten bu birleşme sonucu bulanık mantık parametrelerinin optimizasyonunda da gelişme olmuş, en küçük kareler metodu ve

gradyent metotlarının kazanımı ile bulanık mantık sinir ağları metodundan daha hızlı yakınsayan bir metot haline dönüşmüştür.

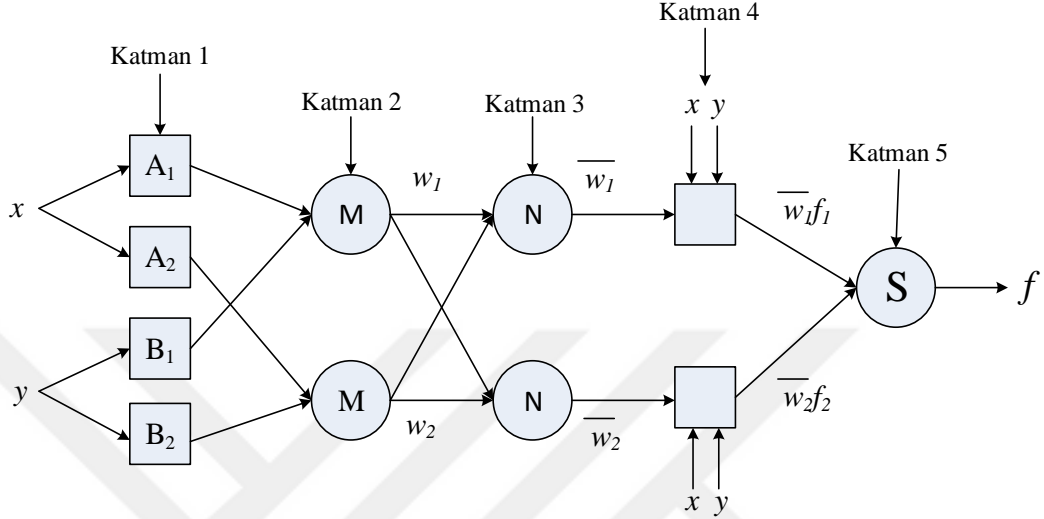
Öncelikle BMSDUA'nın ne olduğunu tanımlayabilmek için sinir ağlı bulanık mantık (Neuro-Fuzzy)'nin ne olduğuna bakmakta fayda vardır. Bir nero-fuzzy sistem, öğrenme parametreleri, bulanık mantık (fuzzy) setlerinin ve bulanık mantık kurallarının elde edilmesinde YSA teoreminden esinlenilmiş bir çıkarım sistemini kullanır. Modern neuro-fuzzy sistemler genellikle özel yapılı ileri beslemeli çok katmanlı YSA yapısıdır (Lin, 1996).

BMSDUA 1993'lü yıllarda Jang tarafından ortaya atılmış YSA gibi bir network yapısı olan ve kendi parametrelerini YSA algoritmalarındaki gibi güncelleyen bir Fuzzy yapısıdır [Jang 1993, Buckley ve Hayashi, 1995]. BMSDUA'nın yapısı da YSA gibi ileri beslemeli bir yapıdır. Üretilen her çıktı geriye bakılmaksızın bir sonraki katman için işlenmesi gereken yeni bir veriyi oluşturur. Genel olarak bir ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi bir giriş, bir çıkış ve 3 gizli katman olmak üzere 5 katmandan oluşur. 3 gizli katman, üyelik fonksiyonlarını ve bulanık mantık kurallarını içerir.

Bulanık mantık ilk olarak 1950'li yıllarda Lotfi Z. Tarafından, çözüm için dilsel ifadeleri kullanan bir yapay zekâ tekniği olarak ortaya atılmıştır. Temel yapı aynı kalmakla birlikte dilsel ifadelere olan bakış açıları farklılığı bulanık mantığında türevlerinin oluşmasının önünü açmıştır. Mamdani ve Sugeno modeli olmak üzere iki adet berraklaştırma (defuzzication) modeli vardır [Roychowdhury ve Wang, 1996]. Ebrahim Mamdani'nin önermiş olduğu geri çözümleme sisteminde hem giriş hem de çıkış üyelik fonksiyonları fuzzy setlerinden oluşur [Mamdani ve Assilian, 1975]. Diğer yöntem ise TSK (Tagaki-Sugeno-Kanga) metodu olarak bilinir ve bu berraklaştırma yönteminde, çıkış fonksiyonu lineer değişkenlerden ya da sabit sayılardan oluşur. Bu yönüyle Sugeno modeli Mamdaninin önerisinden daha basit ve etkili kalmaktadır [Takagi ve Sugeno, 1985]. Sugeno, Takagi gibi önerenlerin isimleri ile bulanık mantık çalışmaları anılır olmuştur. Fuzzy'nin temelindeki dilsel ifadelerin kullanımı BMSDUA'nın da temelidir. Ancak bu dilsel ifadelerin optimizasyonu bir network ağı ile yapılmakta bu da BMSDUA'nın işlem gücüne paralel veri işleme kabiliyeti ile beraber öğrenme yetisi katmaktadır. BMSDUA uygulamalarında Sugeno en yaygın tercih edilen bulanık mantık modelidir. Sugeno ile Tsukama metotlarında

BMSDUA'nın katman sayıları arasında bir fark yoktur. Yalnızca Tsukama modeli katman 2'den katman 4'e ileri yönde bir ilave besleme yapar.

BMSDUA yapısını basitleştirmek için Şekil 3.3'de iki girişli bir Sugeno modeli ve onunla ilgili olan BMSDUA yapısı ve çalışması verilmiştir.



Şekil 3.3. İki girişli BMSDUA yapısı

Katman 1: Bu katmandaki her bir düğüm, düğüm fonksiyonu x veya y 'nin A ve B ile ifade edilen dilsel ifadelerinin adaptif bir şeklini oluşturur. Bu katmanın çıkışı her bir i değeri için Eşitlik (3.17)'den hesaplanır. Bu katman bulanıklaştırma katmanıdır.

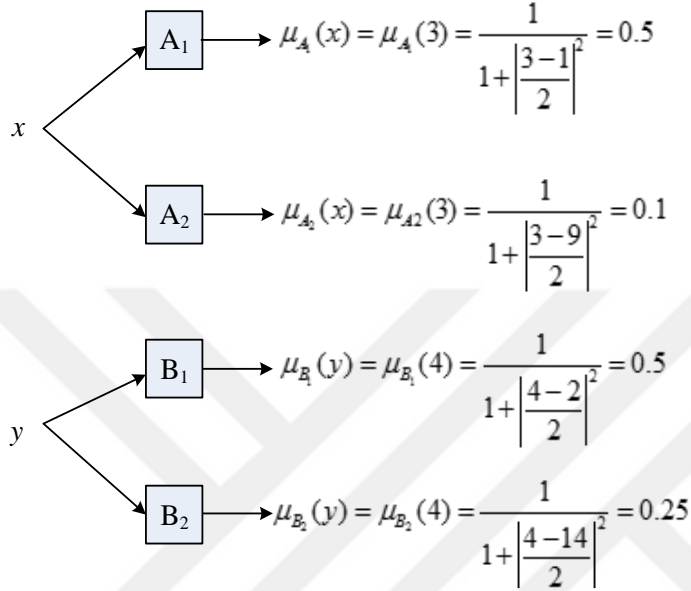
Bu katmandaki düğümler giriş ifadesini bulanıklaştırır. Bulanıklaştırma fonksiyonu olarak çan eğrisi fonksiyonu kullanılmıştır.

$$O_{1,j} = \mu_A(x), \quad i=1,2... \quad O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \quad i=3,4... \quad (3.17)$$

$O_{1,i}$, bulanık üyelik fonksiyonu olan A ve B 'ye ait ilişkililik derecesi gösteren bir belirteçtir. Bu ifade üyelik fonksiyonu tipinden hesap edilir. Örneğin Gauss ya da trapezoidal ya da üçgen bir transfer özdeşliği olan üyelik fonksiyonuna göre ifade edilecek olan $O_{1,i}$ değerleri farklı olacaktır. Örneğin çan yapısındaki dilsel bir ifade için μ_A değeri Eşitlik (3.18)'den hesaplanabilir.

$$\mu_A = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c_i}{a_i} \right|^{2b}} \quad (3.18)$$

Burada a_i , b ve c_i set parametreleridir. Bu parametrelerin değişmesi çan fonksiyonunun da değişmesine neden olur. Şekil 3.3’de ki Sugeno modeli için eğer $x=3$ ve $y=4$ olsun ve başlangıç parametreleri olarak tanımlanan a_i , b ve c_i parametrelerinin tanımlandığını varsayalım. Bu Eşitlik (3.18)’den; katman 1’de oluşan çıkış değerleri Şekil 3.4’de ki gibi oluşacaktır.



Şekil 3.4. Katman 1’e ait iki girişli Sugeno yapıli BMSDUA’nın hesaplanmasının gösterimi

Katman 2: Bu katmandaki her bir düğüm P ile gösterilen sabit düğümlerdir. Bu düğümün çıkışları kendisine gelen tüm sinyallerden türetilir. Eşitlik (3.19) bu sinyallerin nasıl türetildiğini göstermektedir.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_{i-2}}(y), \quad i=1,2... \quad (3.19)$$

Her bir çıkış düğümü kendisinden sonraki katmanda bulunan düğümdeki kuralın tetiklenmesi ile ilgili gerilmeyi etkiler. Genel olarak her bir T-norm operatörü bulanık sistemdeki VE operatörüne karşılık geldiği söylenilebilir. Katman 1’de sunulan örneği devam ettirirsek; Katman 2’ye ait ağırlık değerleri Eşitlik (3.19)’dan hesaplanırsa,

$$O_{2,1} = w_1 = \mu_{A_1}(x)\mu_{B_1}(y) = 0.5 * 0.5 = 0.25 \quad i=1$$

$$O_{2,2} = w_2 = \mu_{A_2}(x)\mu_{B_2}(y) = 0.1 * 0.25 = 0.025 \quad i=2$$

Üretilen bu değerler ω_i ’ye ait ağırlıkları oluşturur.

Katman 3: Bu katmanda bir önceki katmanda oluşun ağırlıklar kendi içlerinde normalize edilirler. Normalize işleminin, i .inci ağırlığın toplam ağırlığa oranı şeklinde Eşitlik (3.20)'de gösterildiğı gibi hesaplanır.

$$O_{3,i} = \overline{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad i = 1, 2 \quad (3.20)$$

Burada \overline{w}_i ağırlıklandırılmış yeni değerdir. Bu uyumlandırmanın sonunda bu katmanın çıkışı ağırlıklandırılmış katsayılarla düzeltilmiş şekliyle yeniden elde edilir. Bu katmanla da ilgili olarak örneğimizi devam ettirirsek Eşitlik (3.20)'den ağırlıklar,

$$O_{3,1} = \overline{w}_1 = \frac{0.25}{0.25 + 0.0025} = 0.91 \quad \text{ve} \quad O_{3,2} = \overline{w}_2 = \frac{0.025}{0.25 + 0.0025} = 0.09$$

olarak elde edilir.

Katman 4: Bu katmanda daha önceden belirlenen fonksiyonlarla üretilen ağırlıklar kullanılarak son katman öncesi çıkışlar elde edilirler. BMSDUA için kullanılan fonksiyonlar burada devreye girer ve ağırlıklarla beraber yeni bir değer hesaplanır. Hesaplanan değere ait Eşitlik (3.21)'de verilmiştir.

$$f_i = p_i x_i + q_i y_i + r_i \quad (3.21)$$

Burada p ve q sabit katsayılarıdır. Katman 4'e ait çıkışlar Eşitlik (3.22)'deki şekilde ifade edilebilirler.

$$O_{4,i} = \overline{w}_1 f_i \quad (3.22)$$

Katman 4'ün sonunda oluşun çıkışlar normalize edilmiş ağırlıklı çarpanların ilgili fonksiyon ile çarpılması sonucu hesaplanır. Fonksiyon $f = ax + b$ şeklinde tanımlı ise bu BMSDUA yapısına 1. dereceden Sugeno tanımlı denir. Yukarıda anlatılan örneğe devam edersek;

1. dereceden tanımlı fonksiyonlar aşağıdaki gibi olsun

$$f_1 = 0.1x + 0.1y + 0.1$$

$$f_2 = 10x + 10y + 10$$

Bu durumda yukarıda açıklanmaya devam edilen örnek için katman 4 çıkışlarını aşağıda gösterildiğı gibi hesaplanabilir.

$$O_{4,1} = \overline{w}_1 f_1 = 0.91 * (3 + 0.1 * 4 + 0.1) = 0.73$$

$$O_{4,2} = \overline{w}_2 f_2 = 0.09 * (10 * 3 + 10 * 4 + 10) = 4.5$$

Bu katmanda yapılan işlemi berraklaştırma (de-fuzzication) olarak da tanımlamak mümkündür.

Katman 5: Bu katman yalnızca toplam sembolünü içeren tek düğümlü bir katmandır. Bu girişe gelen tüm değerler bir toplama işlemine tabi tutularak berraklaştırılan değerlerden BMSDUA sonucu hesaplanır. Çıkışa ait değer Eşitlik (3.23)'den hesaplanabilir.

$$O_5 = \sum_{i=1}^N O_{4,i} \quad (3.23)$$

Daha açık olarak ifade edersek Eşitlik (3.23), Eşitlik (3.24)'e dönüşür.

$$O_5 = \sum_{i=1}^N O_{4,i} = \sum_{i=1}^N w_i f_i \quad (3.24)$$

Anlatılan örneğin katman 5 için değeri hesaplanırsa;

$$O_5 = 4.5 + 0.73 = 5.23$$

değeri elde edilir. Buraya kadar anlatılanlar BMSDUA'nın çıkış değerini nasıl ürettiği ile ilgilidir. Ancak BMSDUA'nın asıl cazip kılan bu değerleri hesaplayabilmesi değil bu üyelik ve (burada anlatılan şekli ile birinci dereceden Sugeno) fonksiyonlara ait parametrelerin oldukça hızlı bir şekilde hesaplayabilmesidir. BMSDUA de YSA gibi ileri yön beslemeli bir ağı yapısına sahiptir.

BMSDUA'nın çalışması boyunca adaptif olarak değiştirebileceği bir diğer parametre seti de şartlı kurallara bağlı olunan fonksiyona ait parametre değerleridir. Bu ayarlanması gereken parametreler çıkıştan bir önceki katmanda yer alan ve fonksiyonun katsayılarıdır. Yukarıda bahsedilen giriş uzayına ait parametre tahmini öncül parametreler olarak kabul edilirler. Bununla birlikte 4. katmanda anlatılan parametrelerin de optimizasyonu gereklidir.

Bu şart fonksiyonunun optimize edilmesinde ileriye doğru en küçük kareler metodu kullanılarak yapılır. BMSDUA yapısının ileriye ve geriye doğru hangi parametreleri optimize ettiği Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Adaptif parametrelerin optimize edilmesi

	İleriye Doğru	Geriye Doğru
Öncül Parametreler	Sabit	Gradyent
Sıralı Parametreler	En Küçük Kareler Tahmin	Sabit
Sinyaller	Düğüm Çıkışları	Hata Sinyali

BMSDUA bir defa yürütüldüğünde ileriye doğru belirlenen giriş uzayı için en doğru çıkışı verecek fonksiyonu yakalamaya çalışır. Bununla birlikte oluşan hataya bakarak da gradyentinden giriş uzayını normalize etmeye çalışır. Gradyent hesaplamalarda fonksiyon parametrelerine dokunulmaz ancak giriş uzayı değiştikten sonra ileriye doğru hesap başladığı zaman optimize olmuş giriş uzayı desenine göre en az hata ile fonksiyona ait sıralı parametreleri tekrar hesaplayarak çıkışı yakalamaya çalışır. Sıralı parametrelerin optimizasyonunda düğüm çıkışları kullanılırken giriş uzayının optimizasyonunda BMSDUA'nın çıkışına ait hatadan yararlanır. Böylece bir turda hem üyelik hem de fonksiyon parametrelerine ait bir düzeltme oluşur. Hem gradyentin hem de en küçük kareler metodunun bir arada kullanılması algoritmasına hibrit öğrenme denilmektedir.

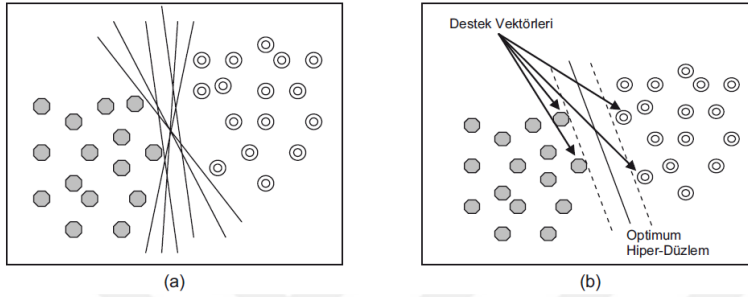
Bu hibritlik BMSDUA'nın hızını kayda değer şekilde arttırmaktadır. YSA'nın LM öğrenmeli modelinde binli iterasyonlarla bahsedilen öğrenme iterasyonlarından bahsedilirken bu rakam BMSDUA için yüzlü sayılarla ifade edilebilir. YSA'nın LM öğrenme modelinde karşılaşılan başlangıç parametrelerinin önemi BMSDUA'da yoktur. Her iterasyonundaki toplam iki düzeltme BMSDUA'nın daha hızlı yakınsamasına olanak tanır.

3.1.3. Destek Vektör Makinaları

DVM güçlü istatistiksel öğrenme teorilerine dayalı bir sinirsel makine öğrenme algoritmasıdır. DVM'nin sahip olduğu matematiksel algoritmalar başlangıçta iki sınıflı doğrusal verilerin sınıflandırılması problemi için tasarlanmış, daha sonra çok sınıflı doğrusal olmayan verilerin sınıflandırılması ve regresyon işlemleri için genelleştirilmiştir. Klasik makine öğrenmesi yöntemlerinde yüksek sayıda eğitim verisine sahip olma gerekliliği, düşük yakınsama oranı, yerel minimuma takılma ve fazla uyum/eksik uyum (overfitting/underfitting) problemleriyle karşılaşılmaktadır

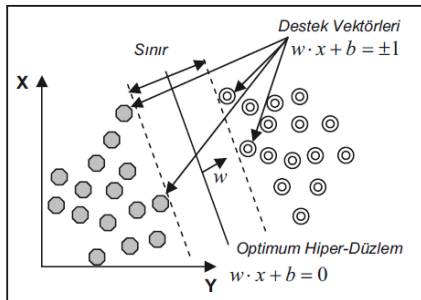
[Wapnik, 2000; Lu, 2002]. Ancak DVM, yapısal risk minimizasyonu temeline dayalı çalışarak bu problemlerin üstesinden gelmiştir. DVM'nin çalışma prensibi iki sınıfı birbirinden ayırabilen en uygun karar fonksiyonun tahmin edilmesi, başka bir ifadeyle iki sınıfı birbirinden en uygun şekilde ayırabilen hiper-düzlemin tanımlanması esasına dayanmaktadır [Cristianini ve Shawe-Taylor, 2000].

Şekil 3.5'de iki sınıflı bir problem için hiper düzlemler ve optimum hiper düzlem ve destek vektörleri verilmiştir.



Şekil 3.5. (a) İki sınıflı bir problem için hiper düzlemler (b) Optimum hiper düzlem ve destek vektörleri [Tokan, 2008]

Şekil 3.6'da görüldüğü gibi optimum hiper-düzlemin belirlenebilmesi için bu düzleme paralel ve sınırlarını oluşturacak iki hiper-düzlemin belirlenmesi gerekir. Bu hiper-düzlemleri oluşturan noktalar destek vektörleri olarak adlandırılır ve bu düzlemler $w \cdot x_i + b = \pm 1$ şeklinde ifade edilir.



Şekil 3.6. Doğrusal olarak ayrılabilen veri setleri için hiper düzlemin belirlenmesi [Tokan, 2008]

Optimum hiper-düzlemin sınırının maksimuma çıkarılması için w ifadesinin minimum hale getirilmesi gerekir. Bu durumda en uygun hiper-düzlemin belirlenmesi Eşitlik (3.25)'deki sınırlı optimizasyon probleminin çözümünü gerektirir.

$$\min \left[\frac{1}{2} \|w\|^2 \right] \quad (3.25)$$

Buna bağılı sınırlamalar ise;

$$y_i(w \cdot x_i + b) - 1 \geq 0 \text{ ve } y_i \in \{1, -1\} \quad (3.26)$$

şeklinde ifade edilir [Christodoulou vd., 2006; Tokan, 2008]. Bu optimizasyon problemi Lagrange denklemleri kullanılarak çözülebilir. Bu işlem sonrasında;

$$L(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^k \alpha_i y_i (w \cdot x_i + b) + \sum_{i=1}^k \alpha_i \quad (3.27)$$

eşitliği elde edilir. Sonuç olarak, doğrusal olarak ayrılabilen iki sınıflı bir problem için karar fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir [Cristianini ve Shawe-Taylor, 2000].

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^k \lambda_i y_i (x \cdot x_i) + b \right) \quad (3.28)$$

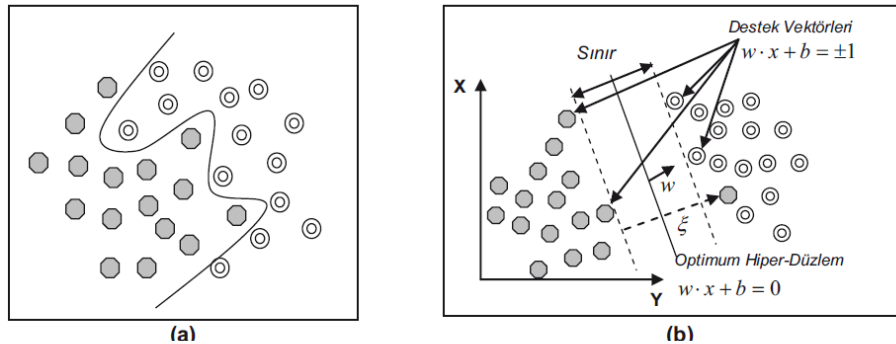
Destek vektör makineleri matematiksel olarak

$$K(x_i, x_j) = \varphi(x_i) \cdot \varphi(x_j) \quad (3.29)$$

şeklinde ifade edilen bir çekirdek (kernel) fonksiyonu yardımıyla doğrusal olmayan dönüşümler yapılabilmekte ve bu şekilde verilerin yüksek boyutta doğrusal olarak ayırılmasına imkan sağlamaktadır. Sonuç olarak, çekirdek fonksiyonu kullanarak doğrusal olarak ayıramayan iki sınıflı bir problemin çözümü ile ilgili karar kuralı aşağıdaki şekilde yazılabilir [Cristianini ve Shawe-Taylor, 2000; Tokan ve Güneş, 2008].

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_i \alpha_i y_i \varphi(x) \cdot \varphi(x_i) + b \right) \quad (3.30)$$

Şekil 3.7'de doğrusal olarak ayıramayan veri setlerinde hiper-düzlemin belirlenmesi görülmektedir.



Şekil 3.7. a) Doğrusal olarak ayıramayan veri seti b) Doğrusal olarak ayıramayan veri setleri için hiper düzlemin belirlenmesi [Toka, 2008]

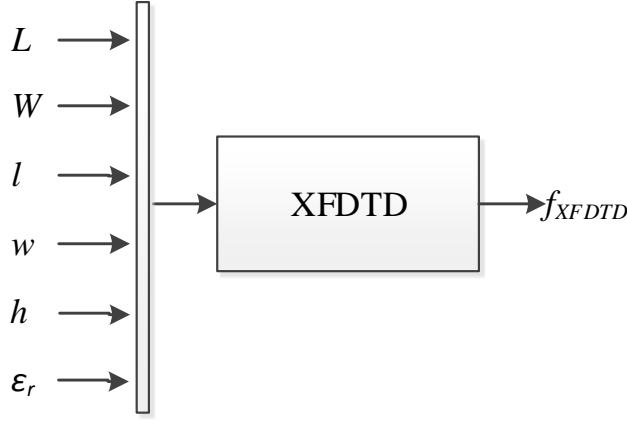
3.2. KMA'LARIN BENZETİM YÖNTEMİ

Farklı fiziksel ve elektriksel parametrelere sahip KMA'ların benzetimleri XFDTD ve IE3D™ elektromanyetik benzetim programı ile gerçekleştirilmiş ve rezonans frekansları belirlenmiştir. Bu kapsamda CKMA ve HKMA'ların benzetimleri FDTD metodunu kullanan 3 boyutlu olarak çalışan XFDTD elektromanyetik benzetim programı, DHKMA, DAHKMA, EKMA, ve LKMA, benzetimleri ise MoM kullanan IE3D™ elektromanyetik benzetim programı ile gerçekleştirilmiştir. KMA'ların benzetimleri yapılırken rezonans frekansları ve geri dönüş kaybı parametrelerinin yanında ışıma diyagramları ve kazanç grafikleride incelenmiştir.

3.2.1. XFDTD Elektromanyetik Benzetim Programı

FDTD metodu üzerine temellenmiş, 3 boyutlu tüm dalga elektromanyetik çözüm yöntemidir. XFDTD hücresel telefon benzetimleri üzerine temellenirken çeşitli kimyasal, optik, radar, biyomedikal araçları ve ek olarak wireless, mikrodalga devreleri ile radar saçılım problemleri üzerine çalışma yapan pazarlara erişebilmek için kullanılan ticari bir yazılımdır. Pek çok elektromanyetik benzetim programları frekans domaininde çalışırken XFDTD Maxwell denklemlerini zaman domaininde çözer. Bunun anlamı her bir zaman adımında elektromanyetik alan işlem değerlerinin kesikli olarak hesaplanmasıdır. Zaman bölgesinde çalışmanın diğer bir yararı da programda zaman bölgesinde tek bir uyarıyla çıkışın frekansta çok geniş bir bant aralığında incelenebilmesidir. Bununla beraber FDTD yaklaşımının kullanılmasının ana sebebi problem boyutlarının büyümesi ile metodun muhteşem saçılma performansı gösterebilmesidir. Değişken sayısının artmasıyla FDTD çözümleri diğer metotlardan daha doğru sonuçlar verir [Taflove, 1995].

Farklı fiziksel ve elektriksel parametrelere ($L, W, l, w, h, \epsilon_r$) sahip CKMA ve HKMA'ların benzetimleri Şekil 3.8'de görüldüğü gibi XFDTD elektromanyetik benzetim programı ile gerçekleştirilmiş ve rezonans frekansları (f_{XFDTD}) belirlenmiştir.



Şekil 3.8. CKMA ve HKMA'ların XFDTD ile benzetim süreci

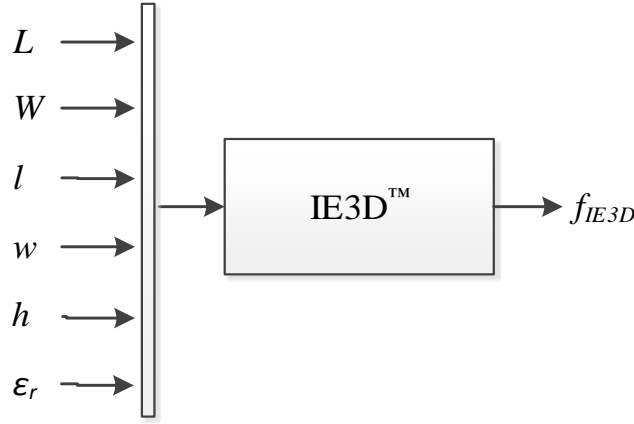
XFDTD ile yapılan benzetimlerde, kaynak olarak Gaussian dalga formu kullanılmıştır. Antenler, 50 ohm'luk koaksiyel kablo ile beslenmiş ve FDTD'de ızgaralama işlemi için kübik bir bölgede maksimum hücre boyutu 0.7 mm alınmıştır. Benzetim aşamasında CKMA'ların besleme noktası $x_0=2(W-w)/3$ ve $y_0=(L-l)/2+s$ civarında, HKMA'ların besleme noktası ise $x_0=(L-l)/2+s$ ve $y_0=W/2$ civarında seçilmiştir.

3.2.2. IE3D™ Elektromanyetik Benzetim Programı

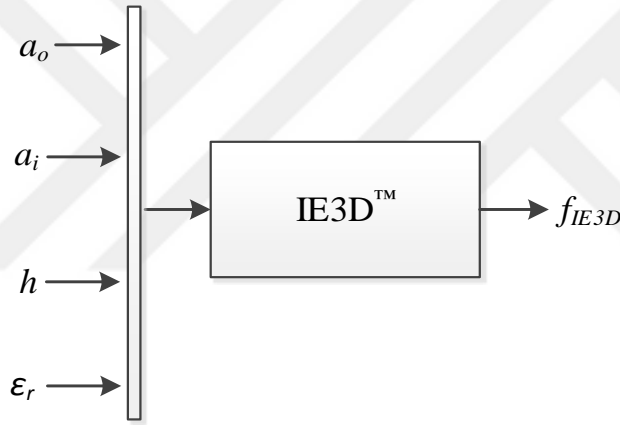
Elektromanyetik benzetim yazılımları, karmaşık mikrodalga, RF baskı devre, anten, yüksek hızlı sayısal devreler ve diğer elektronik parçaların doğru bir şekilde analizlerini ve tasarımlarını yapabilen ileri bir teknolojidir. IE3D™, üç boyutlu (3B) ve düzlemsel mikrodalga devreler, MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit), RFIC (Radio Frequency Integrated Circuit), RFID (Radio Frequency Identification), antenler, sayısal devreler, yüksek hızlı PCB'lerin (Printed circuit board) tam dalga elektromanyetik benzetimini ve optimizasyonunu yapabilen MoM'a dayanan bir paket yazılımdır [Harrington, 1993]. IE3D™ çok yönlü, kolay kullanılabilir, etkin ve doğru bir elektromanyetik benzetim aracı olmuştur. IE3D™ ile yakın ve uzak alan analizi, 2B ve 3B ışınma örüntüsü, 3B yüzey akım dağılımı, kazanç, yönlülük, verimlilik, gerilim duran dalga oranı ve geriye dönme grafikleri elde edilebilmektedir.

Farklı fiziksel ve elektriksel parametrelere ($L, W, l, w, h, \epsilon_r$) sahip DHKMA, EKMA ve LKMA benzetimleri Şekil 3.9'da ve DAHKMA'ların benzetimleri de Şekil

3.10’da görüldüğü gibi IE3D™ benzetim programı ile gerçekleştirilmiş ve rezonans frekansları (f_{IE3D}) elde edilmiştir.



Şekil 3.9. DHKMA, EKMA ve LKMA’ların IE3D™ ile benzetim süreci



Şekil 3.10. DAHKMA’ların IE3D™ ile benzetim süreci

IE3D™ ile yapılan benzetimlerde, ızgaralama (meshing) hesabında maksimum frekans 4 GHz ve hücre/dalga boyu oranı 40 olarak alınmıştır. Benzetimler 0–4 GHz frekans aralığında 401 noktada yapılmıştır. Antenlere 50 ohm koaksiyel (probe) besleme uygulanmıştır. Besleme noktasının belirlenmesinde, IE3D™ yazılımına ait genetik algoritmaya dayanan optimizasyon modülü kullanılmıştır. Optimizasyonlarda en iyi geriye dönme kaybı değerini veren besleme noktasının bulunmasında antenlerin ilk rezonans frekansı için s_{11} (dB) < -15 amaç fonksiyonu kullanılmıştır.

3.3. KMA'LARIN GERÇEKLENME YÖNTEMİ

Bu tez çalışmasında XFDTD ve IE3D™ aracılığıyla tasarlanan KMA'ların prototipleri, çift yüzü bakır FR4 baskı devre malzemesi üzerine basılmıştır. Kullanılan FR4 malzemeleri farklı dielektrik sabiti ve tanjant kaybı değerlerinde kullanılmıştır. FR4'ün en önemli avantajı, yaygın kullanımı ve kolay temin edilebilmesidir. Ayrıca, bu malzeme baskı devrelerin üretilmesinde de kullanıldığından mobil sistem devreleri ile tasarlanan KMA'lar aynı alttaşı kullanabilmektedir. Buna karşın, tanjant kaybı nispeten yüksektir. Aynı elektriksel özelliklere sahip daha düşük tanjant kaybı olan materyalin kullanılması halinde daha yüksek kazançla sahip antenler elde edilebilir.

DHKMA, CKMA, EKMA, HKMA ve LKMA'ların laboratuvar ortamında gerçekleşmesinde tanjant kaybı ($\tan\delta$) 0.0012, yüksekliği (h) 1.57 mm ve dielektrik sabiti (ϵ_r) 2.33 olan Rogers™ RT/duroid 5870 malzemesi kullanılmıştır. DAHKMA'nın gerçekleşmesinde ise yüksekliği (h) 2.54 mm ve dielektrik sabiti (ϵ_r) 4.5 olan Rogers™ TMM 4 malzemesi kullanılmıştır.

Bu tez kapsamında prototipleri gerçekleştirilen KMA'ların geri dönüş kaybı parametresi ölçümleri Şekil 3.11'de gösterilen Agilent E5071B ENA Series RF network analizör kullanılmıştır. Agilent E5071B ENA Series RF network analizör, 2 portludur ve 8.5 GHz'e kadar ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 3.11. Agilent E5071B ENA Series RF network analizör

3.4. YSA, BMSDUA VE DVM YAZILIM YÖNTEMİ

Herhangi bir sistem için tasarım, analiz ve sentez işlemleri büyük önem taşır. Bir sistemde tasarım; genelde çizim işlemlerini, analiz; hesaplama işlemlerini ve sentezde hem çizim hem de hesaplamaları kapsar. İşte bir sistemde büyük bir önem taşıyan bu üç işlevi de en kolay ve en güvenilir şekilde yapabilmek için farklı

dönemlerde farklı teknikler kullanılmıştır. Bilgisayarın geliştirilmesi ve de bir sistemi oluşturmak ve o sistemi anlamak için insanlara kolaylık sağlayan yazılım programlarının da gelişmesiyle birlikte özellikle mühendislik alanında bilgisayarın etkin biçimde kullanımı artmıştır. Donanıma yönelik teknolojik gelişmeler bir bilginin hızlı bir şekilde saklanabilmesi ve işlenebilmesi için önemlidir. Yazılım alanındaki gelişmeler ise kolay anlaşılabilen ve problemlerin kolayca çözülebileceği kullanışı kolay programları beraberinde getirmiştir.

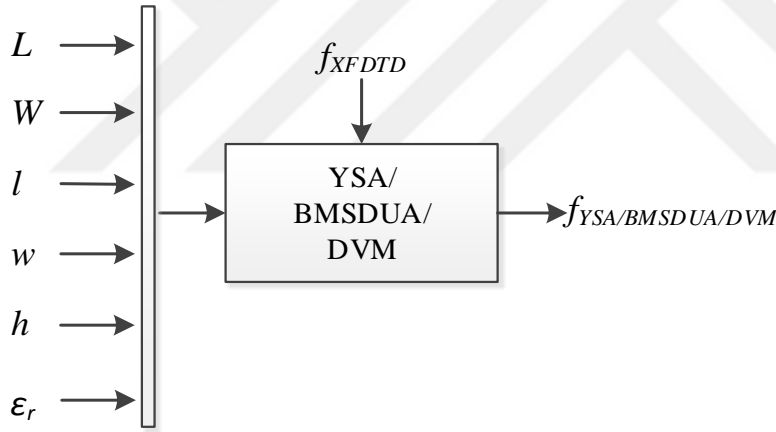
Bu işlemlerin yapılabilmesi için günümüzde FORTRAN, C ve Pascal gibi yüksek seviye programlama dilleriyle; Maple, MATLAB, Mathematica, MathCAD, StatView, SigmaStat, ANSYS gibi kullanımı kolay, görselliği zengin paket programlar üretilmiştir. Bu tez çalışmasında YSA, BMSDUA ve DVM modellerinin yazılımları bugün için yukarıda bahsi geçen yaygın şekilde kullanılan MATLAB paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

MATLAB; (MATrix LABORatory); ilk defa 1985’de C.B Moler tarafından matematik ve özellikle de matris esaslı matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş etkileşimli bir paket programlama dilidir. İlk sürümleri FORTRAN diliyle yazılmış olmakla beraber son sürümleri C dilinde hazırlanmıştır. MATLAB mühendislik alanında; sayısal hesaplama, veri çözümleri ve grafik işlemlerinde kullanılabilecek genel amaçlı bir program olmakla beraber özel amaçlı modüller paketlere de sahiptir. Control Toolbox, Signal Toolbox gibi paket programlar (bilgisayar destekli denetim sistemi tasarımı) paketler olup bunlar denetim sistemlerinin tasarımında çok etkili araçlardır. Ayrıca WINDOWS ortamında çalışan SIMULINK, etkileşimli benzetim programlarının hazırlanması ve çalıştırılmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

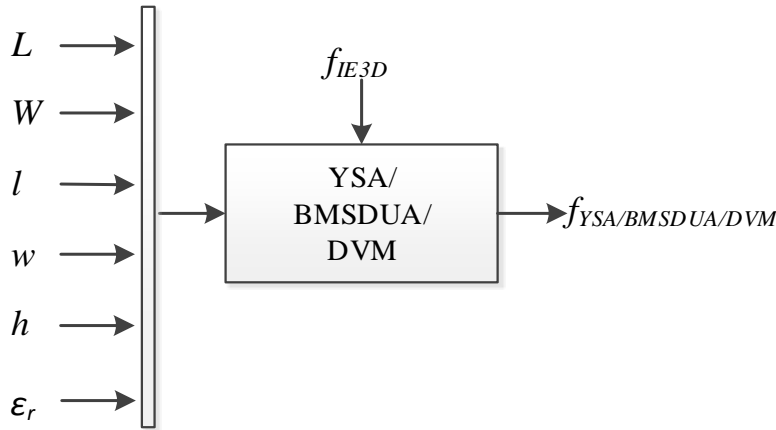
MATLAB’ın tercih edilmesinin sebebi, sayısal hesaplamalar, grafiksel programlamalar ve benzetim uygulamaları için geliştirilmiş türdeşlerine göre özel ve üstün bir dil olmasıdır. MATLAB’ın, bir ana paket program yanında, bunun ile birlikte kullanılan uygulama alanına özel, ek bir ödeme ile ayrıca temin edilebilen araç kutularını (toolbox) içermesi tercih edilmesini bir kat daha arttırmaktadır. MATLAB ayrıca kolay program yazılımı ve ileri seviyede grafik özellikler de sağlamaktadır. Hazır fonksiyon dosyaları yardımı ile diğer programlama dilleriyle satırlarca tutan

programlar, MATLAB programcılığı yolu ile sadece birkaç satırla hazırlanabilmektedir.

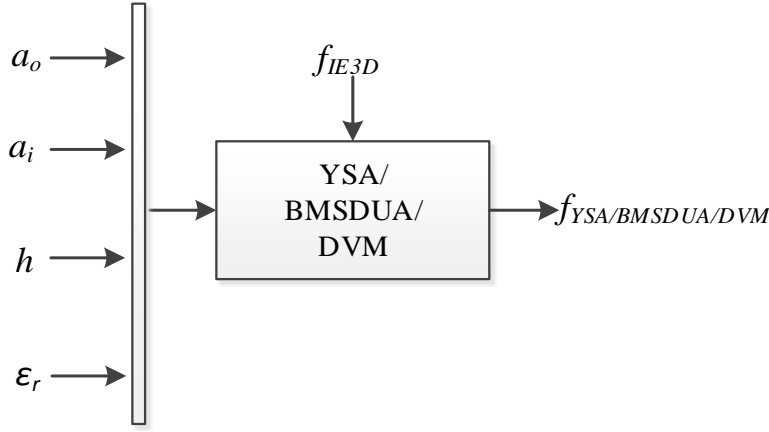
MATLAB programı ile programları yazılan YSA, BMSDUA ve DVM modellerinin eğitimi ve testi için benzetim programlarından, ölçümlerden, literatür ölçüm ve benzetimlerinde elde edilen veriler kullanılmıştır. YSA, BMSDUA ve DVM eğitim süreci, CHKMA ve HKMA için Şekil 3.12’de, DHKMA, EKMA ve LKMA için Şekil 3.13’de ve DAHKMA için ise Şekil 3.14’de verilmiştir. KMA’ların fiziksel ve elektriksel parametreleri ağlara giriş olarak, benzetim programlarından elde edilen rezonans frekans değerleri de hedef olarak girilmiştir. YSA modeli her koşulduğunda başlangıç ağırlık değerleri rastgele alındığı için her seferinde farklı sonuçlar verirler. Sonuçları sabitleyebilmek için uygun seed değerlerinin ilk önce tespit edilmesi gerekmektedir. YSA modelinin uygun seed değeri tespit aşaması vakit almasına rağmen, YSA modeli, uygun seed değeri belirlendikten sonra birkaç saniye içinde sonuç verebilmektedir.



Şekil 3.12. CKMA ve HKMA için YSA, BMSDUA ve DVM eğitim süreci

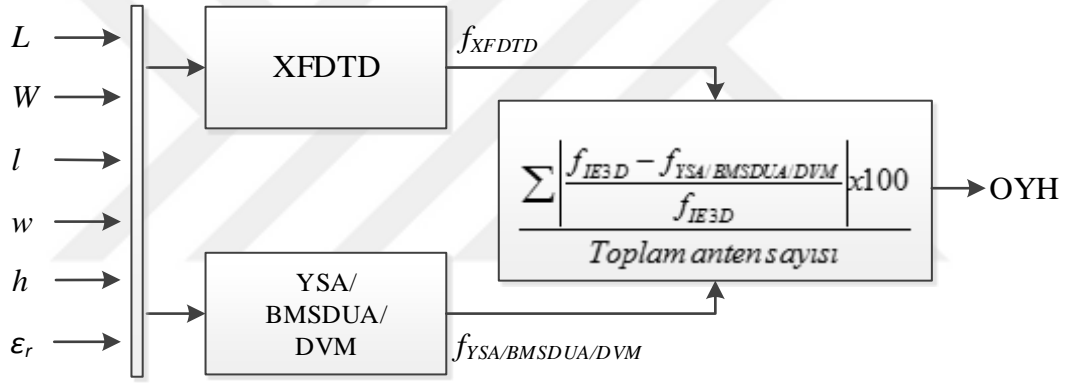


Şekil 3.13. DHKMA, EKMA ve LKMA için YSA, BMSDUA ve DVM eğitim süreci

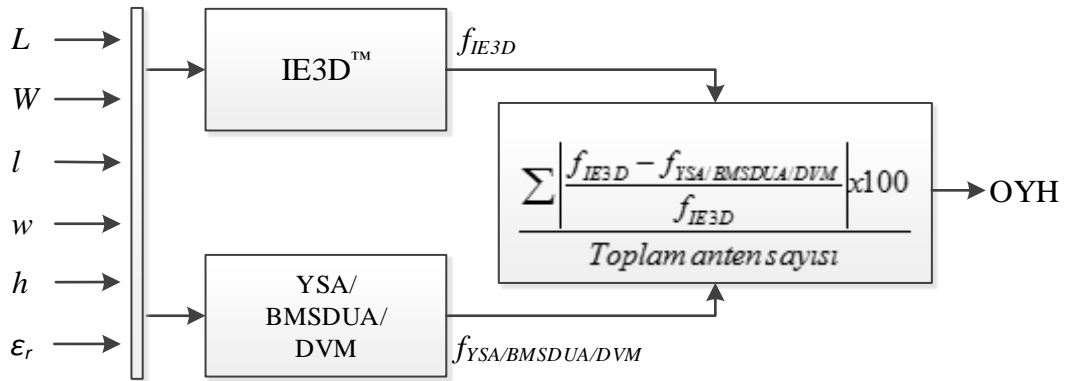


Şekil 3.14. DAHKMA için YSA, BMSDUA ve DVM eğitim süreci

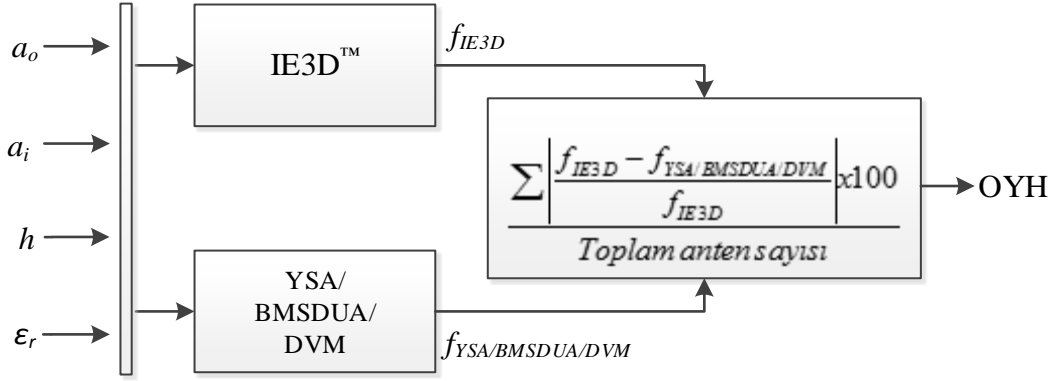
YSA, BMSDUA ve DVM ağlarının test süreci CKMA ve HKMA için Şekil 3.15’de, DHKMA, EKMA ve LKMA için Şekil 3.16’da ve DAHKMA için ise Şekil 3.17’de görülmektedir.



Şekil 3.15. CKMA ve HKMA için YSA, BMSDUA ve DVM test süreci



Şekil 3.16. DHKMA, EKMA ve LKMA için YSA, BMSDUA ve DVM test süreci



Şekil 3.17. DAHKMA için YSA, BMSDUA ve DVM test süreci

3.4.1. KMA'ların Rezonans Frekansı Hesabı için Tasarlanan Arayüz

İçeriğinde yer alan nesnelerin kullanılması ile kullanıcıya etkileşimi ve bir işin veya bir programın koşturulmasını sağlayan grafiksel bir program ara yüzüdür. Açılımı Graphical User Interface (GUI)'dir. GUI nesneleri menüler, araç çubukları, radio butonlar, liste kutuları veya kaydırıcılar olabilir. Bunların yanında MATLAB GUI ile MATLAB'in sunduğu hesaplama imkânları kullanılarak da veri alımı ve grafik çizimi gibi pek çok işlem gerçekleştirilebilir.

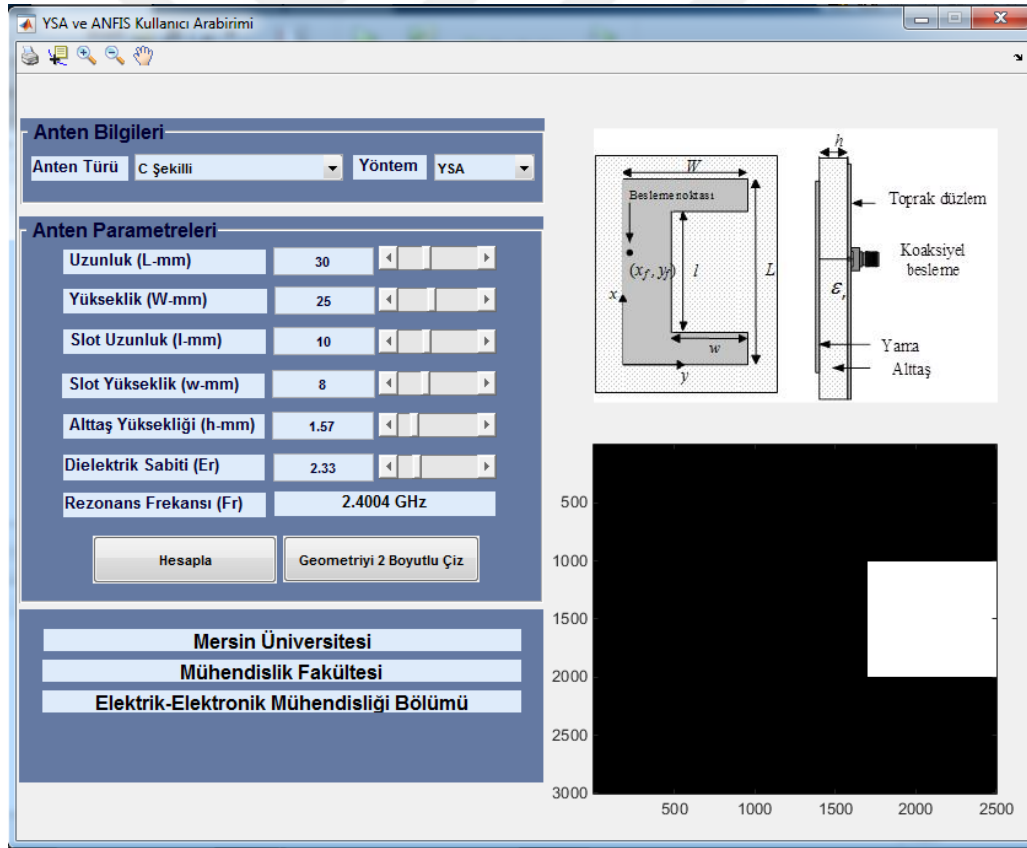
Her bir nesne, GUI için tanımlanan programlama dosyasında callback diye adlandırılan ayrı alt rutin programlama parçalarına sahiptir. Bu şekilde her bir nesnede oluşan olaylara (örnek olarak bir buton nesnesinin tıklanması ile click event oluşması gibi) GUI o olaya ait callback rutinlerini icra ettirir. Yani, GUI hem bir arayüz hem de bir program çağrılarını icra ettirme mekanizması olarak çalışır.

Yukarıda bahsedilen programlama olay tabanlı programlama diye adlandırılır. Bu tür programlamada her bir olaylara ait alt program parçaları birbirinden bağımsız olarak MATLAB GUI tarafından çalıştırılır. MATLAB GUI tasarımları, MATLAB GUIDE aracı kullanılarak ve M-File programlama yöntemi kullanılarak olmak üzere iki ayrı yöntem kullanılarak yapılabilir. Özellikle GUI tasarımında hızlı ara yüzler tasarlamak ve bu işe ilk başlayan programcılar için MATLAB GUIDE aracının kullanılması büyük bir kolaylık sağlar. Bu aracın kullanılması ile GUI arabirimi kolaylıkla ve yorulmadan sürükleyip bırak ve açılan pencerelerde özelliklerin değiştirilmesine dayanan bir yöntem kullanılır. Ayrıca, bu yöntemi kullanmanın ileride

var olan bir GUI'nin düzenlenmesi ve değişiklik yapılması bakımından da çok yararlıdır.

M-File programlama yönteminde tüm GUI tasarımları ve callback program parçalarının yazılması tamamı ile programlama kodları kullanılarak yapılır. Burada tasarımcı her şeye hâkimdir ve bu teknik uzman bir programlama bilgisi gerektirir. Bu yöntem ile tasarım zamanı uzamasına rağmen programcı her türlü değişikliği yapabildiği için programcı açısından çok yararlıdır.

KMA'ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA ve BMSDUA modelleri bir arayüzde bir araya getirilerek anten tasarımcılarının kullanımına sunulmuştur. Şekil 3.18'de görülen arayüzde, kullanıcı bu tez çalışmasında ele alınan antenlerden istediğinin rezonans frekansı hesabı için istediği modeli seçip, elektriksel ve fiziksel parametrelerini değiştirerek, anında o antene ait rezonans frekansını hesaplayabilecektir.



Şekil 3.18. KMA'ların rezonans frekansı hesabı için tasarlanan YSA ve BMSDUA arayüzü

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, KMA'ların rezonans frekansı, en çok tercih edilen yapay zeka tekniklerinden olan YSA, BMSDUA ve DVM kullanılarak hesaplanmıştır. YSA, BMSDUA ve DVM ağlarının eğitimi ve testi için gerekli olan verileri elde etmek için belirli sayıda, çeşitli fiziksel ve elektriksel değerlere sahip KMA'ların benzetimleri elektromanyetik benzetim programları kullanarak gerçekleştirilmiş ve rezonans frekansları elde edilmiştir. KMA'ların benzetimleri yapılırken rezonans frekansları ve geri dönüş kaybı parametrelerinin yanında ışınım diyagramları ve kazanç grafikleride incelenmiştir. Aynı zamanda laboratuvar ortamında gerçekleştirdiğimiz belirli sayı ve şekillerdeki KMA'ların ölçüm sonuçları ve literatürde bu şekillerde tasarlanmış anten sonuçları da YSA, BMSDUA ve DVM modellerinin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Bu bölümde KMA'ların tasarımları, benzetimleri, laboratuvar ortamında gerçeklenmeleri ve ölçümleri, modellerimizin eğitimi ve test işlemi, modellerimizden alınan sonuçlar ve bu sonuçların kendi aralarında ve literatürdeki metodların sonuçları ile karşılaştırılmaları anlatılacaktır.

4.1. DHKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA ve BMSDUA KULLANILARAK HESAPLANMASI

4.1.1. DHKMA'ların Benzetim Süreci

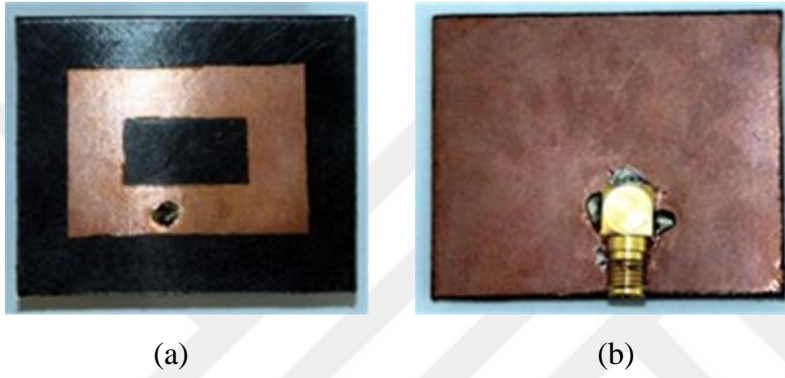
Çizelge 4.1'de verilen, boyutları ve dielektrik sabitleri farklı, 0.64–3.25 GHz frekans aralığında çalışan 108 adet DHKMA'nın benzetimleri IE3D™ paket yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Benzetimi yapılan DHKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri

Benzetim sayısı	Yamam Boyutları (mm)					ϵ_r
	L	W	l	w	h	
4 x 27	30	20	8, 12, 16	6, 8, 10	3.175, 1.6, 0.64	2.2, 4.4, 10.2
	40	30	10, 14, 18	8, 12, 16	3.175, 1.6, 0.64	2.2, 4.4, 10.2
	50	40	12, 18, 24	10, 14, 18	3.175, 1.6, 0.64	2.2, 4.4, 10.2
	60	40	18, 24, 30	10, 14, 18	3.175, 1.6, 0.64	2.2, 4.4, 10.2

4.1.2. DHKMA'nın Gerçeklenmesi

YSA ve BMSDUA modellerinin doğruluğunu ve geçerliliğini benzetim verilerinin dışında test etmek amacıyla Rogers™ RT/duroid 5870 malzemesi kullanarak, Çizelge 4.2'de anten parametreleri verilen DHKMA 2.4 GHz frekansta çalışacak şekilde gerçekleştirilmiş ve DHKMA fotoğrafları Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekil 4.2'de verilen geriye dönme kaybı eğrisi, Agilent E5071B ENA Series RF network analizör ile ölçülerek antenin rezonans frekansı belirlenmiştir.

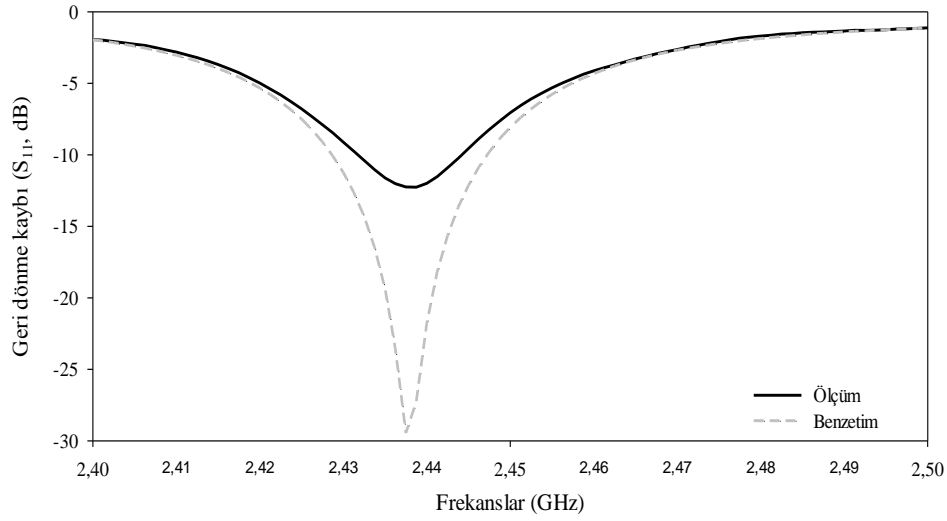


Şekil 4.1. Gerçeklenen DHKMA'nın fotoğrafları (a) Üstten görünüm (b) Alttan görünüm

Çizelge 4.2. Gerçeklenen DHKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları

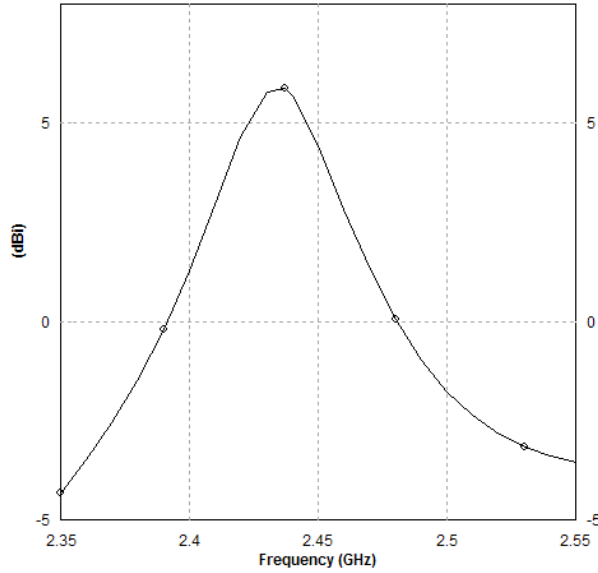
Anten	Yama boyutları (mm)				h	ϵ_r	Rezonans frekansı (GHz)	
	L	W	l	w			Benzetim	Ölçüm
DHKMA	35	25	18	10.15	1.575	2.33	2.437	2.439
DMA	35	25	—	—	1.575	2.33	2.714	—

$h=1.57$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870



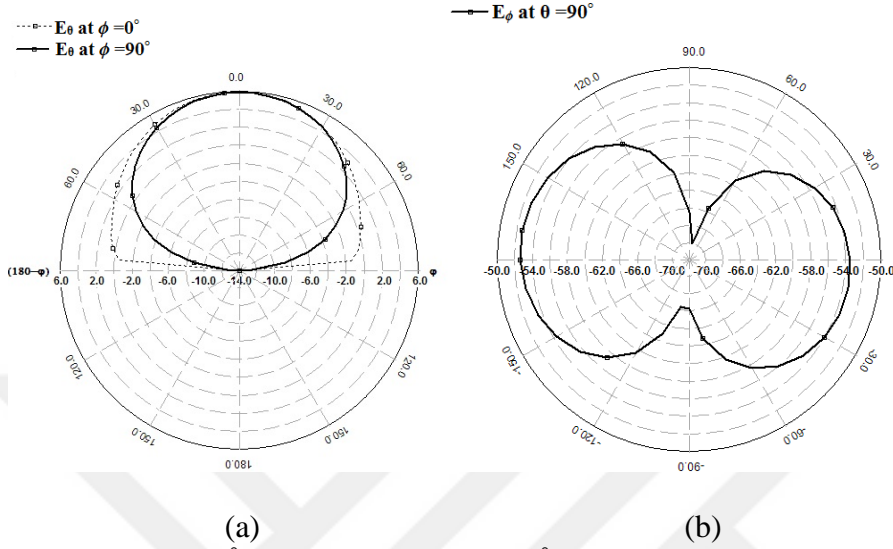
Şekil 4.2. Gerçeklenen DHKMA'nın geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği

Çizelge 4.2 aynı zamanda DHKMA ile aynı boyutlardaki ($L \times W$) DMA'nın benzetim sonuçlarını da içerir. DHKMA'nın rezonans frekansı DMA'ya göre % 10.2 azalmasına rağmen bant genişliği de % 25.84 küçülmüştür. Bu karşılaştırmalı sonuçlar açıkça göstermektedir ki KMA'lar geleneksel MA'lara göre aynı rezonans frekansı için yama boyutu bakımından daha üstündür. Önerilen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği Şekil 4.3'de verilmiştir Şekil 4.3'den görüldüğü gibi maksimum anten kazancı 2.437 GHz'de 5.84 dBi'dir.



Şekil 4.3. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği

Şekil 4.4'de DHKMA'nın benzetimi yapılan ışın diyagramları verilmiştir. Benzetimlerde $\phi=90^\circ$ 'de maksimum kazanç 5.84 dBi olarak elde edilmiştir. Diğer bir taraftan yarım güç demet genişliği 84.79° 'dir.

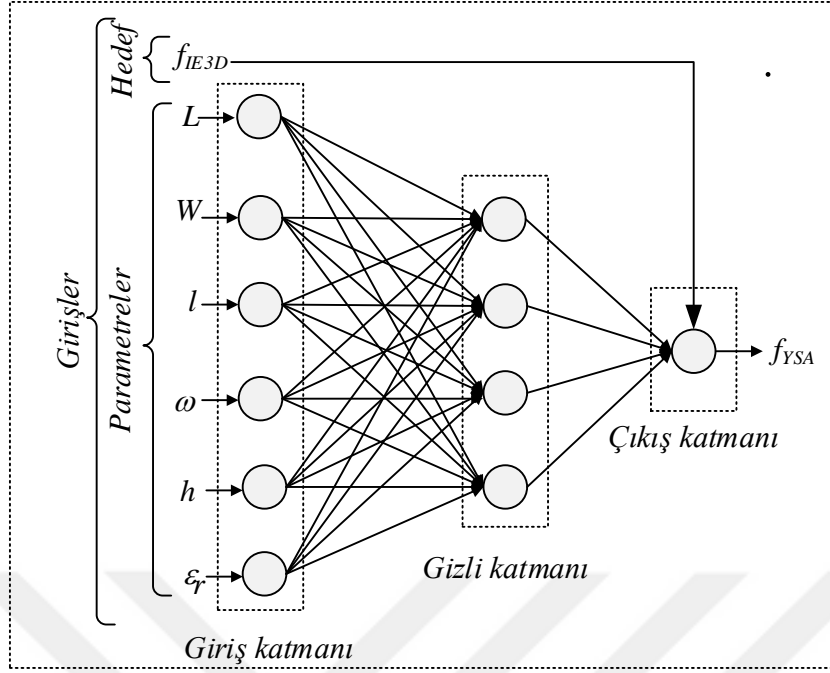


Şekil 4.4. a) $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve $\phi = 90^\circ$ 'de (y-z düzlemi) E_θ 'nin ışın örüntüleri, b) $\theta = 90^\circ$ 'de (x-y düzlemi) E_ϕ 'nin ışın örüntüleri

4.1.3. DHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması

4.1.3.1. DHKMA'lar için YSA eğitim süreci

108 DHKMA'dan 96'sının anten parametreleri (L , W , l , w , h ve ϵ_r) YSA modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. DHKMA'nın rezonans frekansı hesabı için LM öğrenme algoritmasının kullanıldığı ÇKA'ya dayanan YSA modeli kullanılmıştır. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi YSA modeli 4 nöronlu 1 gizli katmandan oluşmaktadır ve kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

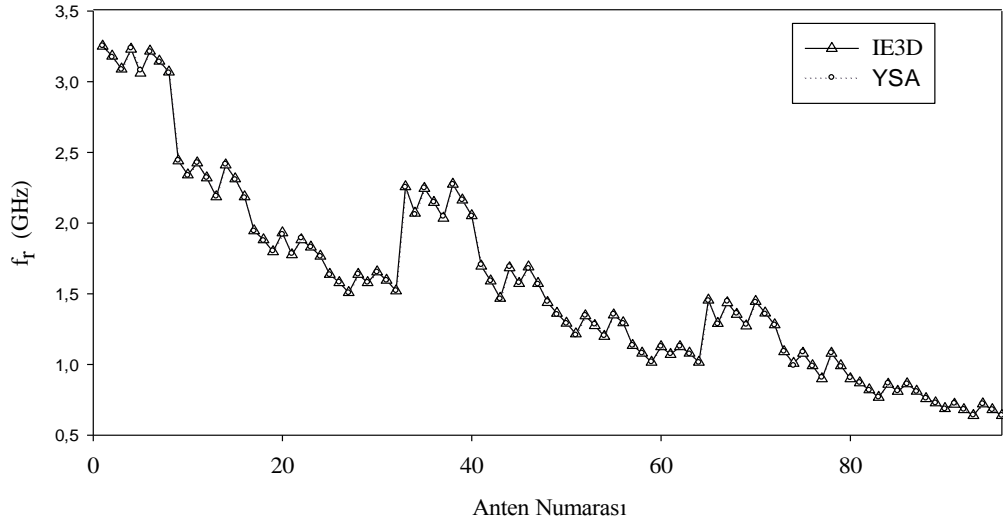


Şekil 4.5. DHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA Modeli

Çizelge 4.3. DHKMA için YSA modelinde kullanılan ağ parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	400
Seed değeri	1302101534
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.1
Maksimum μ değeri	10^{10}

Ayrıca giriş katmanı ve gizli katman için tanjant sigmoid, çıkış katmanı için purelin fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir ve OYH değeri % 0.321 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.6. DHKMA için eğitim sonucunda benzetim ve YSA'nın karşılaştırmalı sonuçları

4.1.3.2. DHKMA'lar için YSA test süreci

Benzetimi yapılan 108 DHKMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 12 anten, eğitilen YSA'nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi test için kullanılan 12 antenin rezonans frekansı değerleri ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.513 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. DHKMA'lar için test sonucunda YSA ile belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama Boyutları (mm)						Rezonans Frekansları (GHz)		Yüzdelik Hata (%)
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	YSA	Hata _{YSA}
1	30	20	12	8	3.175	2.2	3.153	3.162	0.189
2	40	30	10	16	3.175	2.2	2.207	2.199	0.161
3	50	40	18	14	3.175	2.2	1.861	1.853	0.090
4	60	40	24	18	3.175	2.2	1.506	1.507	0.535
5	30	20	8	8	1.6	4.4	2.170	2.158	0.304
6	40	30	14	16	1.6	4.4	1.450	1.453	0.006
7	50	40	24	18	1.6	4.4	1.199	1.205	0.127
8	60	40	24	18	1.6	4.4	1.007	1.014	0.073
9	30	20	8	8	0.64	10.2	1.373	1.367	0.473
10	40	30	10	16	0.64	10.2	0.910	0.911	0.191
11	50	40	18	18	0.64	10.2	0.750	0.765	1.673
12	60	40	18	18	0.64	10.2	0.641	0.644	0.626
OYH									0.513

YSA modelinin geçerliliğini ve doğruluğunu göstermek için literatürde [Deshmukh ve Kumar, 2007] verilen benzetim ve hesaplama sonuçları için de test işlemi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.5'de bu test neticesinde elde edilen sonuçların literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] hesaplamalardan daha iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca kendi gerçekleştirdiğimiz DHKMA verileri de test işleminde kullanılmış ve Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde DHKMA'ların rezonans frekansı hesabında YSA'ların başarılı bir şekilde kullanılabileceği görülmektedir.

Çizelge 4.5. Literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] DHKMA benzetim ve hesaplama sonuçları ile YSA karşılaştırmalı sonuçları

Yama Boyutları (mm)						Rezonans Frekansları (GHz)			Hata _[*] (%)	Hata _{YSA} (%)
<i>L</i>	<i>W</i>	<i>l</i>	<i>w</i>	<i>h</i>	ϵ_r	Benzetim[*]	For. [*]	YSA		
60	40	5	5	1.59	2.33	1.593	1.643	1.608	3.139	0.929
60	40	10	10	1.59	2.33	1.534	1.525	1.547	0.587	0.828
60	40	15	15	1.59	2.33	1.428	1.425	1.448	0.210	1.401
60	40	20	20	1.59	2.33	1.315	1.338	1.241	1.749	5.627
60	40	40	20	1.59	2.33	1.345	1.274	1.330	5.279	1.100
60	40	45	25	1.59	2.33	1.260	1.293	1.250	2.619	0.833
60	40	50	30	1.59	2.33	1.210	1.164	1.210	3.802	0.008
OYH									2.483	1.532

* Deshmukh ve Kumar, 2007

Çizelge 4.6. Gerçekleştirdiğimiz DHKMA'nın verileri ile test edilen YSA sonucunun benzetim ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması

Anten	Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansı (GHz)		
	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>l</i>	<i>w</i>	<i>h</i>	ϵ_r	Benzetim	Ölçüm	YSA
DHKMA	35	25	18	10.15	1.575	2.33	2.437	2.439	2.464
DMA	35	25	—	—	1.575	2.33	2.714	—	—

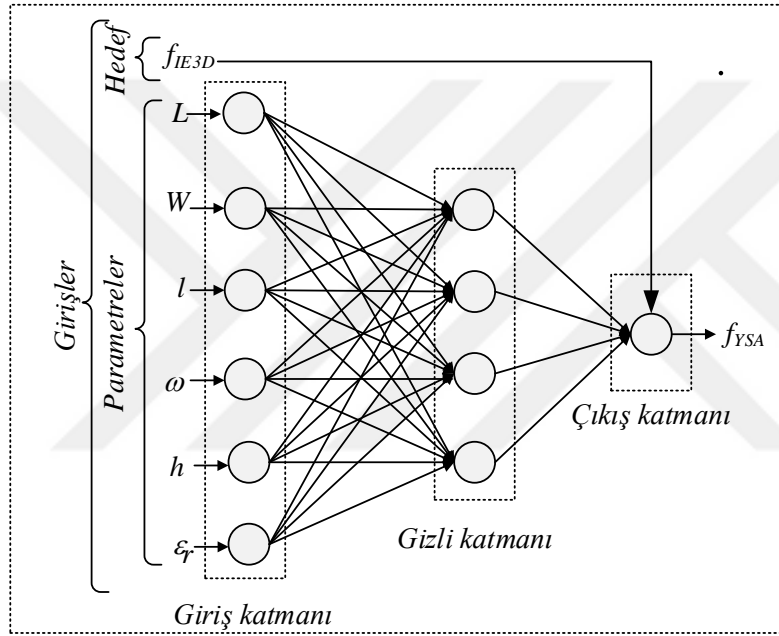
4.1.4. DHKMA'ların Rezonans Frekansı Hesabı için YSA'da Farklı Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması

DHKMA'ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA modelinde LM algoritmasına ilaveten 7 farklı öğrenme algoritması da kullanılmış ve sonuçları

karşılaştırılmıştır. LM dışında kullanılan bu öğrenme algoritmaları; BR, PRCG, FPCG, PBCG, SCG, OSS ve COIU öğrenme algoritmalarıdır.

4.1.4.1. DHKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA eğitim süreci

Benzetimi yapılan 108 DHKMA'dan 96'sının anten parametreleri YSA modellerine giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi farklı öğrenme algoritmalarının kullanıldığı YSA modelleri 4 nöronlu 1 gizli katmandan oluşmaktadır.



Şekil 4.7. DHKMA'nın rezonans frekansı için farklı öğrenme algoritmalarının kullanıldığı YSA modeli

YSA modelinde bütün öğrenme algoritmaları için seed değeri hariç Çizelge 4.7'deki ağ parametreleri kullanılmıştır. YSA modelleri her koşulduğunda başlangıç ağırlık değerleri rastgele alındığı için her seferinde farklı sonuçlar verirler. Sonuçları sabitleyebilmek için uygun seed değerlerinin ilk önce tespit edilmesi gerekmektedir. LM, BR, COIU, PBCG, FPCG, PRCG, OSS ve SCG öğrenme algoritmaları için kullanılan seed değerleri sırasıyla 1302101534, 739917698, 739917698, 2117010893, 1637327419, 484321353, 1665459856 ve 8205763'dir. Ayrıca giriş katmanı ve gizli katman için tanjant sigmoid, çıkış katmanı için purelin fonksiyonu kullanılmıştır. IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile YSA modellerinin

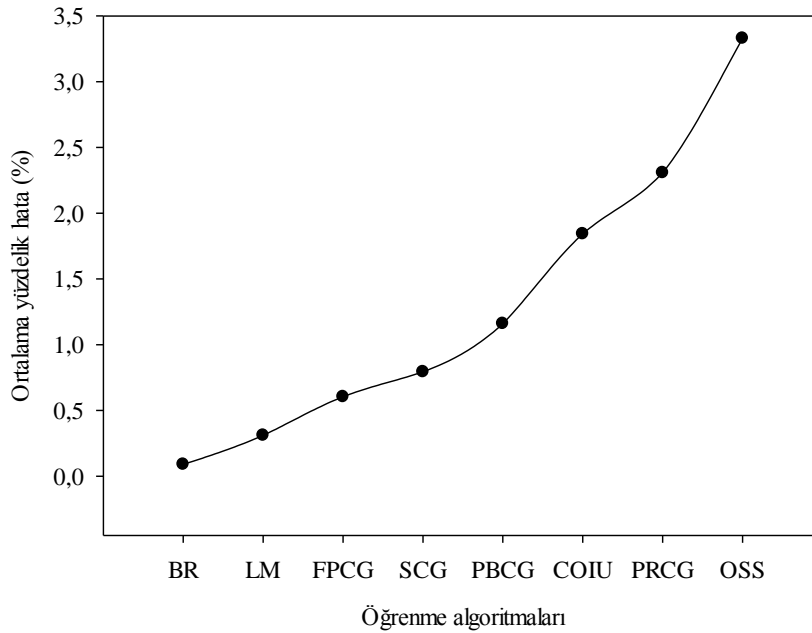
hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir OYH değerleri Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.7. YSA modellerinde kullanılan ağı parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	400
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.01
Maksimum μ değeri	10^{10}

Çizelge 4.8. Eğitim verileri için hesaplanan OYH değerleri

Öğrenme Algoritması	BR	LM	FPCG	SCG	PBCG	COIU	PRCG	OSS
Eğitim OYH [%]	0.090	0.311	0.604	0.794	1.160	1.843	2.308	3.330



Şekil 4.8. Eğitim verileri için kullanılan öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması

4.1.4.2. DHKMA’lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA test süreci

Benzetimi yapılan 108 DHKMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 12 anten, eğitilen YSA’nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge

4.9’da test için kullanılan 12 DHKMA’nın fiziksel ve elektriksel parametreleri verilmiştir. Çizelgeler 4.10 ve 4.11’de sırasıyla hesaplanan rezonans frekansları ve yüzdelik hatalar görülmektedir.

Çizelge 4.9. YSA modellerinin test etmek için kullanılan 12 DHKMA’nın fiziksel ve elektriksel parametreleri

Anten sayısı	Anten parametreleri						
	Anten boyutları (mm)					ϵ_r	h/λ_d
	L	W	l	w	h		
1	30	20	12	8	3.175	2.2	0.049
2	40	30	10	16	3.175	2.2	0.035
3	50	40	18	14	3.175	2.2	0.029
4	60	40	24	18	3.175	2.2	0.024
5	30	20	8	8	1.600	4.4	0.024
6	40	30	14	16	1.600	4.4	0.016
7	50	40	24	18	1.600	4.4	0.013
8	60	40	24	18	1.600	4.4	0.011
9	30	20	8	8	0.640	10.2	0.009
10	40	30	10	16	0.640	10.2	0.006
11	50	40	18	18	0.640	10.2	0.005
12	60	40	18	18	0.640	10.2	0.004

Çizelge 4.10. DHKMA için farklı öğrenme algoritmaları ile test sonucunda elde edilen rezonans frekans değerleri

Anten sayısı	Rezonans frekansları [GHz]								
	f_{IE3D}	f_{YSA}							
		BR	LM	FPCG	SCG	PBCG	COIU	PRCG	OSS
1	3.153	3.155	3.162	3.163	3.164	3.161	3.160	3.163	3.079
2	2.207	2.201	2.200	2.195	2.195	2.227	2.194	2.207	2.336
3	1.861	1.858	1.854	1.857	1.873	1.859	1.888	1.850	1.765
4	1.506	1.507	1.508	1.529	1.505	1.496	1.506	1.498	1.457
5	2.170	2.169	2.158	2.172	2.160	2.147	2.142	2.161	2.160
6	1.450	1.439	1.453	1.457	1.476	1.464	1.543	1.481	1.452
7	1.199	1.208	1.206	1.202	1.195	1.198	1.221	1.224	1.235
8	1.007	1.008	1.014	1.021	1.013	1.045	1.077	1.006	0.986
9	1.373	1.373	1.367	1.375	1.364	1.356	1.421	1.361	1.378
10	0.910	0.914	0.911	0.914	0.921	0.890	0.996	0.915	0.923
11	0.750	0.758	0.765	0.755	0.743	0.726	0.770	0.753	0.785
12	0.641	0.652	0.644	0.653	0.658	0.666	0.674	0.749	0.726

Çizelge 4.11. DHKMA için test aşamasında farklı öğrenme algoritmaları ile hesaplanan yüzdelik hatalar

Anten sayısı	Yüzdelik hatalar (%)							
	f_{YSA}							
	BR	LM	FPCG	SCG	PBCG	COIU	PRCG	OSS
1	0.059	0.297	0.31	0.354	0.256	0.218	0.31	2.358
2	0.266	0.333	0.537	0.546	0.89	0.605	0.015	5.86
3	0.176	0.402	0.203	0.64	0.128	1.457	0.628	5.152
4	0.09	0.103	1.517	0.083	0.647	0.023	0.501	3.264
5	0.036	0.539	0.125	0.428	1.064	1.258	0.41	0.447
6	0.765	0.214	0.476	1.759	0.966	6.393	2.097	0.097
7	0.736	0.544	0.277	0.34	0.132	1.786	2.045	2.996
8	0.064	0.729	1.414	0.59	3.778	6.917	0.135	2.072
9	0.022	0.444	0.109	0.648	1.275	3.496	0.896	0.328
10	0.458	0.172	0.458	1.249	2.136	9.515	0.612	1.425
11	1.02	1.913	0.607	1.058	3.244	2.54	0.368	4.618
12	1.624	0.47	1.811	2.59	3.776	5.039	16.859	13.241
OYH	0.443	0.513	0.654	0.857	1.524	3.271	2.073	3.488

YSA modellerinin geçerliliğini ve doğruluğunu göstermek için literatürde [Deshmukh ve Kumar, 2007] verilen benzetim ve hesaplama sonuçları için de test işlemi gerçekleştirilmiştir. Çizelgeler 4.12 ve 4.13'de bu test neticesinde elde edilen sonuçların literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] hesaplamalardan daha iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12. DHKMA için benzetim [Deshmukh ve Kumar, 2007], formülasyon [Deshmukh ve Kumar, 2007] ve YSA'dan elde edilen rezonans frekansları

Boşluk boyutları (mm)		Rezonans frekansları (GHz)									
l	w	[Desh. ve Kumar]		f_{YSA}							
		Benz.	For.	BR	LM	FPCG	SCG	PBCG	COIU	PRCG	OSS
5	5	1.593	1.643	1.602	1.608	1.606	1.501	1.643	1.288	1.664	1.642
10	10	1.534	1.525	1.505	1.547	1.496	1.444	1.526	1.371	1.553	1.527
15	15	1.428	1.425	1.404	1.448	1.425	1.389	1.427	1.507	1.452	1.424
20	20	1.315	1.338	1.310	1.241	1.358	1.322	1.338	1.516	1.367	1.334
40	20	1.345	1.274	1.338	1.330	1.343	1.313	1.335	1.385	1.364	1.363
45	25	1.260	1.293	1.256	1.250	1.257	1.265	1.271	1.431	1.289	1.281
50	30	1.210	1.164	1.162	1.210	1.120	1.213	1.232	1.342	1.214	1.209

$L = 60$ mm, $W = 40$ mm, $h = 1.59$ mm and $\epsilon_r = 2.33$

Çizelge 4.13. DHKMA için formülasyon [Deshmukh ve Kumar, 2007] ve YSA'nın karşılaştırmalı yüzdeler hataıarı

[Desh. ve Kumar]	Yüzdeler hataıar %								
	f_{YSA}								
	BR	LM	FPCG	SCG	PBCG	COIU	PRCG	OSS	
3.139	0.540	0.929	0.841	5.782	3.132	19.159	4.463	3.076	
0.587	1.923	0.828	2.477	5.900	0.508	10.600	1.219	0.489	
0.210	1.702	1.401	0.210	2.717	0.105	5.532	1.674	0.259	
1.749	0.365	5.627	3.255	0.517	1.779	15.316	3.916	1.430	
5.279	0.520	1.100	0.171	2.379	0.743	2.996	1.435	1.323	
2.619	0.341	0.833	0.214	0.381	0.905	13.532	2.302	1.683	
3.802	3.967	0.008	7.446	0.240	1.777	10.934	0.298	0.107	
OYH	2.483	1.337	1.532	2.088	2.559	1.279	11.153	2.187	1.195

YSA modellerinin doğruluğunu ve geğerliliğini göstermek için, Rogers™ RT/duroid 5870 malzemesi kullanarak 2.44 GHz frekansında kendimizin geğerleştirdiği DHKMA verileri de kullanılmıştır. Çizelge 4.14'de YSA modelleri ile elde edilen sonuçlar benzetim ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

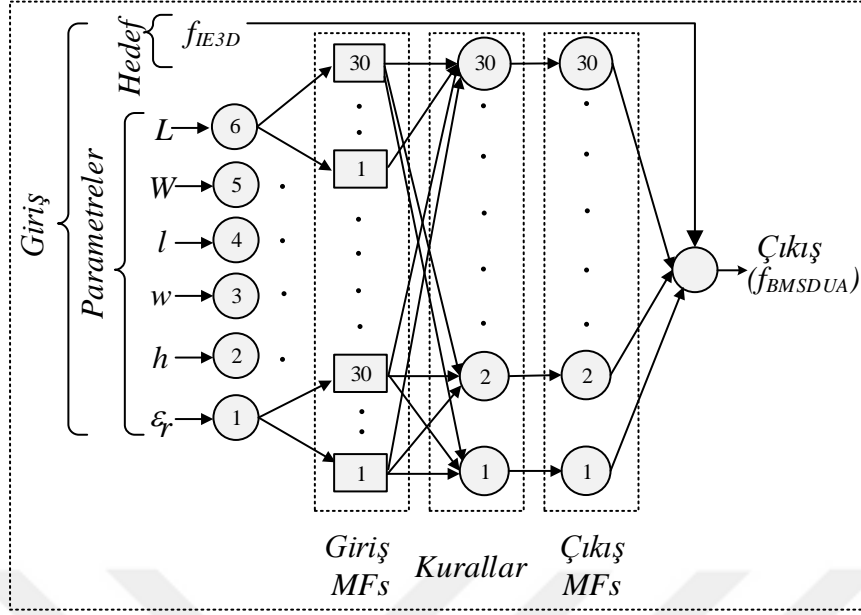
Çizelge 4.14. Gerçeklenen DHKMA için farklı öğrenme algoritmaları ile elde edilen rezonans frekansları

Rezonans frekansları [GHz]									
Benzetim	Ölçüm	f_{YSA}							
		BR	LM	FPCG	SCG	PBCG	COIU	PRCG	OSS
2.437	2.439	2.446	2.465	2.543	2.138	2.171	2.034	2.452	2.411

4.1.5. DHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması

4.1.5.1. DHKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci

DHKMA'nın rezonans frekansı hesabı için sugeno yapılı BMSDUA modeli kullanılmıştır. Anten parametreleri (L, W, l, w, h ve ϵ_r) BMSDUA modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. DHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA modeli Şekil 4.9'da verilmiştir. BMSDUA modelinde benzetimi yapılan 108 DHKMA'nın rezonans frekansı değerlerinin 96'sı BMSDUA modelinin eğitiminde kullanılmıştır. BMSDUA modeli için kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.15'de görölmektedir.

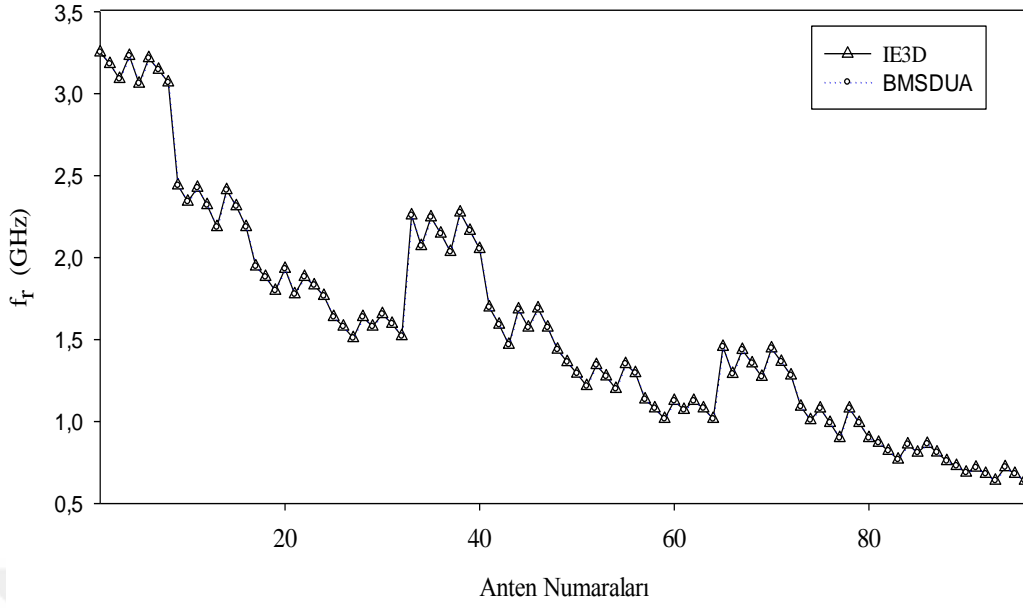


Şekil 4.9. DHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA modeli

Çizelge 4.15. DHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağ parametreleri

Parameters	Set type/value
Giriş üyelik fonksiyon tipi	Gaussian
Çıkış üyelik fonksiyon tipi	Linear
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Bulanık kurallar sayısı	30
Üyelik fonksiyonu sayısı	30
Seed değeri	98137906
Epok sayısı	100
Etki aralığı	0.5
Sıkıştırma faktörü	1.25
Kabul oranı	0.5
Geri çevirme oranı	0.15
Nonlinear parameter sayısı	$6 \times 30 \times 2 = 360$
Lineer parameter sayısı	$7 \times 30 = 210$
Düğüm sayısı	429
Eğitim vary çifti sayısı	96

Şekil 4.10'dan görüldüğü gibi eğitim neticesinde benzetim ile BMSDUA sonuçları oldukça iyi bir uyum içerisindedir. Hesaplanan OYH değeri % 0.014 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.10. DHKMA için eğitim neticesinde benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları

4.1.5.2. DHKMA'lar için BMSDUA test süreci

Benzetimi yapılan 108 DHKMA'nın içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 12 anten eğitilen BMSDUA modelinin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.16'dan görüldüğü gibi test için kullanılan 12 antenin rezonans frekansı değerleri ile BMSDUA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.666 olarak elde edilmiştir.

BMSDUA modelinin geçerliliğini göstermek için literatürde [Deshmukh ve Kumar, 2007] verilen benzetim ve hesaplama sonuçları için de test işlemi uygulanmıştır. Çizelge 4.17'de görüldüğü gibi BMSDUA'nın hesapladığı sonuçlar, literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] hesaplama sonuçlarından daha iyidir. Ayrıca kendi gerçekleştirdiğimiz DHKMA verileri de test işleminde kullanılmış ve Çizelge 4.18'de görüldüğü gibi başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde DHKMA'ların rezonans frekansı hesabında BMSDUA'ların başarılı bir şekilde kullanılabileceği görülmektedir.

Çizelge 4.16. DHKMA'lar için test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama Boyutları (mm)						Rezonans Frekansları (GHz)		Yüzdolik Hata (%)
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	BMSDUA	H _{BMSDUA}
1	30	20	12	8	3.175	2.2	3.153	3.155	0.063
2	40	30	10	16	3.175	2.2	2.207	2.219	0.544
3	50	40	18	14	3.175	2.2	1.861	1.850	0.591
4	60	40	24	18	3.175	2.2	1.506	1.505	0.066
5	30	20	8	8	1.6	4.4	2.170	2.171	0.046
6	40	30	14	16	1.6	4.4	1.450	1.431	1.310
7	50	40	24	18	1.6	4.4	1.199	1.218	1.585
8	60	40	24	18	1.6	4.4	1.007	0.996	1.092
9	30	20	8	8	0.64	10.2	1.373	1.373	0.000
10	40	30	10	16	0.64	10.2	0.910	0.923	1.429
11	50	40	18	18	0.64	10.2	0.750	0.756	0.800
12	60	40	18	18	0.64	10.2	0.641	0.644	0.468
OYH									0.666

Çizelge 4.17. Literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] DHKMA benzetim ve hesaplama sonuçları ile BMSDUA karşılaştırmalı sonuçları

Yama Boyutları (mm)						Rezonans Frekansları GHz)			H _[*]	H _{BMSDUA}
L	W	l	w	h	ϵ_r	Benz. [*]	For. [*]	BMSDUA	(%)	(%)
60	40	5	5	1.59	2.33	1.593	1.643	1.538	3.139	3.471
60	40	10	10	1.59	2.33	1.534	1.525	1.517	0.587	1.121
60	40	15	15	1.59	2.33	1.428	1.425	1.424	0.210	0.308
60	40	20	20	1.59	2.33	1.315	1.338	1.305	1.749	0.798
60	40	40	20	1.59	2.33	1.345	1.274	1.370	5.279	1.874
60	40	45	25	1.59	2.33	1.260	1.293	1.287	2.619	2.175
60	40	50	30	1.59	2.33	1.210	1.164	1.230	3.802	1.620
OYH									2.484	1.624

* [Deshmukh ve Kumar, 2007]

Çizelge 4.18. Gerçekleştirdiğimiz DHKMA'nın verileri ile test edilen BMSDUA sonucunun benzetim ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması

Anten	Yama boyutları mm)						Rezonans frekansı (GHz)		
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benz.	Ölçüm	BMSDUA
DHKMA	35	25	18	10.15	1.575	2.33	2.437	2.439	2.456
DMA	35	25	—	—	1.575	2.33	2.714	—	—

4.1.6. DHKMA'lar için YSA ve BMSDUA Sonuçlarının Karşılaştırılması

DHKMA'ların rezonans frekansı hesabı için benzetimleri yapılan 108 antenden eğitim aşamasında ağı görmeyen 12 DHKMA için YSA ve BMSDUA modelleri test edilmiştir. Modellerde elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.19'da verilmiştir. Modellerden elde edilen sonuçlardan en iyi sonucu veren modelin YSA olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. DHKMA'lar için YSA ve BMSDUA sonuçlarının karşılaştırılması

Anten	Rezonans Frekansları (GHz)			Yüzdeler Hata (%)	
	Benzetim	YSA	BMSDUA	H _{YSA}	H _{BMSDUA}
1	3.153	3.1623	3.155	0.189	0.063
2	2.207	2.199	2.219	0.161	0.544
3	1.861	1.853	1.850	0.090	0.591
4	1.506	1.507	1.505	0.535	0.066
5	2.17	2.158	2.171	0.304	0.046
6	1.45	1.453	1.431	0.006	1.310
7	1.199	1.205	1.218	0.127	1.585
8	1.007	1.014	0.996	0.073	1.092
9	1.373	1.367	1.373	0.473	0.000
10	0.91	0.911	0.923	0.191	1.429
11	0.75	0.765	0.756	1.673	0.800
12	0.641	0.644	0.644	0.626	0.468
				0.513	0.666

DHKMA'ların rezonans frekansı için kullanılan modeller literatürdeki benzetim ve hesaplama sonuçları ile de karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.20'de görüldüğü gibi en iyi sonucu YSA modeli vermektedir. YSA ve BMSDUA modelleri literatürde [Deshmukh ve Kumar, 2007] önerilen formülasyona göre oldukça başarılıdır. Ayrıca kendi gerçekleştirdiğimiz DHKMA verileri ile elde edilen sonuçlara göre de YSA ve BMSDUA karşılaştırılmış ve karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. DHKMA'lar için YSA ve BMSDUA modellerinin literatür [Deshmukh ve Kumar, 2007] ve kendi aralarında karşılaştırılması

Anten	Rezonans Frekansları (GHz)				Yüzelik hata (%)		
	Benz. [*]	For. [*]	YSA	BMSDUA	H [*] (%)	H _{YSA} (%)	H _{BMSDUA} (%)
1	1.593	1.643	1.608	1.538	3.139	0.929	3.471
2	1.534	1.525	1.547	1.517	0.587	0.828	1.121
3	1.428	1.425	1.448	1.424	0.210	1.401	0.308
4	1.315	1.338	1.241	1.305	1.749	5.627	0.798
5	1.345	1.274	1.330	1.370	5.279	1.100	1.874
6	1.260	1.293	1.250	1.287	2.619	0.833	2.175
7	1.210	1.164	1.210	1.230	3.802	0.008	1.620
OYH					2.483	1.532	1.624

* [Deshmukh ve Kumar, 2007]

Çizelge 4.21. DHKMA'lar için kendi gerçekleştirdiğimiz anten verilerine göre alınan sonuçlar ile YSA ve BMSDUA'nın karşılaştırılması

Anten	Rezonans frekansı (GHz)			
	Benzetim	Ölçüm	YSA	BMSDUA
DHKMA	2.437	2.439	2.464	2.456
DMA	2.714	—	—	—

4.2. DAHKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA, BMSDUA ve DVM KULLANILARAK HESAPLANMASI

4.2.1. DAHKMA'ların Benzetim Süreci

Çizelge 4.22'de verilen, boyutları ve dielektrik sabitleri farklı, 0.66–3.71 GHz frekans aralığında çalışan 80 adet DAHKMA'nın benzetimleri IE3D™ paket yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

4.2.2. DAHKMA'nın Gerçeklenmesi

YSA, BMSDUA ve DVM modellerinin doğruluğunu ve geçerliliğini benzetim verilerinin dışında test etmek amacıyla Rogers™ TMM 4 malzemesi kullanarak, Çizelge 4.23'de anten parametreleri verilen DAHKMA 3 GHz frekansta çalışacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.11'de verilen geriye dönme kaybı eğrisi,

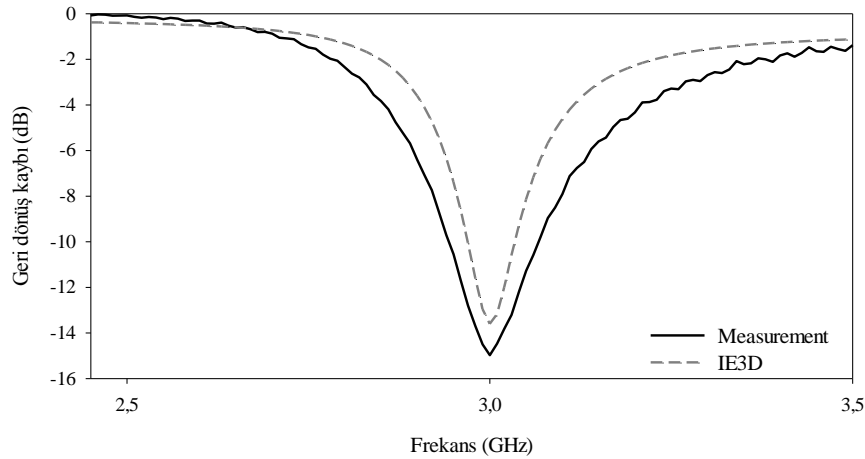
Agilent E5071B ENA Series RF network analizör ile ölçülerek antenin rezonans frekansı belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Benzetimi yapılan DAHKMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri

Benzetim sayısı	Anten boyutları (mm)			ϵ_r
	a_o	a_i	h	
4 x 20	15	2, 4, 6, 8, 10	0.640	4.50
	20	3, 6, 9, 12, 15	0.640	4.50
	25	4, 8, 12, 16, 20	0.640	4.50
	30	5, 10, 15, 20, 25	0.640	4.50
	15	2, 4, 6, 8, 10	1.570	2.33
	20	3, 6, 9, 12, 15	1.570	2.33
	25	4, 8, 12, 16, 20	1.570	2.33
	30	5, 10, 15, 20, 25	1.570	2.33
	15	2, 4, 6, 8, 10	2.500	9.80
	20	3, 6, 9, 12, 15	2.500	9.80
	25	4, 8, 12, 16, 20	2.500	9.80
	30	5, 10, 15, 20, 25	2.500	9.80
15	2, 4, 6, 8, 10	3.175	2.20	
20	3, 6, 9, 12, 15	3.175	2.20	
25	4, 8, 12, 16, 20	3.175	2.20	
30	5, 10, 15, 20, 25	3.175	2.20	

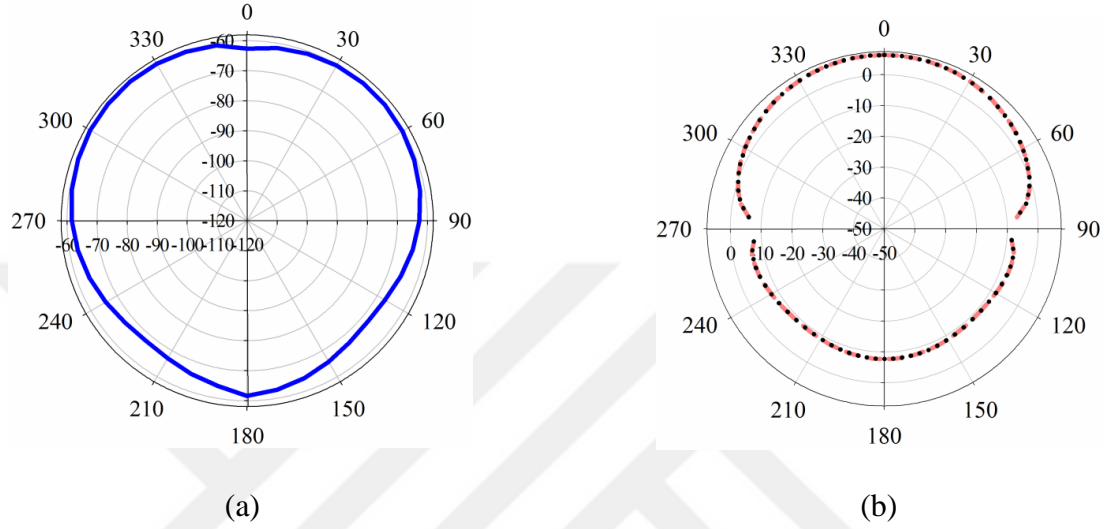
Çizelge 4.23. Gerçeklenen DAHKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları

Anten	Yama boyutları (mm)			ϵ_r	Rezonans frekansı (GHz)	
	a_o	a_i	h		Benzetim	Ölçüm
DAHKMA	13	2	2.54	4.5	3.030	3.000



Şekil 4.11. Gerçeklenen DAHKMA'nın geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği

3 GHz’de çalışacak şekilde gerçekleştirilen DAHKMA’nın 2 boyutlu (2D) E_ϕ ve E_θ alanlarının ışın diyagramları Şekil 4.12’de verilmiştir. Işın diyagramları çok yönlü ışın karakteristiğine yaklaştığı ve iyi performansa sahip olduğu Şekil 4.12’de görülmektedir. Gerçeklenen antenin kazancı $\phi=90^\circ$ ’de 6.545 dBi ve yarım güç hüzmeye genişliği 110.5° olarak belirlenmiştir.

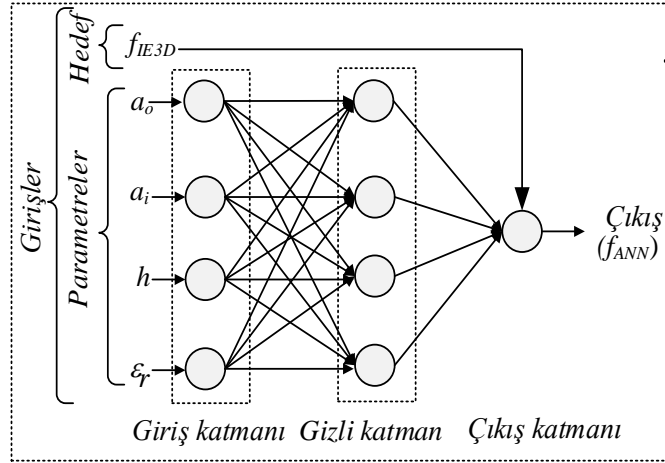


Şekil 4.12. Gerçekleştirilen DAHKMA’nın benzetim sonucu elde edilen ışın diyagramı a) E_ϕ for $\theta = 90^\circ$ (x-y düzlemi), b) E_θ $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve $\phi = 90^\circ$ (y-z düzlemi)

4.2.3. DAHKMA’ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA’nın Kullanılması

4.2.3.1. DAHKMA’lar için YSA eğitim süreci

80 DAHKMA 'dan 70'inin anten parametreleri (a_o , a_i , h ve ϵ_r) YSA modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. DAHKMA’nın rezonans frekansı hesabı için ÇKA'ya dayanan YSA modeli kullanılmıştır. Şekil 4.13’de görüldüğü gibi YSA modeli 4 nöronlu 1 gizli katmandan oluşmaktadır. YSA modelinde kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.24’de verilmiştir. Ayrıca giriş katmanı ve gizli katman için tanjant sigmoid, çıkış katmanı için purelin fonksiyonu kullanılmıştır.

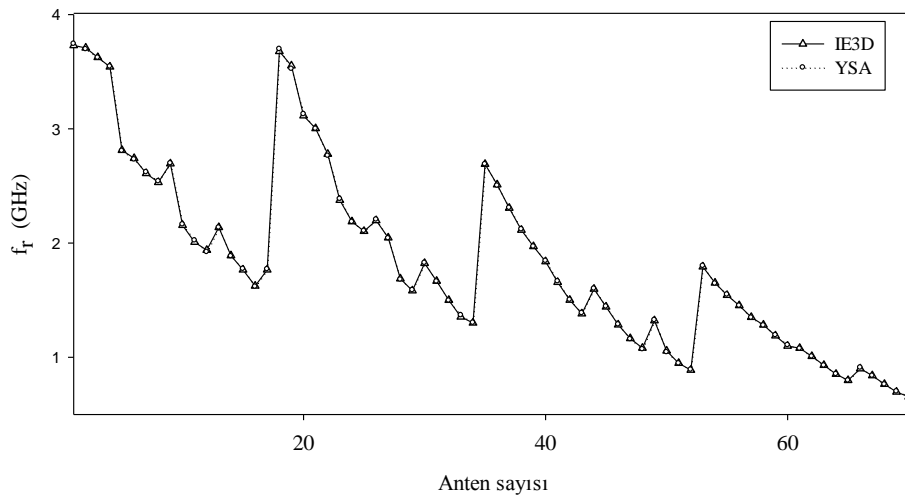


Şekil 4.13. DHKMA için kullanılan YSA modeli

Şekil 4.14'de görüldüğü gibi IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir OYH değeri % 0.479 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.24. DHKMA için YSA modelinde kullanılan ağ parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	4
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	500
Seed değeri	132880157
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.01
Maksimum μ değeri	10^{10}



Şekil 4.14. DAHKMA için benzetim ve YSA karşılaştırmalı sonuçları

4.2.3.2. DAHKMA'lar için YSA test süreci

Benzetimleri yapılan 80 DAHKMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 10 anten, eğitilen YSA'nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.25'de görüldüğü gibi test için kullanılan 10 antenin rezonans frekansı değerleri ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 1.061 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.25. DAHKMA için test sonucunda YSA ile belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)				Rezonans frekansı (GHz)		Yüzdellik hata (%)
	a_o	a_i	h	ϵ_r	Benzetim	YSA	Hata _{YSA}
1	15	10	3.175	2.2	3.563	3.640	2.175
2	30	20	3.175	2.2	1.547	1.581	2.232
3	20	6	1.57	2.33	2.594	2.609	0.588
4	25	12	1.57	2.33	1.833	1.805	1.529
5	20	3	0.64	4.5	2.006	2.026	0.992
6	30	10	0.64	4.5	1.189	1.214	2.086
7	15	4	2.5	9.8	1.734	1.729	0.325
8	20	15	2.5	9.8	1.033	1.032	0.127
9	15	6	1.57	2.33	3.323	3.341	0.556
10	25	4	3.175	2.2	2.258	2.258	0.000
OYH							1.061

YSA modelinin testi için kullanılan 10 adet benzetim verisinde rezonans frekansını hesaplamak için literatürde önerilen yöntemler [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubkarya, 2011] kullanıldığında elde edilen sonuçlar ve yüzdellik hata değerleri Çizelgeler 4.26 ve 4.27'de görülmektedir. Bu sonuçlardan görüldüğü üzere YSA modeli daha iyi sonuçlar vermektedir.

Çizelge 4.26. 10 adet benzetim verisi için YSA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)				Rezonans frekansı (GHz)					
	a_o	a_i	h	ϵ_r	Benz.	YSA	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
1	15	10	3.175	2.2	3.563	3.64	2.843	2.917	2.396	2.844
2	30	20	3.175	2.2	1.547	1.581	1.395	1.420	1.175	1.395
3	20	6	1.57	2.33	2.594	2.609	2.534	2.576	3.700	2.535
4	25	12	1.57	2.33	1.833	1.805	1.785	1.832	1.854	1.785
5	20	3	0.64	4.5	2.006	2.026	2.025	1.995	5.234	2.025
6	30	10	0.64	4.5	1.189	1.214	1.16	1.193	1.564	1.159
7	15	4	2.5	9.8	1.734	1.729	1.814	1.735	2.888	1.813
8	20	15	2.5	9.8	1.033	1.032	1.027	1.041	0.804	1.026
9	15	6	1.57	2.33	3.323	3.341	3.181	3.265	3.749	3.181
10	25	4	3.175	2.2	2.258	2.258	2.354	2.135	5.748	2.355

Çizelge 4.27. 10 adet benzetim verisi için YSA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar için yüzdelik hatalar

Anten sayısı	Yüzdelik hata (%)				
	H_{YSA}	$H_{[Wu]}$	$H_{[Pintsoz]}$	$H_{[Bahl]}$	Hata $_{[Kumar]}$
1	2.175	20.196	18.119	32.744	20.168
2	2.232	9.818	8.202	24.041	9.818
3	0.588	2.304	0.684	42.651	2.265
4	1.529	2.636	0.073	1.127	2.636
5	0.992	0.947	0.548	160.917	0.947
6	2.086	2.455	0.320	31.518	2.539
7	0.325	4.600	0.044	66.529	4.542
8	0.127	0.582	0.773	22.169	0.679
9	0.556	4.271	1.743	12.822	4.271
10	0.000	4.260	5.439	154.583	4.305
OYH	1.061	5.207	3.595	54.910	5.217

YSA modelinin geçerliliğini ve doğruluğunu göstermek için, Çizelge 4.28'de verilen literatürde yayınlanmış ölçüm sonuçları [Bahl vd., 1980; Dahele ve Lee, 1982; Lee vd., 1983; Dahele vd., 1987; Fan ve Lee, 1991; Liu ve Hu, 1996; Row, 2004; Shinde vd., 2010; Kumar ve Dhubkarya, 2011] için DAHKMA'ların rezonans frekansının hesaplanmasında literatürde önerilen [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubkarya, 2011] yöntemler ile de karşılaştırılmıştır. DAHKMA'ların analizinde yaygın olarak cavity model, transmission line model, fourier veya Hankel dönüşüm domenleri için Galerkin

metodu ve Green fonksiyonları kullanılmıştır [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubkarya, 2011]. Bu yaklaşık modeller büyük varsayımlar kullanır ve antenlerin ışıma mekanizmalarını hesaba katmaz. Ayrıca bu yaklaşımlar, DAHKMA'ların rezonans frekansının hesaplanmasında karmaşık formüller kullanır, basit ve etkin yaklaşımlar değildir.

Literatürde ki [Bahl vd., 1980; Dahele ve Lee, 1982; Lee vd., 1983; Dahele vd., 1987; Fan ve Lee, 1991; Liu ve Hu, 1996; Row, 2004; Shinde vd., 2010; Kumar ve Dhubkarya, 2011] ölçüm sonuçları için hesaplanan frekans değerleri ve ortalama yüzde hata değerleri Çizelgeler 4.29 ve 4.30'da görülmektedir. Aynı zamanda Çizelgeler 4.29 ve 4.30'da bu çalışma için gerçekleştirilen anten ölçümüne ait karşılaştırmalı sonuçlar da verilmektedir. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi YSA ile elde edilen sonuçların literatürde verilen yöntemlerden daha iyi, etkili ve basit olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.28. Literatürde ölçümü yapılan ve kendi gerçekleştirdiğimiz DAHKMA'ların parametreleri

Antenler	Anten parametreleri				Rezonans frekansı [GHz]
	Boyutlar (mm)			ϵ_r	
	a_o	a_i	h		Ölçüm
[Bahl, 1992]	20	10	3.18	2.32	2.450
[Dahele, 1982]	70	35	1.59	2.32	0.625
[Lee, 1983]	70	35	1.59	2.3	0.626
[Dahele, 1987]	50	25	1.59	2.32	0.878
[Fan, 1991]	50	25	1.59	2.32	0.891
[Liu, 1996]	14.2	7.1	0.355	2.65	2.880
[Row, 2004]	30	10	0.8	4.4	1.243
[Shinde, 2010]	35	17.5	1.53	4.3	0.940
[Shinde, 2010]	17.5	8.75	1.53	4.3	1.960
[Kumar, 2011]	17.2	8.6	1.6	4.2	1.989
Gerçeklenen	13	2	2.54	4.5	3.000

Çizelge 4.29. DAHKMA için ölçüm ve YSA sonuçlarının karşılaştırılması

Antenler	Rezonans frekansları (GHz)					
	Ölçüm	Hesaplanan				
		YSA	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
[Bahl, 1992]	2.450	2.500	2.273	2.337	2.297	2.273
[Dahele, 1982]	0.625	0.624	0.614	0.627	0.622	0.614
[Lee, 1983]	0.626	0.626	0.617	0.629	0.625	0.617
[Dahele, 1987]	0.878	0.882	0.867	0.886	0.877	0.867
[Fan, 1991]	0.891	0.882	0.867	0.886	0.877	0.867
[Liu, 1996]	2.880	2.871	2.849	2.907	2.882	2.849
[Row, 2004]	1.243	1.240	1.180	1.213	1.590	1.180
[Shinde, 2010]	0.940	0.942	0.933	0.954	0.941	0.933
[Shinde, 2010]	1.960	1.971	1.927	1.972	1.936	1.921
[Kumar, 2011]	1.989	2.040	1.947	2.035	1.997	1.981
Gerçeklenen	3.000	3.069	3.330	2.800	8.392	3.330

Çizelge 4.30. DAHKMA ölçüm sonuçları için yüzdellik hatalar

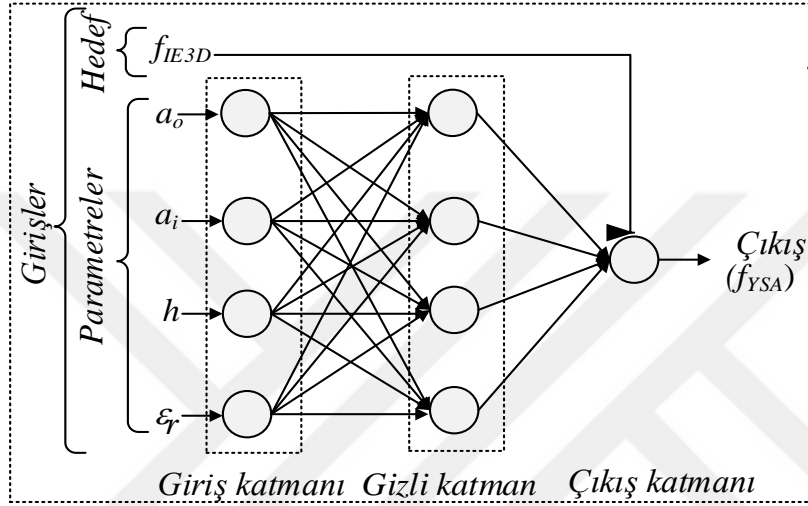
Antenler	Yüzdellik hata (%)				
	YSA	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
[Bahl, 1992]	2.045	7.224	4.612	6.245	7.224
[Dahele, 1982]	0.224	1.760	0.320	0.480	1.760
[Lee, 1983]	0.032	1.438	0.479	0.160	1.438
[Dahele, 1987]	0.399	1.253	0.911	0.114	1.253
[Fan, 1991]	1.066	2.694	0.561	1.571	2.694
[Liu, 1996]	0.319	1.076	0.938	0.069	1.076
[Row, 2004]	0.241	5.068	2.414	27.916	5.068
[Shinde, 2010]	0.170	0.745	1.489	0.106	0.745
[Shinde, 2010]	0.546	1.684	0.612	1.224	1.990
[Kumar, 2011]	2.574	2.112	2.313	0.402	0.402
Gerçeklenen	2.297	11.000	6.667	179.733	11.000
OYH	0.901	3.280	1.938	19.820	3.150

4.2.4. DAHKMA'ların Rezonans Frekansı Hesabı için YSA'da Farklı Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması

DAHKMA'nın rezonans frekansı hesabı için YSA'nın eğitiminde, LM algoritmasına ilaveten 7 farklı öğrenme algoritması da kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. LM dışında kullanılan bu öğrenme algoritmaları; BR, COIU, PBCG, FPCG, PRCG, OSS ve SCG'dır.

4.2.4.1. DAHKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA eğitim süreci

80 DAHKMA'dan 70'inin anten parametreleri (a_o , a_i , h ve ϵ_r) YSA modellerine giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. Şekil 4.15'de görüldüğü gibi YSA modeli 4 nöronlu 1 gizli katmandan oluşmaktadır. YSA modellerinde bütün öğrenme algoritmaları için seed değeri hariç Çizelge 4.31'deki ağ parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 4.15. DAHKMA'nın rezonans frekansı için kullanılan YSA modeli

Çizelge 4.31. YSA modellerinde kullanılan ağ parametreleri

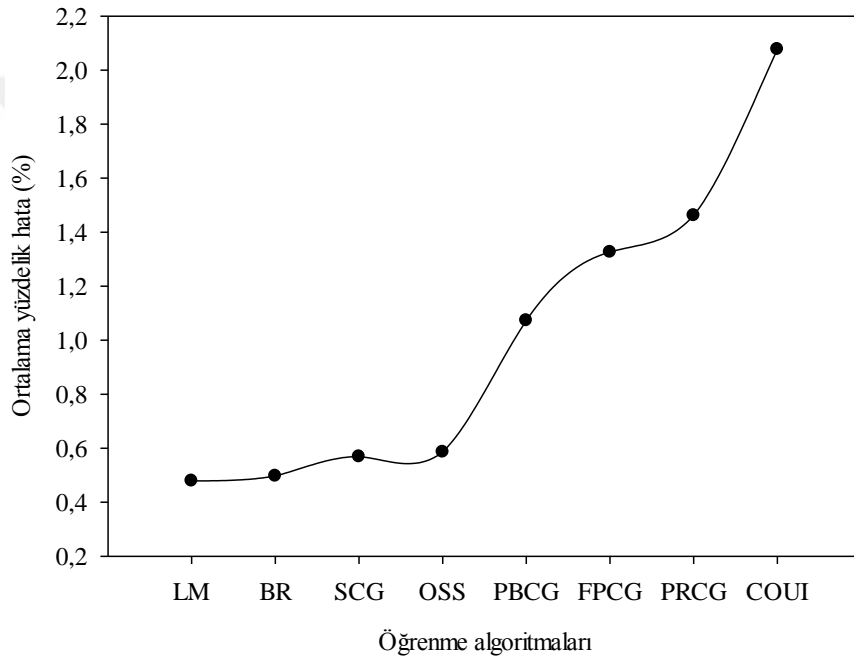
Parametreler	Değer
Giriş sayısı	4
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	500
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.01
Maksimum μ değeri	10^{10}

LM, BR, COIU, PBCG, FPCG, PRCG, OSS ve SCG öğrenme algoritmaları için kullanılan seed değerleri sırasıyla 132880157, 662862703, 2062542287, 1552733748, 244578127, 415791274, 1639835730 ve 2079586516'dır. Ayrıca giriş katmanı ve gizli katman için tanjant sigmoid, çıkış katmanı için purelin fonksiyonu kullanılmıştır. IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile YSA

modellerinin hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir *OYH* değerleri Çizelge 4.32 ve Şekil 4.16'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.32. DAHKMA için YSA'da farklı algoritmalar ile eğitim neticesinde hesaplanan *OYH* değerleri

Öğrenme Algoritması	LM	BR	SCG	OSS	PBCG	FPCG	PRCG	COUI
Eğitim <i>OYH</i> [%]	0.479	0.497	0.569	0.586	1.073	1.326	1.462	2.077



Şekil 4.16. DAHKMA için eğitim neticesinde, kullanılan öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması

4.2.4.2. DAHKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA test süreci

Benzetimi yapılan 80 DAHKMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 10 anten, eğitilen YSA'nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.33'de hesaplanan rezonans frekansları ve *OYH*'lar görülmektedir.

Çizelge 4.33. DAHKMA için farklı algoritmalar ile YSA test sonucunda elde edilen rezonans frekans değerleri

Anten sayısı	f_{IE3D}	Rezonans frekansları [GHz]							
		f_{YSA}							
		LM	BR	PRCG	FPCG	SCG	OSS	PBCG	COIU
1	1.734	1.729	1.744	1.711	1.710	1.717	1.693	1.730	1.736
2	3.323	3.341	3.329	3.268	3.332	3.331	3.305	3.340	3.267
3	3.563	3.640	3.498	3.640	3.659	3.545	3.566	3.676	3.544
4	2.006	2.026	1.965	2.001	1.975	2.102	2.021	1.970	2.011
5	2.594	2.609	2.600	2.571	2.586	2.607	2.584	2.570	2.561
6	1.033	1.032	1.035	1.008	1.015	1.020	1.013	1.018	1.006
7	2.258	2.258	2.300	2.265	2.280	2.313	2.218	2.325	2.093
8	1.833	1.805	1.819	1.841	1.848	1.907	1.877	1.848	1.767
9	1.189	1.214	1.190	1.181	1.188	1.180	1.192	1.173	1.186
10	1.547	1.581	1.601	1.573	1.588	1.576	1.669	1.628	1.807
OYH		1.061	1.118	1.174	1.259	1.739	1.833	1.852	3.448

YSA modellerinin geçerliliğini ve doğruluğunu göstermek için kendimizin gerçekleştirdiği ve literatürde [Bahl vd., 1980; Dahele ve Lee, 1982; Lee vd., 1983; Dahele vd., 1987; Fan ve Lee, 1991; Liu ve Hu, 1996; Row, 2004; Shinde vd., 2010; Kumar ve Dhukarya, 2011] gerçekleştirilmiş anten parametreleri ve sonuçları için de test işlemi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.34'de bu test neticesinde elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

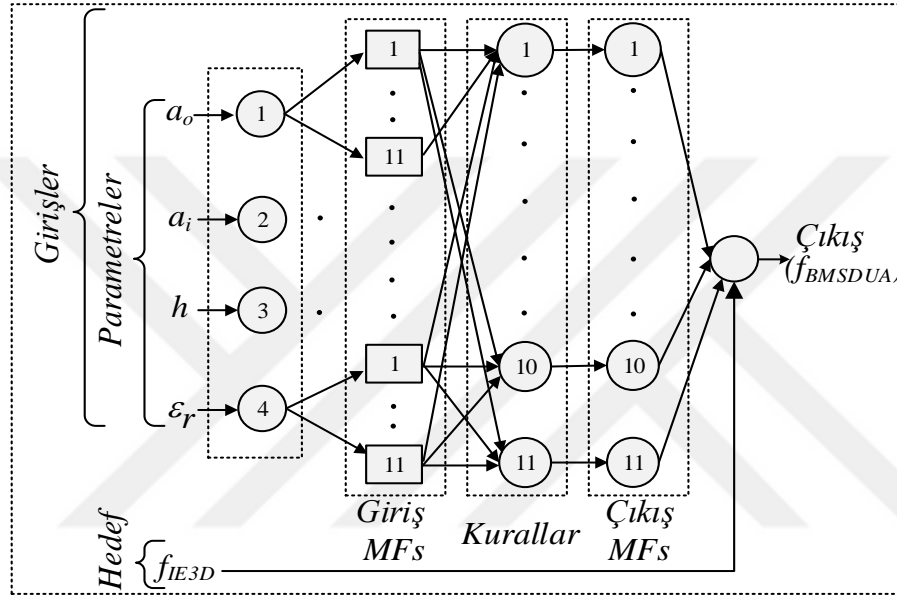
Çizelge 4.34. DAHKMA için ölçülen ve YSA'da farklı öğrenme algoritmaları için hesaplanan rezonans frekansları ve OYH'lar

Anten	Ölçüm	Rezonans frekansları [GHz]							
		f_{YSA}							
		LM	BR	PRCG	FPCG	SCG	OSS	PBCG	COIU
[Bahl, 1992]	2.450	2.500	2.524	2.548	2.502	2.541	2.530	2.548	2.539
[Dahele, 1982]	0.625	0.624	0.624	0.649	0.631	0.621	0.627	0.631	0.653
[Lee, 1983]	0.626	0.626	0.625	0.649	0.634	0.624	0.627	0.631	0.653
[Dahele, 1987]	0.878	0.882	0.873	0.857	0.876	0.881	0.859	0.870	0.856
[Fan, 1991]	0.891	0.882	0.873	0.857	0.876	0.881	0.859	0.870	0.856
[Liu, 1996]	2.880	2.871	2.880	2.976	2.873	2.882	2.869	2.885	2.838
[Row, 2004]	1.243	1.240	1.211	1.204	1.214	1.195	1.197	1.224	1.201
[Shinde, 2010]	0.940	0.942	0.949	0.954	0.974	0.954	0.926	0.940	0.935
[Shinde, 2010]	1.960	1.971	1.975	1.952	1.982	1.956	1.909	1.958	1.925
[Kumar, 2011]	1.989	2.040	2.048	2.024	2.073	2.047	1.980	2.036	2.008
Gerçeklenen	3.000	3.069	3.076	3.130	3.103	3.109	3.132	3.112	3.078
OYH		0.901	1.437	2.916	1.933	1.666	2.048	1.548	2.696

4.2.5. DAHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması

4.2.5.1. DAHKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci

DAHKMA'nın rezonans frekansı hesabı için Şekil 4.17'de verilen sugeno yapılı BMSDUA modeli kullanılmıştır. Anten parametreleri (a_o , a_i , h ve ϵ_r) BMSDUA modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı değerleri ise hedef olarak sunulmuştur.



Şekil 4.17. DAHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA modeli

BMSDUA modelinde benzetimleri yapılan 80 DAHKMA'nın rezonans frekansı değerlerinin 70'i BMSDUA modelinin eğitiminde kullanılmıştır. BMSDUA modelinde kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.35'de verilmiştir. 70 DAHKMA'nın eğitim sonuçları Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Şekil 4.18'den görüldüğü gibi benzetim ile BMSDUA sonuçları oldukça iyi bir uyum içerisindedir. Hesaplanan OYH değeri % 0.586 olarak elde edilmiştir.

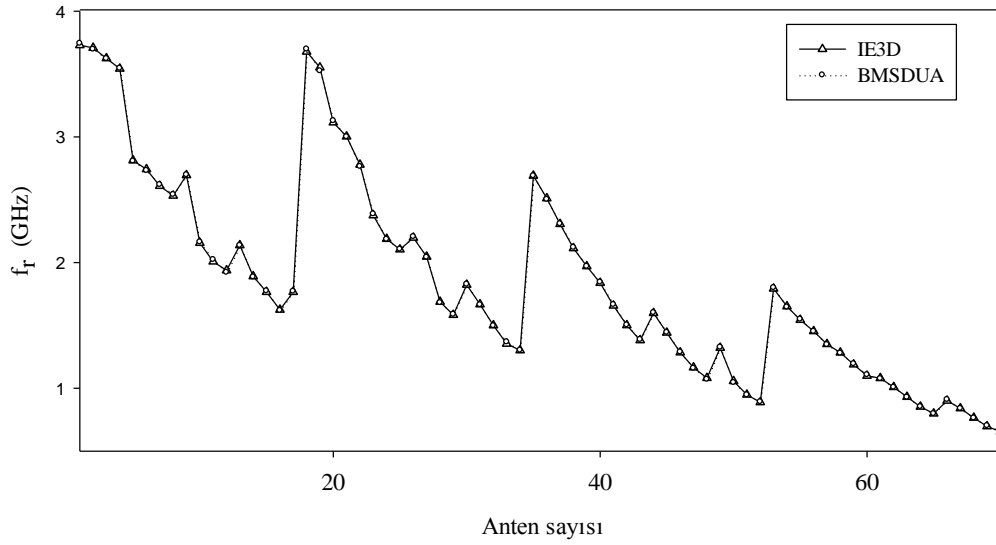
4.2.5.2. DAHKMA'lar için BMSDUA test süreci

Benzetimi yapılan 80 DAHKMA'nın içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 10 anten eğitilen BMSDUA modelinin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.36'dan görüldüğü gibi test için kullanılan 10 antenin rezonans

frekansı değerleri ile BMSDUA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.656 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.35. DAHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağ parametreleri

Parameters	Set type/value
Giriş üyelik fonksiyon tipi	Gaussian
Çıkış üyelik fonksiyon tipi	Linear
Giriş sayısı	4
Çıkış sayısı	1
Bulanık kurallar sayısı	11
Üyelik fonksiyonu sayısı	11
Seed değeri	1734472294
Epok sayısı	50
Etki aralığı	0.5
Sıkışma faktörü	1.25
Kabul oranı	0.5
Geri çevirme oranı	0.15
Nonlinear parameter sayısı	70
Linear parameter sayısı	55
Düğüm sayısı	117
Eğitim very çifti sayısı	82



Şekil 4.18. Benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları

Çizelge 4.36. DAHKMA için test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekans değerleri

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)				Rezonans frekansı (GHz)		Yüzdellik hata (%)
	a_o	a_i	h	ϵ_r	Benzetim	BMSDUA	H_{BMSDUA}
1	15	10	3.175	2.2	3.563	3.542	0.567
2	30	20	3.175	2.2	1.547	1.575	1.805
3	20	6	1.57	2.33	2.594	2.589	0.187
4	25	12	1.57	2.33	1.833	1.843	0.517
5	20	3	0.64	4.5	2.006	2.001	0.239
6	30	10	0.64	4.5	1.189	1.214	2.053
7	15	4	2.5	9.8	1.734	1.731	0.186
8	20	15	2.5	9.8	1.033	1.043	0.986
9	15	6	1.57	2.33	3.323	3.324	0.017
10	25	4	3.175	2.2	2.258	2.258	0.000
OYH							0.656

10 adet benzetim verisi için BMSDUA modeli ve literatürdeki yöntemler [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubbkarya, 2011] ile elde edilen rezonans frekansları ve yüzdellik hatalar Çizelgeler 4.37 ve 4.38'de görülmektedir. Bu sonuçlardan BMSDUA ile elde edilen sonuçların daha iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.37. 10 adet benzetim verisi için BMSDUA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)				Rezonans frekansı (GHz)					
	a_o	a_i	h	ϵ_r	Benz.	BMSDUA	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
1	15	10	3.175	2.2	3.563	3.542	2.843	2.917	2.396	2.844
2	30	20	3.175	2.2	1.547	1.575	1.395	1.42	1.175	1.395
3	20	6	1.57	2.33	2.594	2.589	2.534	2.576	3.700	2.535
4	25	12	1.57	2.33	1.833	1.843	1.785	1.832	1.854	1.785
5	20	3	0.64	4.5	2.006	2.001	2.025	1.995	5.234	2.025
6	30	10	0.64	4.5	1.189	1.214	1.160	1.193	1.564	1.159
7	15	4	2.5	9.8	1.734	1.731	1.814	1.735	2.888	1.813
8	20	15	2.5	9.8	1.033	1.043	1.027	1.041	0.804	1.026
9	15	6	1.57	2.33	3.323	3.324	3.181	3.265	3.749	3.181
10	25	4	3.175	2.2	2.258	2.258	2.354	2.135	5.748	2.355

Çizelge 4.38. 10 adet benzetim verisi için BMSDUA ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar için yüzdellik hatalar

Anten sayısı	Yüzdellik hata (%)				
	H_{BMSDUA}	$H_{[Wu]}$	$H_{[Pintsoz]}$	$H_{[Bahl]}$	Hata $_{[Kumar]}$
1	0.567	20.196	18.119	32.744	20.168
2	1.805	9.818	8.202	24.041	9.818
3	0.187	2.304	0.684	42.651	2.265
4	0.517	2.636	0.073	1.127	2.636
5	0.239	0.947	0.548	160.917	0.947
6	2.053	2.455	0.320	31.518	2.539
7	0.186	4.600	0.044	66.529	4.542
8	0.986	0.582	0.773	22.169	0.679
9	0.017	4.271	1.743	12.822	4.271
10	0.000	4.26	5.439	154.583	4.305
OYH	0.656	5.207	3.595	54.91	5.217

BMSDUA modelinin geçerliliğini göstermek için literatürde [Bahl vd., 1980; Dahele ve Lee, 1982; Lee vd., 1983; Dahele vd., 1987; Fan ve Lee, 1991; Liu ve Hu, 1996; Row, 2004; Shinde vd., 2010; Kumar ve Dhubkarya, 2011] verilen ölçüm sonuçları, için de test işlemi uygulanmıştır. Çizelgeler 4.39 ve 4.40'da BMSDUA'nın hesapladığı sonuçlar ile literatürde [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubkarya, 2011] verilen yöntemler ile hesaplanan sonuçların karşılaştırılması görölmektedir.

Çizelge 4.39. Ölçüm ve BMSDUA sonuçlarının karşılaştırılması

Antenler	Ölçüm	Rezonans frekansları (GHz)				
		Hesaplanan				
		BMSDUA	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
[Bahl, 1992]	2.450	2.5259	2.273	2.337	2.297	2.273
[Dahele, 1982]	0.625	0.6258	0.614	0.627	0.622	0.614
[Lee, 1983]	0.626	0.6284	0.617	0.629	0.625	0.617
[Dahele, 1987]	0.878	0.8751	0.867	0.886	0.877	0.867
[Fan, 1991]	0.891	0.8751	0.867	0.886	0.877	0.867
[Liu, 1996]	2.880	2.8773	2.849	2.907	2.882	2.849
[Row, 2004]	1.243	1.2398	1.180	1.213	1.590	1.180
[Shinde, 2010]	0.940	0.9358	0.933	0.954	0.941	0.933
[Shinde, 2010]	1.960	1.9569	1.927	1.972	1.936	1.921
[Kumar, 2011]	1.989	2.0333	1.947	2.035	1.997	1.981
Gerçeklenen	3.000	3.0143	3.330	2.800	8.392	3.330

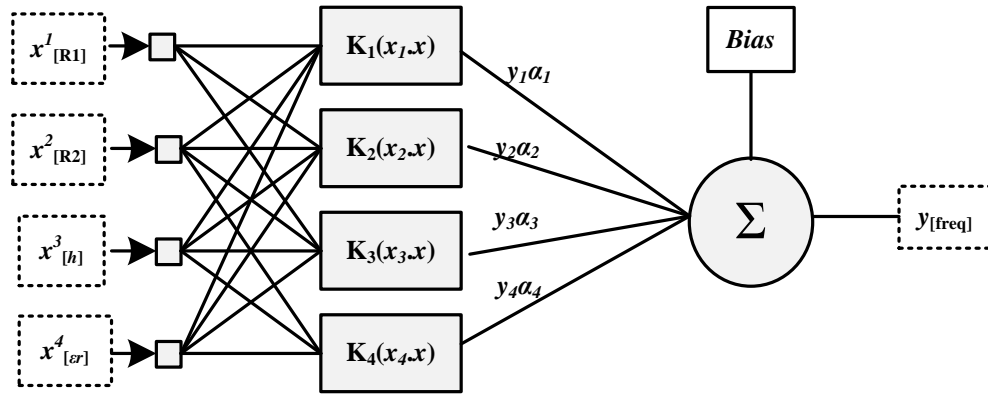
Çizelge 4.40. Ölçüm sonuçları için yüzdelik hatalar

Antenler	Yüzdelik hata (%)				
	BMSDUA	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
[Bahl, 1992]	3.098	7.224	4.612	6.245	7.224
[Dahele, 1982]	0.128	1.760	0.320	0.480	1.760
[Lee, 1983]	0.383	1.438	0.479	0.160	1.438
[Dahele, 1987]	0.33	1.253	0.911	0.114	1.253
[Fan, 1991]	1.785	2.694	0.561	1.571	2.694
[Liu, 1996]	0.094	1.076	0.938	0.069	1.076
[Row, 2004]	0.257	5.068	2.414	27.916	5.068
[Shinde, 2010]	0.447	0.745	1.489	0.106	0.745
[Shinde, 2010]	0.158	1.684	0.612	1.224	1.990
[Kumar, 2011]	2.227	2.112	2.313	0.402	0.402
Gerçeklenen	0.477	11.000	6.667	179.733	11.000
OYH	0.853	3.280	1.938	19.820	3.150

4.2.6. DAHKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için DVM'nin Kullanılması

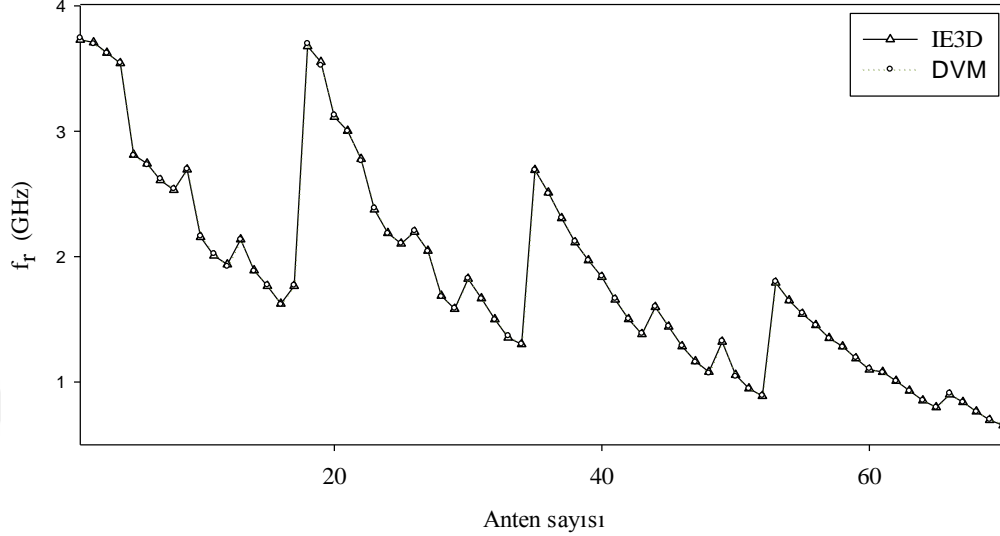
4.2.6.1. DAHKMA'lar için DVM eğitim süreci

80 DAHKMA'dan 70'inin anten parametreleri (a_o , a_i , h ve \mathcal{E}_r) DVM modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. Şekil 4.19'da DAHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan DVM modeli görülmektedir. DVM modelinde, ceza parametresi (C), azalma faktörü (lamda- λ), etkilenmeyen kayıp faktörü (epsilon- ξ), kernel opsiyonu sırasıyla 100000, 0^{-7} , 0.0001 ve 0.1 olarak alınmıştır. DVM'de çekirdek fonksiyonu olarak, gamma gaussian çekirdek fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 4.19. DAHKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan DVM Modeli

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile DVM'nin hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir OYH değeri % 0.569 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.20. DAHKMA için eğitim neticesinde benzetim ve DVM karşılaştırmalı sonuçları

4.2.6.2. DAHKMA’lar için DVM test süreci

Benzetimleri yapılan 80 dairesel halka şekilli KMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 10 anten, eğitilen DVM'nin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.41’de görüldüğü gibi test için kullanılan 10 antenin rezonans frekansı değerleri ile DVM'nin hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.996 olarak elde edilmiştir. 10 adet benzetim verisi için DVM modeli ve literatürdeki yöntemler [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubkarya, 2011] ile elde edilen rezonans frekansları ve yüzdellik hatalar Çizelgeler 4.42 ve 4.43’de görülmektedir. Bu sonuçlardan DVM ile elde edilen sonuçların daha iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.41. DAHKMA için test sonucunda DVM ile belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)				Rezonans frekansı (GHz)		Yüzdellik hata (%)
	a_o	a_i	h	ϵ_r	Benzetim	DVM	Hata _{DVM}
1	15	10	3.175	2.2	3.563	3.530	0.921
2	30	20	3.175	2.2	1.547	1.603	3.654
3	20	6	1.57	2.33	2.594	2.597	0.118
4	25	12	1.57	2.33	1.833	1.826	0.378
5	20	3	0.64	4.5	2.006	2.012	0.279
6	30	10	0.64	4.5	1.189	1.192	0.228
7	15	4	2.5	9.8	1.734	1.741	0.408
8	20	15	2.5	9.8	1.033	1.068	3.378
9	15	6	1.57	2.33	3.323	3.321	0.049
10	25	4	3.175	2.2	2.258	2.245	0.550
OYH							0.996

Çizelge 4.42. 10 adet benzetim verisi için DVM ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)				Rezonans frekansı (GHz)					
	a_o	a_i	h	ϵ_r	Benz.	DVM	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
1	15	10	3.175	2.2	3.563	3.530	2.843	2.917	2.396	2.844
2	30	20	3.175	2.2	1.547	1.603	1.395	1.42	1.175	1.395
3	20	6	1.57	2.33	2.594	2.597	2.534	2.576	3.700	2.535
4	25	12	1.57	2.33	1.833	1.826	1.785	1.832	1.854	1.785
5	20	3	0.64	4.5	2.006	2.012	2.025	1.995	5.234	2.025
6	30	10	0.64	4.5	1.189	1.192	1.160	1.193	1.564	1.159
7	15	4	2.5	9.8	1.734	1.741	1.814	1.735	2.888	1.813
8	20	15	2.5	9.8	1.033	1.068	1.027	1.041	0.804	1.026
9	15	6	1.57	2.33	3.323	3.321	3.181	3.265	3.749	3.181
10	25	4	3.175	2.2	2.258	2.245	2.354	2.135	5.748	2.355

Çizelge 4.43. 10 adet benzetim verisi için DVM ve literatürdeki yöntemlerin hesapladığı sonuçlar için yüzdellik hatalar

Anten sayısı	Yüzdellik hata (%)				
	Hata _{DVM}	H _[Wu]	H _[Pintsoz]	H _[Bahl]	Hata _[Kumar]
1	0.921	20.196	18.119	32.744	20.168
2	3.654	9.818	8.202	24.041	9.818
3	0.118	2.304	0.684	42.651	2.265
4	0.378	2.636	0.073	1.127	2.636
5	0.279	0.947	0.548	160.917	0.947
6	0.228	2.455	0.320	31.518	2.539
7	0.408	4.600	0.044	66.529	4.542
8	3.378	0.582	0.773	22.169	0.679
9	0.049	4.271	1.743	12.822	4.271
10	0.550	4.26	5.439	154.583	4.305
OYH	0.996	5.207	3.595	54.91	5.217

DVM modelinin geçerliliğini ve doğruluğunu göstermek için, literatürde yayınlanan ölçüm sonuçları [Bahl vd., 1980; Dahele ve Lee, 1982; Lee vd., 1983; Dahele vd., 1987; Fan ve Lee, 1991; Liu ve Hu, 1996; Row, 2004; Shinde vd., 2010; Kumar ve Dhubkarya, 2011] DAHKMA'ların rezonans frekansının hesaplanması için literatürde önerilen [Wu ve Rosenbaum, 1973; Pintzos ve Pregla, 1978; Bahl ve Stuchly, 1992; Kumar ve Dhubkarya, 2011] yöntemler ile de karşılaştırılmıştır.

Ölçüm sonuçları için hesaplanan frekans değerleri ve ortalama yüzde hata değerleri Çizelgeler 4.44 ve 4.45'de görölmektedir. Aynı zamanda Çizelgeler 4.44 ve 4.45'de bu çalışma için gerçekteştirilen anten ölçümüne ait karşılaştırmalı sonuçlar da verilmektedir. Bu sonuçlardan göröldüğü gibi DVM ile elde edilen sonuçların literatürde verilen yöntemlerden daha iyi, etkili ve basit olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.44. DAHKMA için ölçüm ve DVM sonuçlarının karşılaştırılması

Antenler	Rezonans frekansları (GHz)					
	Ölçüm	Hesaplanan				
		DVM	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
[Bahl, 1992]	2.450	2.535	2.273	2.337	2.297	2.273
[Dahele, 1982]	0.625	0.625	0.614	0.627	0.622	0.614
[Lee, 1983]	0.626	0.625	0.617	0.629	0.625	0.617
[Dahele, 1987]	0.878	0.881	0.867	0.886	0.877	0.867
[Fan, 1991]	0.891	0.881	0.867	0.886	0.877	0.867
[Liu, 1996]	2.880	2.880	2.849	2.907	2.882	2.849
[Row, 2004]	1.243	1.207	1.180	1.213	1.590	1.180
[Shinde, 2010]	0.940	0.940	0.933	0.954	0.941	0.933
[Shinde, 2010]	1.960	1.963	1.927	1.972	1.936	1.921
[Kumar, 2011]	1.989	2.039	1.947	2.035	1.997	1.981
Gerçeklenen	3.000	3.036	3.330	2.800	8.392	3.330

Çizelge 4.45. DAHKMA için ölçüm verileri ile hesaplanan yüzdellik hatalar

Antenler	Yüzdellik hata (%)				
	DVM	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
[Bahl, 1992]	3.457	7.224	4.612	6.245	7.224
[Dahele, 1982]	0.016	1.760	0.320	0.480	1.760
[Lee, 1983]	0.112	1.438	0.479	0.160	1.438
[Dahele, 1987]	0.285	1.253	0.911	0.114	1.253
[Fan, 1991]	1.178	2.694	0.561	1.571	2.694
[Liu, 1996]	0.010	1.076	0.938	0.069	1.076
[Row, 2004]	2.928	5.068	2.414	27.916	5.068
[Shinde, 2010]	0.043	0.745	1.489	0.106	0.745
[Shinde, 2010]	0.148	1.684	0.612	1.224	1.990
[Kumar, 2011]	2.509	2.112	2.313	0.402	0.402
Gerçeklenen	1.190	11.000	6.667	179.733	11.000
OYH	1.080	3.280	1.938	19.820	3.150

4.2.7. DAHKMA'lar için YSA, BMSDUA ve DVM Sonuçlarının Karşılaştırılması

DAHKMA için elde edilen sonuçlar Çizelgeler 4.46 ve 4.47'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelge 4.46'dan görüldüğü gibi rezonans frekansının hesabında kullandığımız yapay zeka teknikleri kendi aralarında yakın sonuçlar vermektedirler. Çizelge 4.47'den de görüldüğü gibi önerdiğimiz yöntemler

literatürdeki yöntemlerden daha iyi sonuçlar vermekte ve daha basit ve etkin yöntemlerdir.

Çizelge 4.46. 10 adet benzetim test verisi için YSA, DVM ve BMSDUA sonuçlarının karşılaştırılması

Benzetim	Rezonans Frekansları (GHz)			Yüzelik hata (%)		
	YSA	DVM	BMSDUA	H _{YSA}	H _{DVM}	H _{BMSDUA}
3.563	3.64	3.53	3.542	2.175	0.921	0.567
1.547	1.581	1.603	1.575	2.232	3.654	1.805
2.594	2.609	2.597	2.589	0.588	0.118	0.187
1.833	1.805	1.826	1.843	1.529	0.378	0.517
2.006	2.026	2.012	2.001	0.992	0.279	0.239
1.189	1.214	1.192	1.214	2.086	0.228	2.053
1.734	1.729	1.741	1.731	0.325	0.408	0.186
1.033	1.032	1.068	1.043	0.127	3.378	0.986
3.323	3.341	3.321	3.324	0.556	0.049	0.017
2.258	2.258	2.245	2.258	0	0.55	0
OYH				1.061	0.996	0.656

Çizelge 4.47. YSA, DVM ve BMSDUA sonuçlarının literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırılması

Antenler	Yüzelik hata (%)						
	YSA	DVM	BMSDUA	[Wu]	[Pintsoz]	[Bahl]	[Kumar]
[Bahl, 1992]	2.045	3.457	3.098	7.224	4.612	6.245	7.224
[Dahele, 1982]	0.224	0.016	0.128	1.760	0.320	0.480	1.760
[Lee, 1983]	0.032	0.112	0.383	1.438	0.479	0.160	1.438
[Dahele, 1987]	0.399	0.285	0.33	1.253	0.911	0.114	1.253
[Fan, 1991]	1.066	1.178	1.785	2.694	0.561	1.571	2.694
[Liu, 1996]	0.319	0.01	0.094	1.076	0.938	0.069	1.076
[Row, 2004]	0.241	2.928	0.257	5.068	2.414	27.91	5.068
[Shinde, 2010]	0.17	0.043	0.447	0.745	1.489	0.106	0.745
[Shinde, 2010]	0.546	0.148	0.158	1.684	0.612	1.224	1.990
[Kumar, 2011]	2.574	2.509	2.227	2.112	2.313	0.402	0.402
Gerçeklenen	2.297	1.19	0.477	11.000	6.667	179.73	11.00
OYH	0.901	1.080	0.853	3.280	1.938	19.820	3.150

4.3. CKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA VE BMSDUA KULLANILARAK HESAPLANMASI

4.3.1. CKMA'ların Benzetim Süreci

Çizelge 4.48'de verilen, boyutları ve dielektrik sabitleri farklı 0.33 - 2.92 GHz frekans aralığında çalışan 144 adet CKMA'nın benzetimleri XFDTD elektromanyetik benzetim programı kullanılarak yapılmış ve herbir anten için rezonans frekansları elde edilmiştir.

Çizelge 4.48. Benzetimleri yapılan CKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri

Benzetim sayısı	Yama boyutları (mm)					
	L	W	l	w	h	ϵ_r
3 x 48	30	20	7, 12, 15, 20	5, 7, 12, 15	1.6	2.33, 4.28, 9.8
	60	40	13, 20, 30, 40	9, 13, 20, 30	3	2.33, 4.28, 9.8
	90	60	20, 30, 40, 60	13, 20, 30, 40	6	2.33, 4.28, 9.8

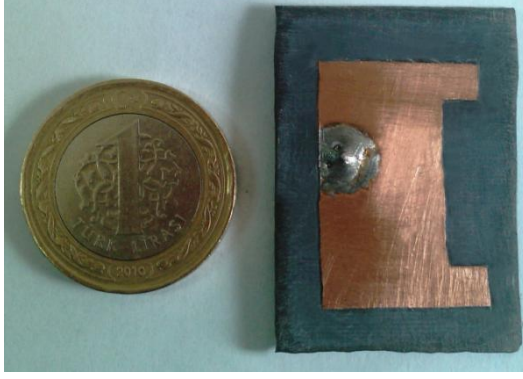
4.3.2. CKMA'nın Gerçeklenmesi

YSA ve BMSDUA modellerinin doğruluğunu benzetim verilerinin dışında test etmek amacıyla Rogers™ RT/duroid 5870 malzemesi kullanarak, Çizelge 4.49'da anten parametreleri verilen CKMA, 2.930 GHz frekansında çalışacak şekilde gerçekleştirilmiştir ve gerçekleştirilen CKMA'nın fotoğrafı Şekil 4.21'de görülmektedir. Çizelge 4.49'da aynı zamanda CKMA ile aynı boyutlardaki DMA'nın benzetimi yapılan rezonans frekansı da görülmektedir. DMA'da boşluk açarak elde edilen aynı boyutlardaki CKMA'nın rezonans frekansı % 11.96 düşmüştür. Şekil 4.22.de verilen geriye dönme kaybı (S_{11} : return loss) eğrisi, Agilent E5071B ENA Series RF network analizör ile ölçülerek antenin rezonans frekansı belirlenmiştir. Şekil 4.22'de görüldüğü gibi ölçüm ve benzetim sonuçları alttaşı değişimleri, fabrikasyon toleransları ve besleme noktası kaymaları gibi bazı farklılıklara rağmen oldukça uyumludur.

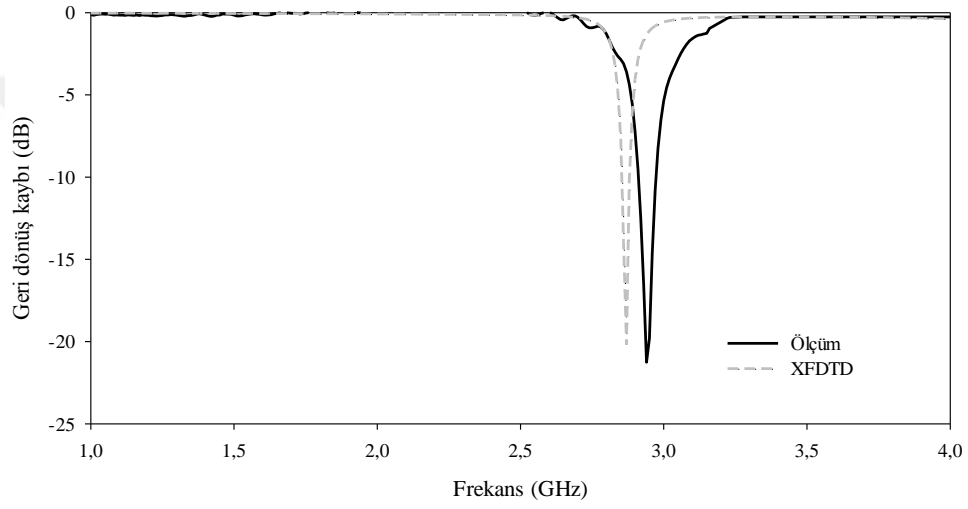
Çizelge 4.49. Gerçeklenen CKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları

Anten	Yamam boyutları				Rezonans frekansları [GHz]	
	L	W	l	w	Benzetim	Ölçüm
CKMA	30	20	20	5	2.870	2.930
DMA	30	20	-	-	3.260	-

$h=1.57$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

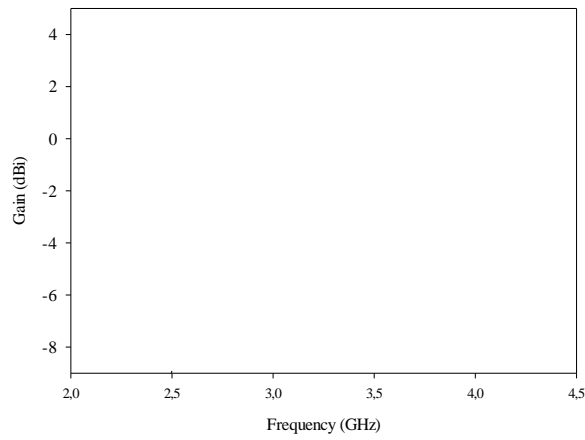


Şekil 4.21. Gerçeklenen CKMA'nın fotoğrafı



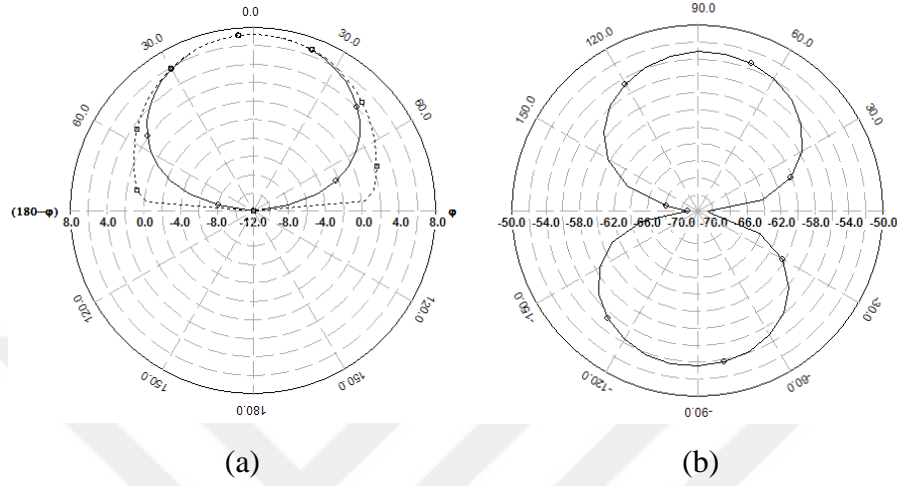
Şekil 4.22. Gerçeklenen CKMA'nın geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği

Önerilen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği Şekil 4.23'de verilmiştir Şekil 4.23'den görüldüğü gibi maksimum anten kazancı 2.930 GHz'de 3.84 dBi'dir.



Şekil 4.23. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği

Şekil 4.24'de CKMA'nın benzetimi yapılan ışın diyagramları verilmiştir. Benzetimlerde $\phi=90^\circ$ 'de maksimum kazanç 3.84 dBi olarak elde edilmiştir. Diğer bir taraftan yarım güç demet genişliği 138.26° 'dir.

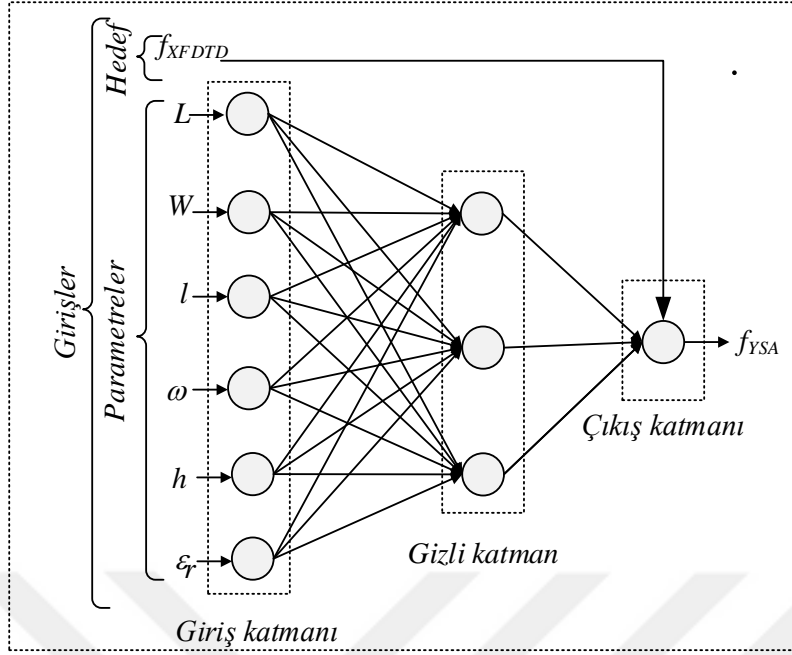


Şekil 4.24. a) CKMA için $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve $\phi = 90^\circ$ 'de (y-z düzlemi) E_θ 'nin ışın örüntüleri b) CKMA için $\theta = 90^\circ$ 'de (x-y düzlemi) E_ϕ 'nin ışın örüntüleri

4.3.3. CKMA'ların Rezonans Frekansı Hesabı için YSA'nın Kullanılması

4.3.3.1. CKMA'lar için YSA eğitim süreci

CKMA'ların rezonans frekansı hesabında kullandığımız YSA modeli ileri beslemeli, geri yayımlı, ÇKA'ya dayanmaktadır. ÇKA'nın eğitiminde, bir çok mühendislik uygulamasında kullanılan ve hızlı bir optimizasyon algoritması olan LM algoritması tercih edilmiştir. Rezonans frekansını hesaplamak için kullanılan YSA modeli Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



Şekil 4.25. CKMA'nın rezonans frekansını hesaplamak için kullanılan YSA modeli

Benzetimi yapılan 144 antenin rezonans frekansı değerlerinin 129'u YSA modelinin eğitiminde kullanılmıştır. LM algoritması ile eğitilen YSA modeli için kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.50'de verilmiştir. 129 adet eğitim verisi için ortalama yüzde hata değeri % 0.95 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.50. CKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan YSA ağı parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	250
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.01
Maksimum μ değeri	10^{10}

4.3.3.2. CKMA'lar için YSA test süreci

CKMA'ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA ağı'nın başarısını test etmek için eğitim verilerinin dışında, geriye kalan ağı görmediği 15 anten verisi kullanılmıştır. Çizelge 4.51'de görüldüğü gibi 15 test verisi için ortalama yüzde hata değeri % 0.980 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar, ÇKA'ya dayanan YSA'nın UHF bandında çalıştırılan CMKA'ların rezonans frekansının belirlenmesinde başarılı bir

şekilde kullanılabilceğini göstermektedir. Bu sayede eğitilen ağın girişlerine farklı anten parametreleri girilerek rezonans frekansı değeri hesaplanabilir.

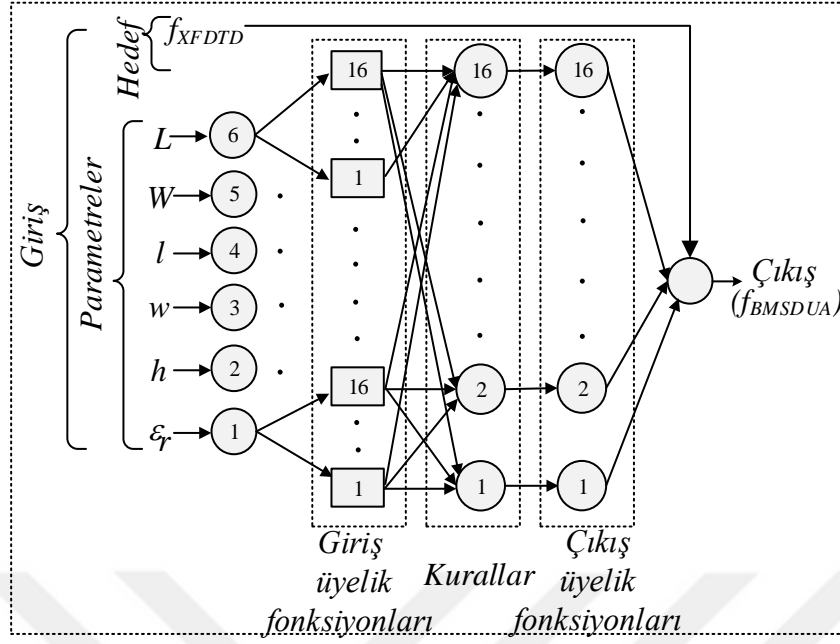
Çizelge 4.51. CKMA için YSA test sonuçları

Anten	Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansları (GHz)		Yüzdellik hata (%)
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	YSA	
1	30	20	15	7	1.6	2.33	2.654	2.658	0.165
2	30	20	7	15	1.6	4.28	1.380	1.364	1.195
3	30	20	20	7	1.6	4.28	2.017	2.007	0.495
4	30	20	12	15	1.6	9.80	0.902	0.892	1.142
5	30	20	20	15	1.6	9.80	0.956	0.927	3.002
6	60	40	30	20	3	2.33	1.164	1.181	1.426
7	60	40	20	9	3	4.28	1.081	1.076	0.416
8	60	40	40	20	3	4.28	0.887	0.877	1.138
9	60	40	30	9	3	9.80	0.721	0.726	0.679
10	60	40	40	30	3	9.80	0.471	0.472	0.233
11	90	60	20	13	6	2.33	0.970	0.967	0.299
12	90	60	40	30	6	2.33	0.776	0.786	1.250
13	90	60	20	40	6	4.28	0.527	0.537	1.840
14	90	60	60	40	6	4.28	0.527	0.520	1.347
15	90	60	60	13	6	9.80	0.499	0.499	0.040
OYH									0.980

4.3.4. CKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması

4.3.4.1. CKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci

CKMA'nın rezonans frekansı hesabı için Şekil 4.26'da gösterilen sugeno yapılı BMSDUA modeli kullanılmıştır. BMSDUA ağına ait parametreler hibrit öğrenme algoritması ile güncellenmiştir. Benzetimi yapılan 144 CKMA'nın rezonans frekansı değerlerinin 129'u BMSDUA modelinin eğitiminde kullanılmıştır. BMSDUA modeli için kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.52'de verilmiştir.



Şekil 4.26. CKMA'ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli

Çizelge 4.52. CKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA ağı parametreleri

Parameters	Set type/value
Giriş üyelik fonksiyon tipi	Gaussian
Çıkış üyelik fonksiyon tipi	Linear
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Bulanık kurallar sayısı	16
Üyelik fonksiyonu sayısı	16
Seed değeri	1148086853
Epok sayısı	100
Etki aralığı	0.5
Sıkışma faktörü	1.25
Kabul oranı	0.5
Geri çevirme oranı	0.15
Nonlinear parameter sayısı	$6 \times 16 \times 2 = 192$
Linear parameter sayısı	$7 \times 16 = 112$
Düğüm sayısı	233
Eğitim very çifti sayısı	129

129 CKMA'nın BMSDUA eğitim sonuçları benzetim sonuçları ile oldukça iyi bir uyum içerisindedir. Hesaplanan OYH değeri % 0.841 olarak elde edilmiştir.

4.3.4.2. CKMA'lar için BMSDUA test süreci

Benzetimi yapılan 144 CKMA'nın içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 15 anten, eğitilen BMSDUA modelinin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.53'den görüldüğü gibi test için kullanılan 15 antenin rezonans frekansı değerleri ile BMSDUA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 1.259 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.53. CKMA için test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekans değerleri

Anten	Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansları (GHz)		Yüzdelerik hata (%)
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	BMSDUA	
1	30	20	15	7	1.6	2.33	2.654	2.643	0.399
2	30	20	7	15	1.6	4.28	1.380	1.346	2.435
3	30	20	20	7	1.6	4.28	2.017	2.020	0.139
4	30	20	12	15	1.6	9.80	0.902	0.886	1.807
5	30	20	20	15	1.6	9.80	0.956	0.915	4.289
6	60	40	30	20	3	2.33	1.164	1.152	1.014
7	60	40	20	9	3	4.28	1.081	1.086	0.444
8	60	40	40	20	3	4.28	0.887	0.891	0.440
9	60	40	30	9	3	9.80	0.721	0.721	0.055
10	60	40	40	30	3	9.80	0.471	0.468	0.658
11	90	60	20	13	6	2.33	0.970	0.997	2.794
12	90	60	40	30	6	2.33	0.776	0.777	0.116
13	90	60	20	40	6	4.28	0.527	0.525	0.304
14	90	60	60	40	6	4.28	0.527	0.524	0.664
15	90	60	60	13	6	9.80	0.499	0.516	3.327
OYH									1.259

BMSDUA modelinin geçerliliğini göstermek için literatürde [Deshmukh ve Kumar, 2007] verilen benzetim sonuçları için de test işlemi uygulanmıştır. Çizelge 4.54'de BMSDUA ile hesaplanan sonuçlar ve literatürdeki formülasyonlar kullanılarak hesaplanan sonuçlar görülmektedir. BMSDUA ve literatürdeki formülasyonlar [Deshmukh ve Kumar, 2007; Akdağlı vd., 2011; Toktaş vd., 2011] OYH üzerinden Çizelge 4.55'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelge 4.55'de BMSDUA'nın hesapladığı sonuçların literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007; Akdağlı vd., 2011; Toktaş vd., 2011] hesaplanan sonuçlardan daha iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.54. Literatürdeki [Deshmukh ve Kumar, 2007] CKMA benzetim sonuçları ile BMSDUA'nın test edilmesi

Boşluk boyutları (mm)		Rezonans frekansları (GHz)							
		Benzetim				Hesaplanan			
l	w	[Desh.]	BMSDUA	[Toktaş]	[Akdağlı]	[Desh]			
						#1	#2	#3	
5	5	1.562	1.603	1.562	1.657	1.502	1.630	—	
10	10	1.445	1.429	1.445	1.497	1.398	1.408	—	
15	15	1.286	1.275	1.286	1.334	1.309	1.241	—	
20	20	1.130	1.125	1.130	1.178	1.231	1.111	1.002	
25	25	0.991	0.991	0.991	1.035	1.164	1.008	0.928	
40	30	0.899	0.901	0.899	0.924	—	0.893	0.856	
5	30	0.929	0.931	0.929	0.963	—	1.029	0.904	
10	30	0.887	0.901	0.887	0.938	—	—	0.896	
2	30	0.964	0.953	0.964	0.982	—	—	0.910	

$L=60$ mm, $W=40$ mm, $h=1.59$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.001$

Çizelge 4.55. BMSDUA'nın literatür benzetim verileri ile test işleminin neticesinde hesaplanan yüzdelik hatalar

Boşluk boyutları (mm)		Yüzdelik hatalar (%)						
l	w	BMSDUA	[Toktaş]	[Akdağlı]	[Desh.]			
					#1	#2	#3	
5	5	2.612	0.000	6.082	3.841	4.353	—	
10	10	1.107	1.315	3.599	3.253	2.561	—	
15	15	0.855	0.467	3.732	1.788	3.499	—	
20	20	0.451	0.531	4.248	8.938	1.681	11.33	
25	25	0.010	0.908	4.44	17.46	1.715	6.357	
40	30	0.245	1.001	2.781	—	0.667	4.783	
5	30	0.248	0.215	3.66	—	10.764	2.691	
10	30	1.567	2.706	5.75	—	—	1.015	
2	30	1.151	1.867	1.867	—	—	5.602	
OYH		0.916	1.001	1.151	7.055	3.605	5.296	

$L=60$ mm, $W=40$ mm, $h=1.59$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.001$

Ayrıca kendi gerçekleştirdiğimiz CKMA verileri de test işleminde kullanılmış ve Çizelge 4.56'da görüldüğü üzere başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde CKMA'ların rezonans frekansı hesabında BMSDUA'ların başarılı bir şekilde kullanılabileceği görülmektedir.

Çizelge 4.56. Gerçekleştirdiğimiz CKMA'nın verileri ile test edilen BMSDUA sonucunun benzetim ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması

Anten	Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansı (GHz)		
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	Ölçüm	BMSDUA
CKMA	30	20	5	20	1.57	2.33	2.870	2.930	2.900
DMA	30	20	-	-	1.57	2.33	3.260	-	-

4.3.5. CKMA'lar için YSA ve BMSDUA Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çizelge 4.57'de YSA ve BMSDUA modelleri ile elde edilen sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılmış ve en iyi sonucu YSA'nın verdiği görülmüştür. Bu sonuçlardan anlaşıldığı üzere, YSA ve BMSDUA modelleri CKMA'ların rezonans frekansı hesabı için başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Çizelge 4.57. CKMA için YSA ve BMSDUA modellerinin karşılaştırmalı sonuçları

Anten	Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansları [GHz]			Yüzdelerik hata (%)	
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benz.	YSA	BMSDUA	H _{YSA}	H _{BMSDUA}
1	30	20	15	7	1.6	2.33	2.654	2.658	2.643	0.165	0.399
2	30	20	7	15	1.6	4.28	1.380	1.364	1.346	1.195	2.435
3	30	20	20	7	1.6	4.28	2.017	2.007	2.020	0.495	0.139
4	30	20	12	15	1.6	9.8	0.902	0.892	0.886	1.142	1.807
5	30	20	20	15	1.6	9.8	0.956	0.927	0.915	3.002	4.289
6	60	40	30	20	3	2.33	1.164	1.181	1.152	1.426	1.014
7	60	40	20	9	3	4.28	1.081	1.076	1.086	0.416	0.444
8	60	40	40	20	3	4.28	0.887	0.877	0.891	1.138	0.440
9	60	40	30	9	3	9.8	0.721	0.726	0.721	0.679	0.055
10	60	40	40	30	3	9.8	0.471	0.472	0.468	0.233	0.658
11	90	60	20	13	6	2.33	0.970	0.967	0.997	0.299	2.794
12	90	60	40	30	6	2.33	0.776	0.786	0.777	1.250	0.116
13	90	60	20	40	6	4.28	0.527	0.537	0.525	1.840	0.304
14	90	60	60	40	6	4.28	0.527	0.520	0.524	1.347	0.664
15	90	60	60	13	6	9.8	0.499	0.499	0.516	0.040	3.327
OYH										0.980	1.259

4.4. EKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA, BMSDUA ve DVM KULLANILARAK HESAPLANMASI

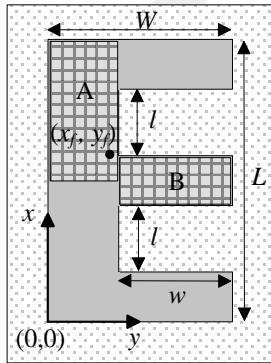
4.4.1. EKMA'ların Benzetim Süreci

Çizelge 4.58'de verilen, boyutları ve dielektrik sabitleri farklı, 0.78 – 3.5 GHz frekans aralığında çalışan 144 adet EKMA'nın benzetimleri IE3D™ paket yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 4.58. Benzetimi yapılan EKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri

Benzetim sayısı	Anten boyutları (mm)					
	L	W	l	w	h	ϵ_r
3 x 48	25	20	2, 4, 6, 8	4, 8, 12, 16	1.57	2.33, 4.5, 6.15
	32.5	25	2.5, 5, 7.5, 10	5, 10, 15, 20	2.5	2.33, 4.5, 6.15
	40	30	3, 6, 9, 12	6, 12, 20, 26	3.17	2.33, 4.5, 6.15

EKMA'nın benzetimleri öncesinde uygun besleme noktaları araştırılmıştır. Yapılan birkaç benzetim sonucunda besleme noktası, Şekil 4.27'de verilen EKMA'nın A bölgesinde seçildiğinde, aynı dış boyutlara sahip DMA'ya göre daha düşük rezonans frekansı ve daha dar bant genişliği elde edilmiştir. Bununla birlikte, besleme noktası B bölgesinde seçildiğinde [Neog vd., 2006; Günel, 2011] daha büyük rezonans frekansı ve geniş bant elde edilmiştir. Besleme noktası B bölgesinde seçildiğinde yüksek rezonans frekansı oluşmasına sebep olduğundan ve bu çalışmada küçük boyutlu anten tasarımı amaçlandığı için antenlerin besleme noktası A bölgesinde seçilmiştir.



Şekil 4.27. EKMA'ların benzetiminde seçilen besleme noktası

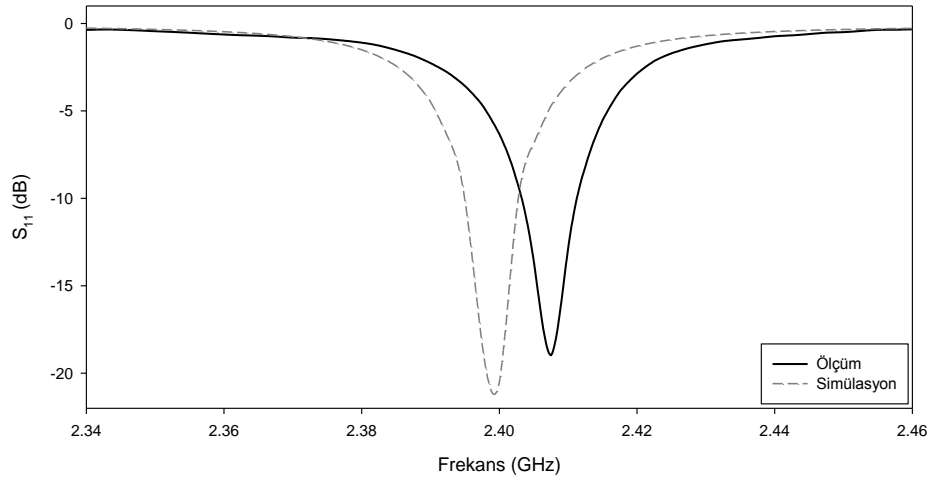
4.4.2. EKMA'nın Gerçeklenmesi

YSA, BMSDUA ve DVM modellerinin doğruluğunu, benzetim verilerinin dışında test etmek amacıyla Rogers™ RT/duroid 5870 malzemesi kullanarak, Çizelge 4.59'da anten parametreleri verilen EKMA, 2.4 GHz frekansında çalışacak şekilde gerçekleştirilmiştir ve gerçekleştirilen EKMA'nın fotoğrafı Şekil 4.28'de görülmektedir. Şekil 4.29'da verilen geriye dönme kaybı eğrisi, Agilent E5071B ENA Series RF network analizör ile ölçülerek antenin rezonans frekansı belirlenmiştir. Şekil 4.29'da

görüldüğü gibi ölçüm ve benzetim sonuçları altta değişimleri, fabrikasyon toleransları ve besleme noktası kaymaları gibi bazı farklılıklara rağmen oldukça uyumludur.



Şekil 4.28. Gerçeklenen EKMA'nın fotoğrafları



Şekil 4.29. Gerçeklenen EKMA'nın geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği

Çizelge 4.59. Gerçeklenen EKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları

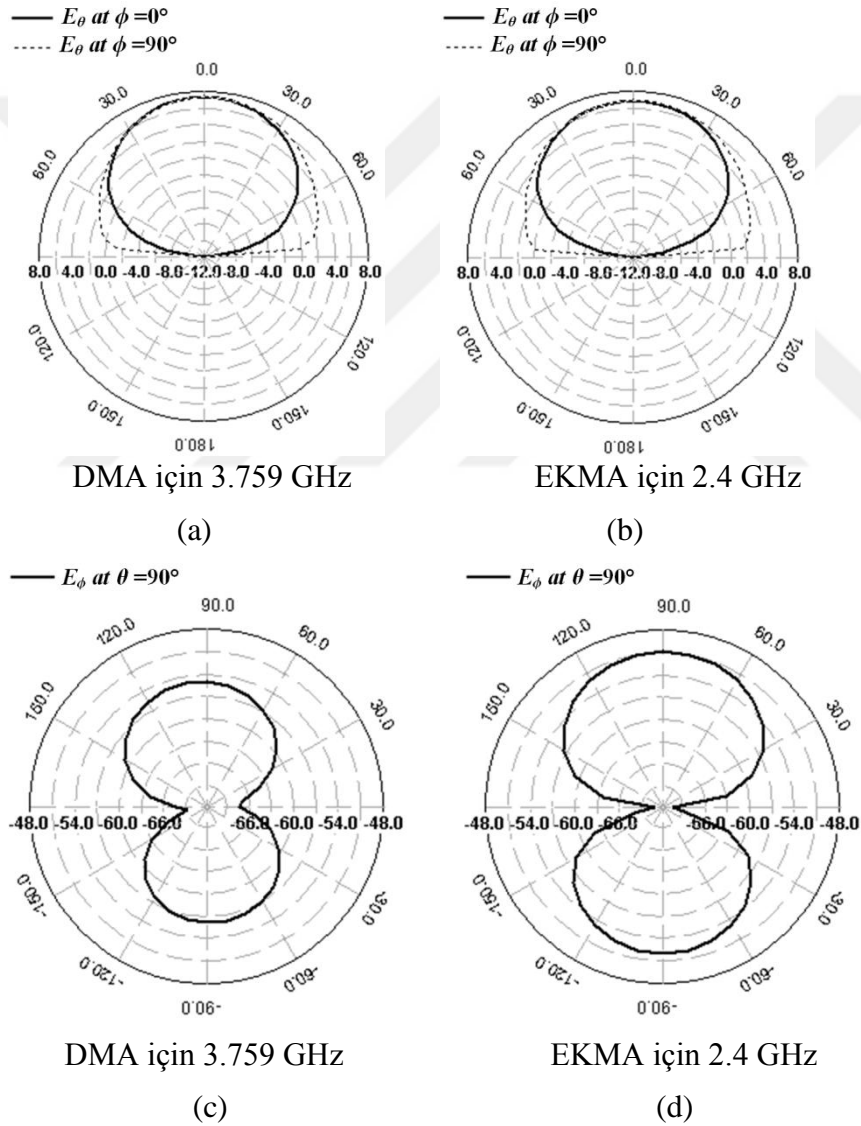
Anten	Yama Boyutları (mm)				Besleme Noktası		Rezonans Frekansları (GHz)	
	L	W	l	w	x_f	y_f	Benzetim	Ölçüm
EKMA*	25.00	20.00	7.47	13.03	6.45	14.23	2.400	2.407
DMA	39.85	32.35	—	—	31.07	26.3	2.400	—
DMA	25.00	20.00	—	—	17.64	16.63	3.759	—

$h=1.57$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

Çizelge 4.59'da EKMA ile aynı uzunluk ve genişliğe sahip ve 2.4 GHz frekansında çalışacak şekilde boyutlandırılmış 2 DMA'nında benzetim sonuçları da

görülmektedir. Çizelge 4.59'daki EKMA'nın rezonans frekansı aynı boyutlardaki DMA'dan % 36 daha küçüktür ve 2.4 GHz frekansında çalışan DMA'dan ise boyutları % 61 daha küçüktür.

Şekil 4.30'da benzetimi yapılan aynı boyuttaki EKMA ve DMA'nın ışın diyagramları verilmiştir. Şekillerden görüldüğü üzere EKMA, DMA'dan daha geniş demet genişliğine sahiptir. Benzetimlerde DMA için $\phi=90^\circ$ 'de maksimum kazanç 7.33 dBi elde edilirken EKMA için 6.88 dBi olarak elde edilmiştir. Diğer bir taraftan yarım güç demet genişliği DMA için 109.36° iken EKMA için 118.72° 'dir.

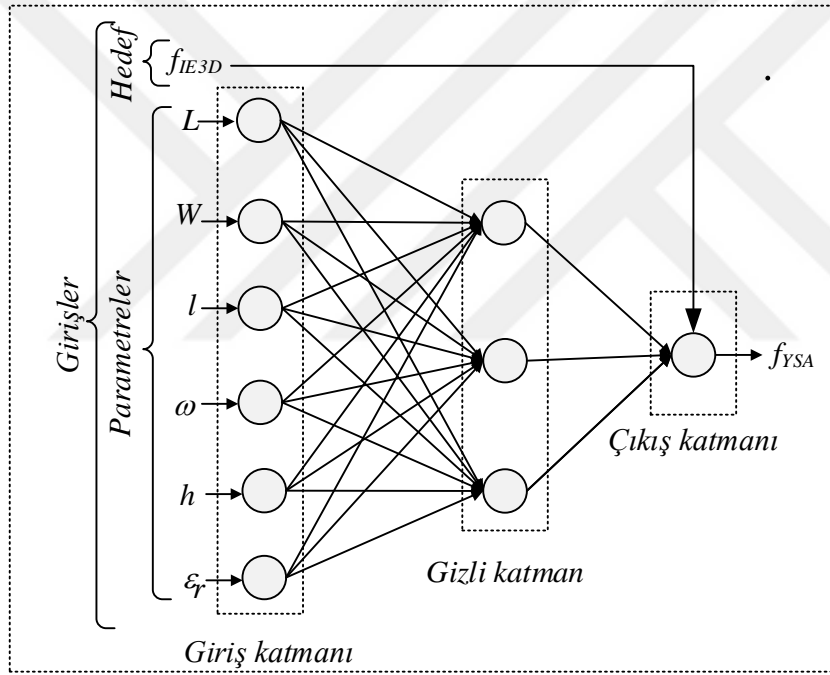


Şekil 4.30. a) DMA, b) EKMA için $\phi=0^\circ$ ve $\phi=90^\circ$ 'de E_θ 'nin ışınma örüntüleri
c) DMA ve d) EKMA için $\theta=90^\circ$ 'de E_ϕ 'nin ışınma örüntüleri

4.4.3. EKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması

4.4.3.1. EKMA'lar için YSA eğitim süreci

EKMA'nın rezonans frekansı hesabı için ÇKA'ya dayanan YSA modeli kullanılmıştır. ÇKA'nın eğitiminde, bir çok mühendislik uygulamasında kullanılan ve hızlı bir optimizasyon algoritması olan LM algoritması tercih edilmiştir. Benzetimi yapılan 144 EKMA'dan 130'unun anten parametreleri (L , W , l , w , h ve ϵ_r) YSA modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. Şekil 4.31'de görüldüğü gibi YSA modeli, giriş katmanı, 3 nöronlu bir gizli katman ve çıkış katmanından oluşmaktadır. Burada f_{YSA} , YSA modelinin hesapladığı rezonans frekansını temsil etmektedir.

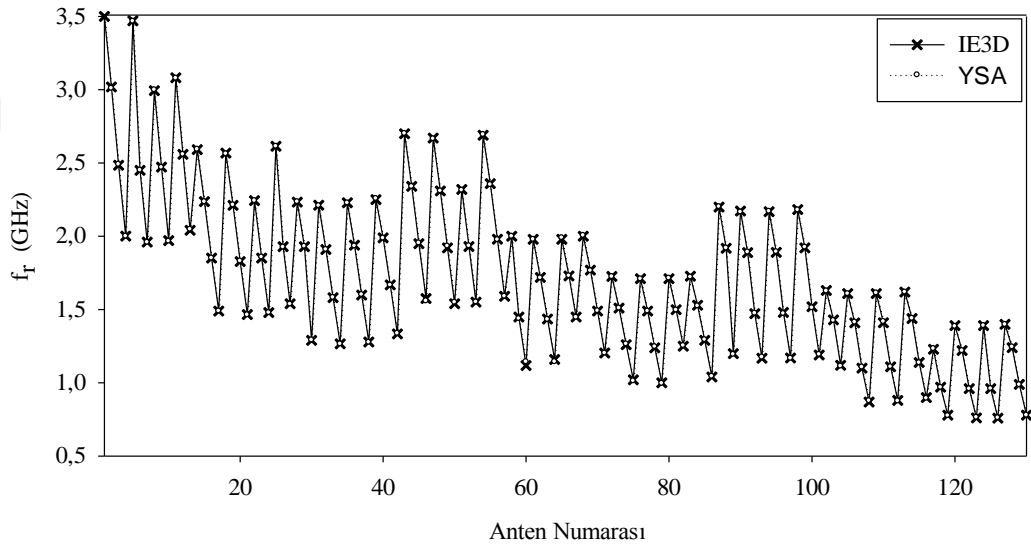


Şekil 4.31. EKMA'nın rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA modeli

YSA modelinde kullanılan ağ parametreleri Çizelge 4.60'da görülmektedir. Ayrıca giriş katmanı ve gizli katman için tanjant sigmoid, çıkış katmanı için purelin fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 4.32'de görüldüğü gibi IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir OYH değeri % 0.257 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.60. EKMA için YSA modelinde kullanılan ağ parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	250
Seed değer	7559532
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.1
Maksimum μ değer	10^{10}



Şekil 4.32. EKMA için benzetim ve YSA'nın karşılaştırmalı sonuçları

4.4.3.2. EKMA'lar için YSA test süreci

Benzetimi yapılan 144 EKMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 14 anten, eğitilen YSA'nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.61'de görüldüğü gibi test için kullanılan 14 antenin rezonans frekansı değerleri ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değer % 0.523 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.61. EKMA için test sonucunda YSA ile belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansları (GHz)		Yüzdolik hata (%)
	L	W	l	w	h		Benzetim	YSA	
1	25	20	6	4	1.57	2.33	3.490	3.492	0.066
2	25	20	4	8	1.57	2.33	2.970	2.972	0.071
3	25	20	8	4	1.57	2.33	3.524	3.542	0.516
4	25	20	6	4	1.57	4.5	2.587	2.578	0.332
5	25	20	2	12	1.57	6.15	1.597	1.603	0.382
6	32.5	25	7.5	5	2.5	2.33	2.660	2.675	0.56
7	32.5	25	2.5	10	2.5	4.5	1.739	1.728	0.615
8	32.5	25	7.5	20	2.5	4.5	1.170	1.157	1.103
9	32.5	25	7.5	20	2.5	6.15	1.009	1.003	0.644
10	40	30	3	20	3.17	2.33	1.500	1.492	0.533
11	40	30	3	26	3.17	4.5	0.899	0.886	1.446
12	25	20	8	8	1.57	4.5	2.310	2.301	0.403
13	40	30	3	6	3.17	6.15	1.400	1.405	0.371
14	40	30	9	12	3.17	6.15	1.220	1.223	0.279
OYH									0.523

YSA modelinin doğruluğunu benzetim verilerinin dışında test etmek amacıyla Çizelge 4.62’de parametreleri verilen, gerçekleştirilen anten verileri de kullanılmıştır. Çizelge 4.62’de görüldüğü gibi, EKMA için benzetim, ölçüm ve YSA kullanılarak hesaplanan rezonans frekansı değerleri, sırasıyla 2.4 GHz, 2.407 GHz ve 2.396 GHz olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.62. Gerçeklenen EKMA için benzetim, ölçüm ve YSA sonuçları

Anten	Yama Boyutları (mm)				Besleme Noktası		Rezonans Frekansları (GHz)		
	L	W	l	w	x_f	y_f	Benzetim	Ölçüm	YSA
EKMA*	25.00	20.00	7.47	13.03	6.45	14.23	2.400	2.407	2.396
DMA	39.85	32.35	—	—	31.07	26.3	2.400	—	—
DMA	25.00	20.00	—	—	17.64	16.63	3.759	—	—

$h=1.57$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

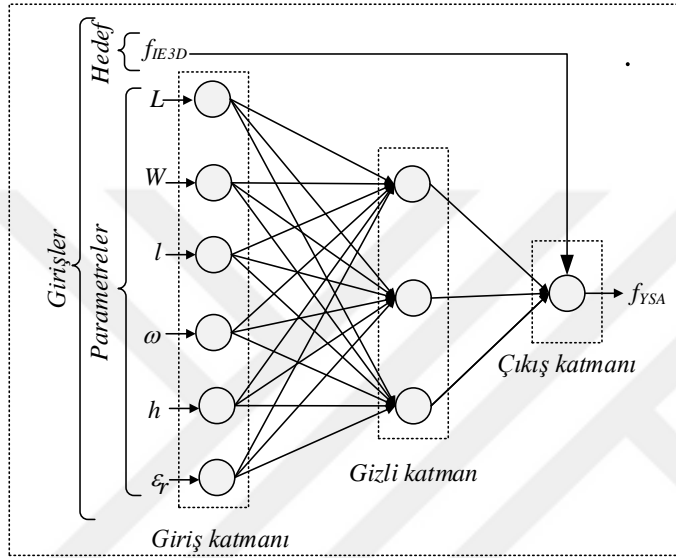
4.4.4. EKMA’ların Rezonans Frekansı Hesabı için YSA’da Farklı Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması

EKMA’ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA modelinde bir çok mühendislik uygulamasında kullanılan ve hızlı bir optimizasyon algoritması olan LM algoritmasına ilaveten 7 farklı öğrenme algoritması da kullanılmış ve sonuçları

karşılaştırılmıştır. LM dışında kullanılan bu öğrenme algoritmaları; BR, PRCG, FPCG, PBCG, SCG, OSS ve COIU öğrenme algoritmalarıdır.

4.4.4.1. EKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA eğitim süreci

Şekil 4.33'de görüldüğü gibi YSA modeli, giriş katmanı, 3 nöronlu bir gizli katman ve çıkış katmanından oluşmaktadır. YSA modelinde bütün öğrenme algoritmaları için seed değeri hariç Çizelge 4.63'deki ağ parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 4.33. EKMA'nın rezonans frekansı hesabı için farklı öğrenme algoritmalarının kullanıldığı YSA modeli

Çizelge 4.63. YSA modellerinde kullanılan ağ parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	250
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.01
Maksimum μ değeri	10^{10}

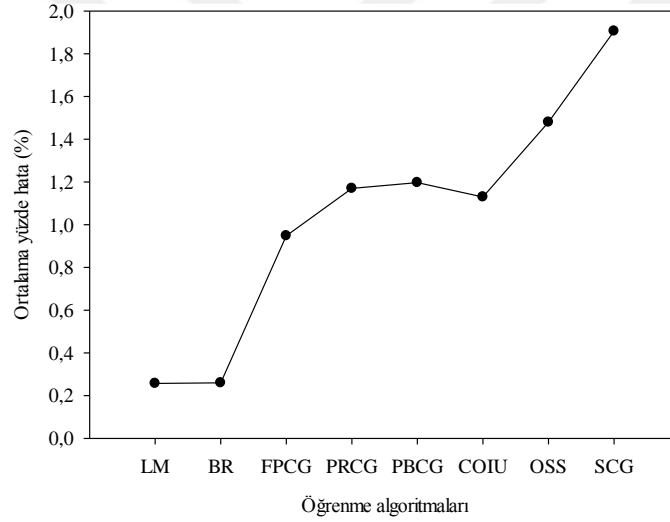
YSA modelleri her koşulduğunda başlangıç ağırlık değerleri rastgele alındığı için her seferinde farklı sonuçlar verirler. Sonuçları sabitleyebilmek için uygun seed değerlerinin ilk önce tespit edilmesi gerekmektedir. YSA modeli, uygun seed değerlerinin tespiti sırasında vakit almasına rağmen, belirlenen uygun seed değerleri ağa girildiğinde birkaç saniye içinde sonuç verebilmektedir. LM, BR, COIU, PBCG,

FPCG, PRCG, OSS ve SCG öğrenme algoritmaları için kullanılan seed değerleri sırasıyla 7559532, 312836, 1214989231, 729187230, 40844679, 276304188, 1430131216 ve 1225311423'dır. Ayrıca giriş katmanı ve gizli katman için tanjant sigmoid, çıkış katmanı için purelin fonksiyonu kullanılmıştır.

IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile YSA modellerinin hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir ve OYH değerleri Çizelge 4.64 ve Şekil 4.34'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.64. YSA eğitim verileri için hesaplanan OYH değerleri

Öğrenme Algoritması	LM	BR	FPCG	PRCG	PBCG	COIU	OSS	SCG
Eğitim OYH [%]	0.257	0.260	0.948	1.170	1.197	1.130	1.480	1.906



Şekil 4.34. Eğitim verileri için, kullanılan öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması

4.4.4.2. EKMA'lar için farklı öğrenme algoritmaları ile YSA test süreci

Benzetimi yapılan 144 EKMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 14 anten, eğitilen YSA modellerinin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.65'de test için kullanılan 14 EKMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri verilmiştir. Çizelgeler 4.65 ve 4.66'da sırasıyla hesaplanan rezonans frekansları ve yüzdelik hatalar görülmektedir. YSA için kullanılan öğrenme algoritmalarından LM algoritmasının diğer algoritmalara göre daha iyi sonuç verdiğini Çizelge 4.67'de görmekteyiz.

Çizelge 4.65. YSA modellerinin test etmek için kullanılan 14 EKMA'nın fiziksel ve elektriksel parametreleri

Anten sayısı	Anten parametreleri						
	Anten boyutları (mm)					ϵ_r	h/λ_d
	L	W	l	w	h		
1	25	20	6	4	1.57	2.33	0.058
2	25	20	4	8	1.57	2.33	0.099
3	25	20	8	4	1.57	2.33	0.059
4	25	20	6	4	1.57	4.5	0.043
5	25	20	2	12	1.57	6.15	0.080
6	32.5	25	7.5	5	2.5	2.33	0.070
7	32.5	25	2.5	10	2.5	4.5	0.092
8	32.5	25	7.5	20	2.5	4.5	0.123
9	32.5	25	7.5	20	2.5	6.15	0.106
10	40	30	3	20	3.17	2.33	0.178
11	40	30	3	26	3.17	4.5	0.139
12	25	20	8	8	1.57	4.5	0.077
13	40	30	3	6	3.17	6.15	0.050
14	40	30	9	12	3.17	6.15	0.087

Çizelge 4.66. EKMA için test sonucunda elde edilen rezonans frekans değerleri

f_{IE3D}	Rezonans frekansları [GHz]							
	f_{YSA}							
	LM	BR	FPCG	PRCG	PBCG	COIU	OSS	SCG
3.490	3.492	3.477	3.553	3.493	3.485	3.473	3.478	3.427
2.970	2.972	2.984	3.012	3.044	3.024	3.033	3.000	2.983
3.524	3.542	3.553	3.601	3.497	3.498	3.482	3.498	3.433
2.587	2.578	2.569	2.594	2.566	2.620	2.606	2.593	2.596
1.597	1.603	1.594	1.561	1.526	1.594	1.562	1.600	1.545
2.660	2.675	2.659	2.699	2.698	2.701	2.680	2.715	2.662
1.739	1.728	1.739	1.734	1.739	1.717	1.721	1.738	1.744
1.170	1.157	1.150	1.177	1.201	1.196	1.188	1.218	1.161
1.009	1.003	1.000	1.020	1.011	1.008	1.008	1.019	1.017
1.500	1.492	1.501	1.507	1.489	1.504	1.481	1.484	1.439
0.899	0.886	0.880	0.880	0.889	0.891	0.894	0.894	0.899
2.310	2.301	2.299	2.240	2.278	2.256	2.275	2.278	2.257
1.400	1.405	1.402	1.418	1.375	1.429	1.408	1.401	1.432
1.220	1.223	1.223	1.211	1.228	1.236	1.214	1.208	1.227

Çizelge 4.67. EKMA için test sonucunda hesaplanan yüzdeler hatalar

Yüzdeler hatalar (%)								
YSA								
LM	BR	FPCG	PRCG	PBCG	COIU	OSS	SCG	
0.066	0.370	1.819	0.092	0.138	0.464	0.335	1.785	
0.071	0.461	1.418	2.522	1.822	2.128	1.024	0.451	
0.516	0.820	2.205	0.763	0.729	1.195	0.724	2.574	
0.332	0.711	0.302	0.792	1.310	0.742	0.228	0.379	
0.382	0.194	2.235	4.433	0.131	2.179	0.213	3.219	
0.560	0.034	1.492	1.447	1.545	0.763	2.075	0.075	
0.615	0.017	0.265	0.023	1.219	1.024	0.052	0.293	
1.103	1.709	0.650	2.709	2.274	1.538	4.128	0.744	
0.644	0.932	1.110	0.278	0.030	0.050	1.011	0.852	
0.533	0.080	0.467	0.680	0.287	1.240	1.073	4.060	
1.446	2.158	2.058	1.046	0.890	0.534	0.534	0.033	
0.403	0.489	3.000	1.372	2.312	1.498	1.364	2.268	
0.371	0.150	1.307	1.771	2.086	0.571	0.093	2.329	
0.279	0.270	0.730	0.713	1.361	0.459	0.951	0.623	
OYH	0.523	0.599	1.361	1.332	1.152	1.028	0.986	1.486

YSA modellerinin doğruluğu göstermek için ayrıca gerçeken EKMA verisi ile de test işlemleri gerçekenştirilmiştir. Çizelge 4.68’de gerçeken EKMA için YSA modellerimizi test ettiğimizde hesaplanan rezonans frekans değerleri de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.68. Gerçeken EKMA verileri kullanılarak YSA modellerinin hesapladığı rezonans frekansları

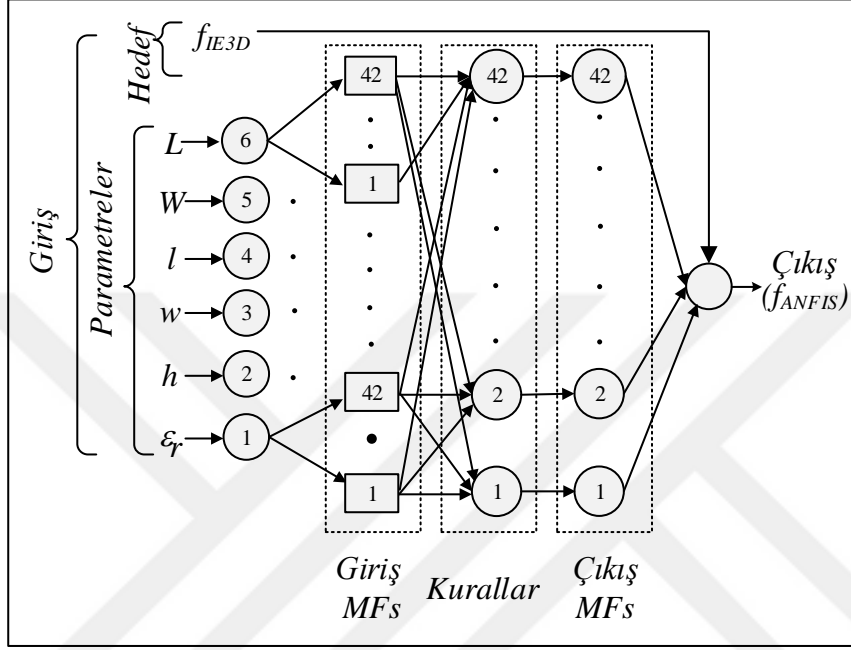
Rezonans frekansları [GHz]								
Ölçüm	f_{YSA}							
	LM	BR	FPCG	PRCG	PBCG	COIU	OSS	SCG
2.407	2.396	2.393	2.351	2.353	2.388	2.379	2.378	2.358

4.4.5. EKMA’ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA’nın Kullanılması

4.4.5.1. EKMA’lar için BMSDUA eğitim süreci

EKMA’nın rezonans frekansı hesabı için Şekil 4.35’de gösterilen sugeno yapılı BMSDUA modeli kullanılmıştır. BMSDUA ağına ait parametrelerin

güncellenmesinde hibrit öğrenme algoritması kullanılmıştır. BMSDUA modelinde, benzetimi yapılan 144 EKMA'nın rezonans frekansı değerlerinin 130'u BMSDUA modelinin eğitiminde kullanılmıştır. BMSDUA modeli için kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.69'da verilmiştir.

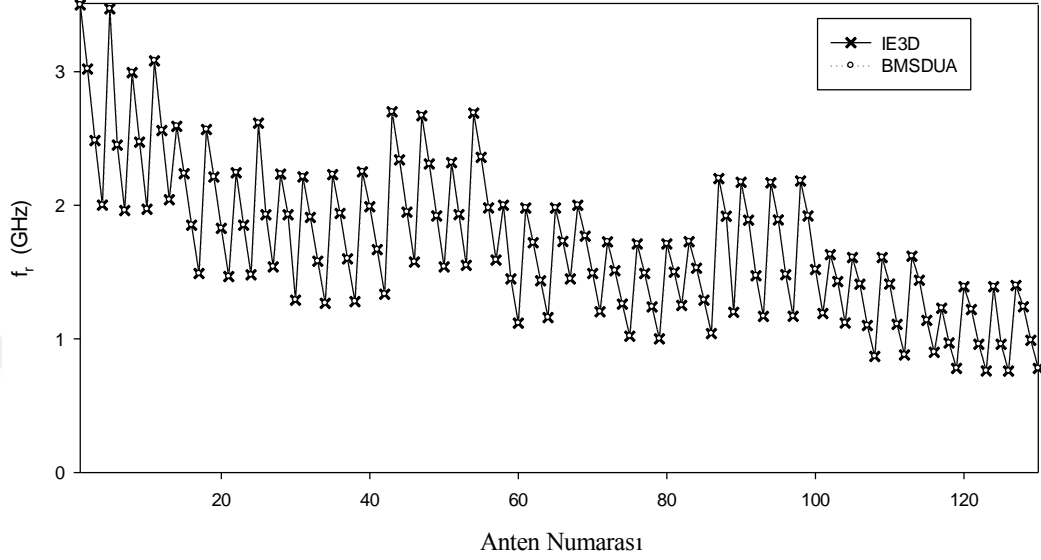


Şekil 4.35. EKMA'ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli

Çizelge 4.69. EKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağı parametreleri

Parameters	Set type/value
Giriş üyelik fonksiyon tipi	Gaussian
Çıkış üyelik fonksiyon tipi	Linear
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Bulanık kurallar sayısı	42
Üyelik fonksiyonu sayısı	42
Seed değeri	1835477814
Epok sayısı	50
Etki aralığı	0.5
Sıkışma faktörü	1.25
Kabul oranı	0.5
Geri çevirme oranı	0.15
Nonlinear parameter sayısı	$6 \times 42 \times 2 = 504$
Lineer parameter sayısı	$7 \times 42 = 294$
Düğüm sayısı	597
Eğitim very çifti sayısı	130

130 EKMA'nın eğitim sonuçları Şekil 4.34'de gösterilmiştir. Şekil 4.36'dan görüldüğü gibi benzetim ile BMSDUA sonuçları oldukça iyi bir uyum içerisindedir. Hesaplanan OYH değeri % 0.011 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.36. EKMA için benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları

4.4.5.2. EKMA'lar için BMSDUA test süreci

Benzetimi yapılan 144 EKMA'nın içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 14 anten eğitilen BMSDUA modelinin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.70'den görüldüğü gibi test için kullanılan 14 antenin rezonans frekansı değerleri ile BMSDUA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.385 olarak elde edilmiştir.

BMSDUA modelinin doğruluğunu benzetim verilerinin dışında test etmek amacıyla Çizelge 4.71'de parametreleri verilen, gerçekleştirilen anten verileri de kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Çizelge 4.70. Test sonucunda BMSDUA ile belirlenen rezonans frekans değerleri

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansları (GHz)		Yüzdellik hata (%)
	L	W	l	w	h		Benzetim	BMSDUA	H_{BMSDUA}
1	25	20	6	4	1.57	2.33	3.490	3.504	0.066
2	25	20	4	8	1.57	2.33	2.970	2.971	0.071
3	25	20	8	4	1.57	2.33	3.524	3.566	0.516
4	25	20	6	4	1.57	4.5	2.587	2.586	0.332
5	25	20	2	12	1.57	6.15	1.597	1.615	0.382
6	32.5	25	7.5	5	2.5	2.33	2.660	2.671	0.560
7	32.5	25	2.5	10	2.5	4.5	1.739	1.746	0.615
8	32.5	25	7.5	20	2.5	4.5	1.170	1.170	1.103
9	32.5	25	7.5	20	2.5	6.15	1.009	1.008	0.644
10	40	30	3	20	3.17	2.33	1.500	1.499	0.533
11	40	30	3	26	3.17	4.5	0.899	0.890	1.446
12	25	20	8	8	1.57	4.5	2.310	2.311	0.403
13	40	30	3	6	3.17	6.15	1.400	1.395	0.371
14	40	30	9	12	3.17	6.15	1.220	1.222	0.279
OYH									0.385

Çizelge 4.71. Gerçeklenen EKMA için benzetim, ölçüm ve BMSDUA sonuçları

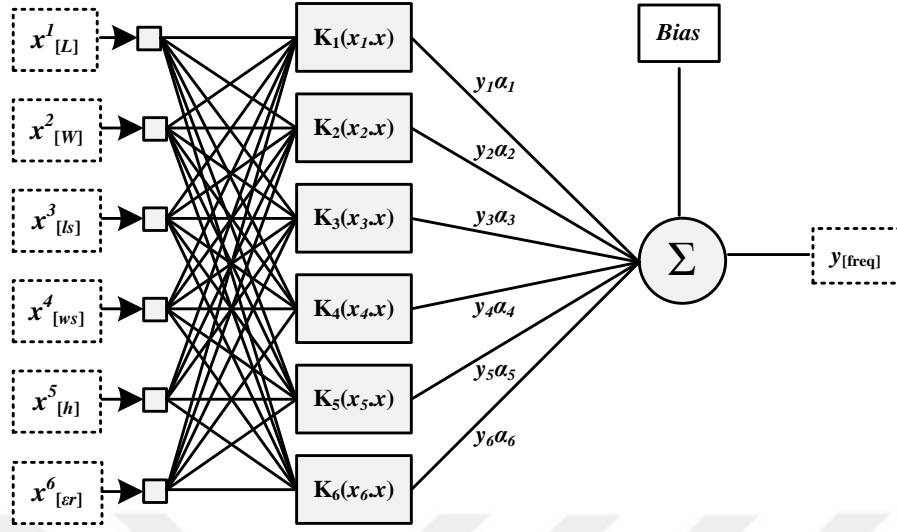
Anten	Yama Boyutları (mm)				Besleme Noktası		Rezonans Frekansları (GHz)		
	L	W	l	w	x_f	y_f	Benzetim	Ölçüm	BMSDUA
EKMA*	25.00	20.00	7.47	13.03	6.45	14.23	2.400	2.407	2.394
DMA	39.85	32.35	—	—	31.07	26.3	2.400	—	—
DMA	25.00	20.00	—	—	17.64	16.63	3.759	—	—

$h=1.57$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

4.4.6. EKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için DVM'nin Kullanılması

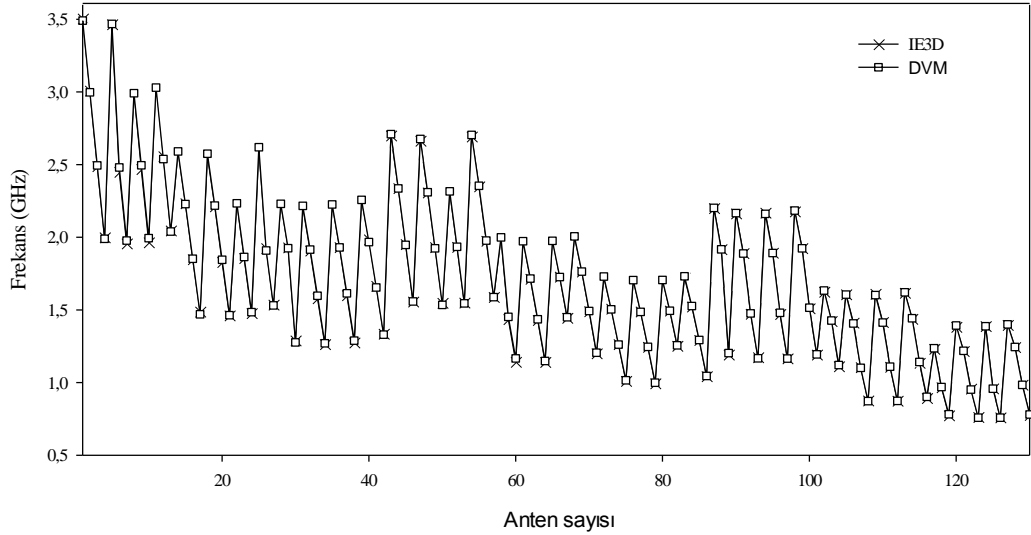
4.4.6.1. EKMA'lar için DVM eğitim süreci

144 EKMA'dan 130'unun anten parametreleri (L , W , l , w , h ve ϵ_r) DVM modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. Şekil 4.37'de EKMA'nın rezonans frekans hesabı için kullanılan DVM modeli görülmektedir. DVM modelinde, ceza parametresi (C), etkilenmeyen kayıp faktörü (epsilon- ξ) sırasıyla 100000 ve 0.001 olarak alınmıştır. DVM'de çekirdek fonksiyonu olarak, gamma gaussian çekirdek fonksiyonu kullanılmıştır. Burada σ çekirdek fonksiyon katsayısı 28 olarak alınmıştır.



Şekil 4.37. EKMA'nın rezonans frekans hesabı için kullanılan DVM Modeli

Şekil 4.38'de görüldüğü gibi IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile DVM'nin hesapladığı rezonans frekans değeri iyi bir uyum içerisindedir OYH değeri % 0.387 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.38. EKMA için benzetim ve DVM karşılaştırmalı sonuçları

4.4.6.2. EKMA'lar için DVM test süreci

Benzetimleri yapılan 144 EKMA içinden eğitimde kullanılmayan 14 anten, eğitilen DVM'nin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.72'den görüldüğü gibi test için kullanılan 14 antenin rezonans frekans değeri ile DVM'nin hesapladığı

rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.480 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.72. EKMA test verileri için DVM ile hesaplanan rezonans frekans değerleri

Anten sayısı	Yama boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansları (GHz)		Yüzdellik hata (%)
	L	W	l	w	h		Benzetim	DVM	
1	25	20	6	4	1.57	2.33	3.490	3.473	0.487
2	25	20	4	8	1.57	2.33	2.970	2.981	0.357
3	25	20	8	4	1.57	2.33	3.524	3.504	0.555
4	25	20	6	4	1.57	4.5	2.587	2.585	0.069
5	25	20	2	12	1.57	6.15	1.597	1.604	0.455
6	32.5	25	7.5	5	2.5	2.33	2.660	2.675	0.558
7	32.5	25	2.5	10	2.5	4.5	1.739	1.735	0.209
8	32.5	25	7.5	20	2.5	4.5	1.170	1.163	0.628
9	32.5	25	7.5	20	2.5	6.15	1.009	1.009	0.016
10	40	30	3	20	3.17	2.33	1.500	1.505	0.311
11	40	30	3	26	3.17	4.5	0.899	0.899	0.054
12	25	20	8	8	1.57	4.5	2.310	2.275	1.531
13	40	30	3	6	3.17	6.15	1.400	1.419	1.323
14	40	30	9	12	3.17	6.15	1.220	1.222	0.164
OYH									0.480

DVM modelinin doğruluğu göstermek için ayrıca gerçekleştirilen EKMA'ya ait verilerde kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.73'de görülmektedir.

Çizelge 4.73. Gerçeklenen anten verileri için benzetim, ölçüm, ve DVM'den elde edilen sonuçlar

Anten	Yama Boyutları (mm)				Besleme Noktası		Rezonans Frekansları (GHz)		
	L	W	l	w	x_f	y_f	Benzetim	Ölçüm	DVM
EKMA*	25.00	20.00	7.47	13.03	6.45	14.23	2.400	2.407	2.396
DMA	39.85	32.35	—	—	31.07	26.3	2.400	—	—
DMA	25.00	20.00	—	—	17.64	16.63	3.759	—	—

$h=1.57$ mm, $\epsilon_r=2.33$, $\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

4.4.7. EKMA'lar için YSA, BMSDUA ve DVM Sonuçlarının Karşılaştırılması

Benzetimini yaptığımız EKMA'ların besleme noktaları, literatürde [Neog vd., 2006; Günel, 2011] çalışılan EKMA'ların besleme noktalarından farklı bölgede seçildiğinden, bu çalışmalar YSA, BMSDUA ve DVM modellerinin başarısını ve

doğruluğunu test etmek adına kullanılamamıştır. Literatürde [Neog vd., 2006; Günel, 2011] tercih edilen besleme noktası ile EKMA'ların rezonans frekans değerleri aynı boyuttaki DMA'lara göre daha büyük olmuştur. Bu tez çalışmasında ise MA'ları kompakt hale getirirken daha küçük boyutlu antenler gerçekleştirmek amaçlanmıştır.

Literatürde EKMA'ların rezonans frekansı hesabı için bir sürü zekası optimizasyon algoritması olan yapay arı koloni (artificial bee colony - ABC) algoritması kullanılarak etkin uzunluk ifadesi için formülasyon çalışması mevcuttur [Toktaş ve Akdağlı, 2012]. Çizelgeler 4.74 ve 4.75'de YSA, BMSDUA ve DVM modelleri ile elde edilen sonuçlar hem kendi aralarında hem de literatürdeki formülasyon ile karşılaştırılmıştır. Bu çizelgelerden görüldüğü üzere YSA, BMSDUA ve DVM modellerimiz EKMA'ların rezonans frekansı hesabı için başarılı bir şekilde kullanılacağını göstermiştir. Çizelge 4.75'de görüldüğü üzere modellerimiz ile elde edilen sonuçlar literatürdeki formülasyon sonuçlarından da daha iyidir. Modellerimiz kendi aralarında karşılaştırıldığında en iyi sonucu BMSDUA modelinin verdiği görülmektedir.

Çizelge 4.74. YSA, BMSDUA, DVM ve [*] ile hesaplanan rezonans frekans değerleri

Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansları (GHz)				
L	W	l	w	h	ϵ_r	Benz.	For. [*]	YSA	BMSDUA	DVM
25	20	6	4	1.57	2.33	3.490	3.474	3.492	3.470	3.473
25	20	4	8	1.57	2.33	2.970	3.005	2.972	2.979	2.981
25	20	8	4	1.57	2.33	3.524	3.548	3.542	3.530	3.504
25	20	6	4	1.57	4.5	2.587	2.592	2.578	2.575	2.585
25	20	2	12	1.57	6.15	1.597	1.594	1.603	1.596	1.604
32.5	25	7.5	5	2.5	2.33	2.660	2.646	2.675	2.683	2.675
32.5	25	2.5	10	2.5	4.5	1.739	1.750	1.728	1.752	1.735
32.5	25	7.5	20	2.5	4.5	1.170	1.159	1.157	1.172	1.163
32.5	25	7.5	20	2.5	6.15	1.009	0.995	1.003	1.006	1.009
40	30	3	20	3.17	2.33	1.500	1.489	1.492	1.499	1.505
40	30	3	26	3.17	4.5	0.899	0.890	0.886	0.899	0.899
25	20	8	8	1.57	4.5	2.310	2.293	2.301	2.296	2.275
40	30	3	6	3.17	6.15	1.400	1.406	1.405	1.403	1.419
40	30	9	12	3.17	6.15	1.220	1.218	1.223	1.226	1.222

*[Toktaş ve Akdağlı, 2012]

Çizelge 4.75. EKMA için YSA, BMSDUA, DVM ve [Toktaş ve Akdağlı, 2012] ile hesaplanan hata değerleri

Formül [*]	Yüzdelik hatalar (%)		
	YSA	BMSDUA	DVM
0.455	0.066	0.573	0.487
1.188	0.071	0.300	0.357
0.668	0.516	0.176	0.555
0.185	0.332	0.456	0.069
0.215	0.382	0.069	0.455
0.513	0.560	0.850	0.558
0.628	0.615	0.759	0.209
0.952	1.103	0.179	0.628
1.413	0.644	0.268	0.016
0.744	0.533	0.040	0.311
1.013	1.446	0.044	0.054
0.719	0.403	0.615	1.531
0.437	0.371	0.243	1.323
0.203	0.279	0.484	0.164
OYH	0.667	0.523	0.361

*[Toktaş ve Akdağlı, 2012]

4.5. HKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA ve BMSDUA KULLANILARAK HESAPLANMASI

4.5.1. HKMA'ların Benzetim Süreci

Farklı fiziksel ve elektriksel parametrelere sahip HKMA'ların rezonans frekansı (f_{XFDTD}), XFDTD ile belirlenmiştir. Benzetimde kullanılan 216 antenin iletken yama boyutları ve dielektrik sabitleri Çizelge 4.76'da verilmiştir.

Çizelge 4.76. Benzetimi yapılan HKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri

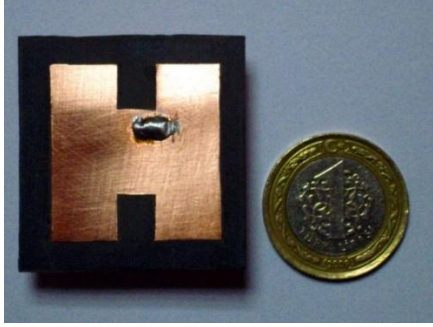
Benzetim sayısı	Anten boyutları (mm)					
	L	W	l	w	h	ϵ_r
4x56	30	30	6; 14; 22	6; 14; 22	1.59; 2.12	2.5; 4.5; 10.2
	40	30	10; 20; 30	6; 14; 22	1.59; 2.12	2.5; 4.5; 10.2
	40	40	10; 20; 30	10; 20; 30	1.59; 2.12	2.5; 4.5; 10.2
	50	50	12.5; 25; 37.5	12.5; 25; 37.5	1.59; 2.12	2.5; 4.5; 10.2

4.5.2. HKMA'nın Gerçeklenmesi

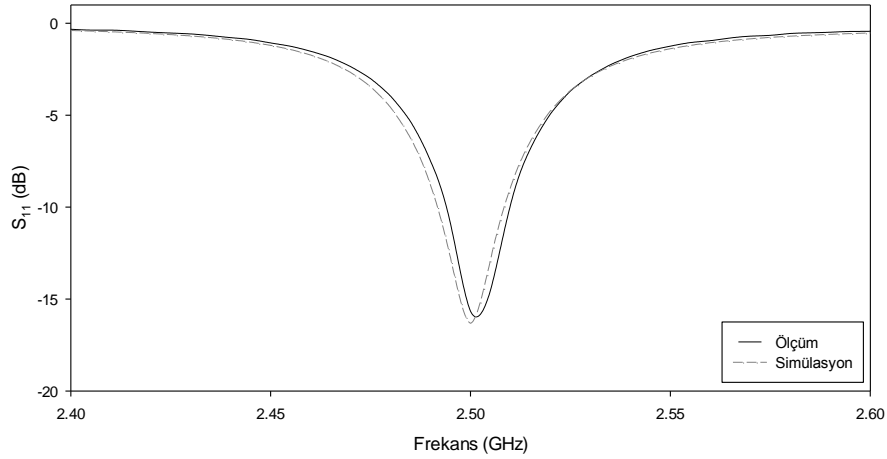
HKMA'nın rezonans frekansı hesabında kullanılan YSA ve BMSDUA modellerini, benzetim verilerinin dışında test etmek amacıyla, Rogers™ RT/duroid 5870 malzemesi kullanarak, Çizelge 4.77'de anten parametreleri verilen HKMA gerçekenmiştir ve HKMA'nın fotoğrafı Şekil 4.39'da görülmektedir. Şekil 4.40'da verilen geriye dönme kaybı eğrisi, Agilent E5071B ENA Series RF network analizör ile ölçülerek antenin rezonans frekansı belirlenmiştir.

Çizelge 4.77. Gerçeklenen HKMA'nın benzetim ve ölçüm sonuçları

Anten	Anten boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansları (GHz)	
	L	W	l	w	h		Benzetim	Ölçüm
HKMA	30.02	29	6.5	15	1.57	2.33	2.500	2.505

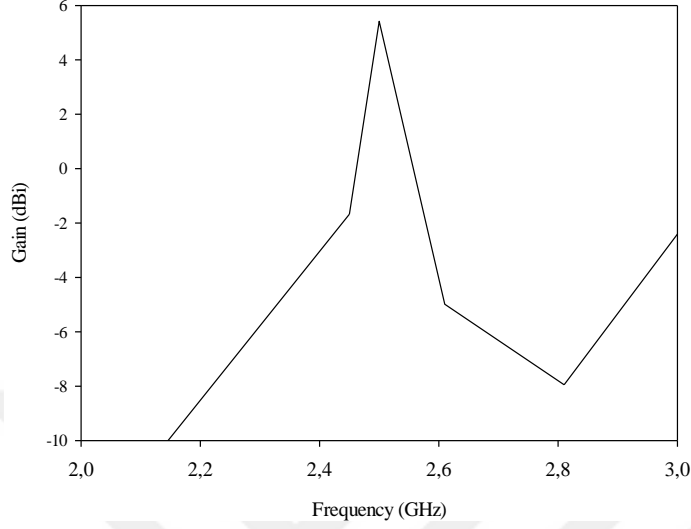


Şekil 4.39. Gerçeklenen HKMA'nın fotoğrafı



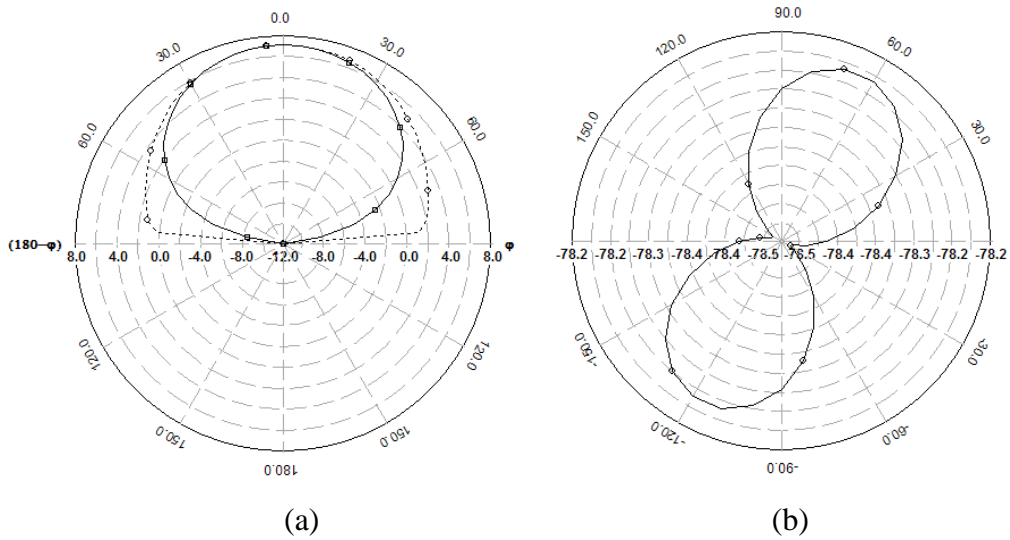
Şekil 4.40. Gerçeklenen HKMA'ya ait geriye dönme kaybı (S₁₁) grafiği

Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği Şekil 4.41'de verilmiştir. Şekil 4.41'den görüldüğü gibi maksimum anten kazancı 2.505 GHz'de 5.06 dBi'dir.



Şekil 4.41. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği

2.505 GHz frekansında çalışacak şekilde gerçekleştirilen HKMA'nın benzetimi yapılan ışın diyagramları Şekil 4.42 (a)'da x-z düzlemi ($\phi = 0^\circ$) ve Şekil 4.42 (b)'de y-z düzlemi ($\phi = 90^\circ$) için verilmiştir. Işın modeli çok iyi bir performansa sahip olduğunu ve y-z düzleminde çok yönlü bir ışın karakteristiğine yakın bir model sergilediğini göstermektedir.

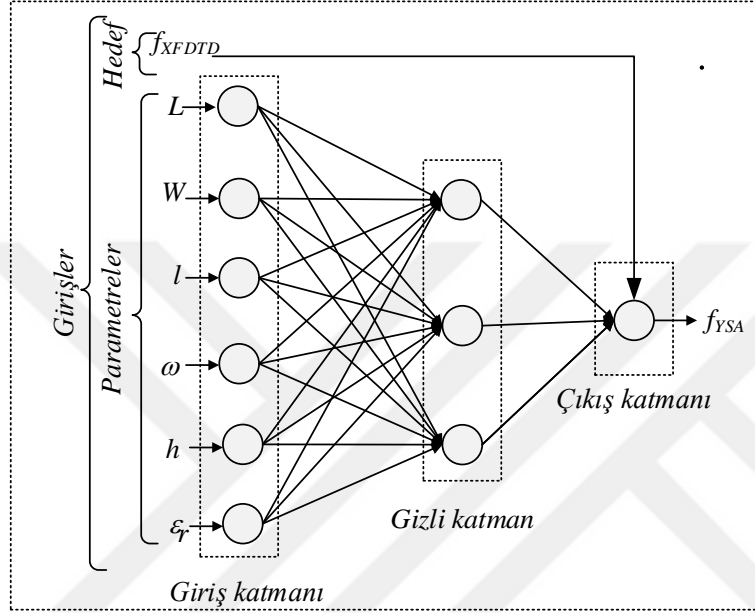


Şekil 4.42. a) HKMA için $\phi = 0^\circ$ (x-z düzlemi) ve $\phi = 90^\circ$ 'de (y-z düzlemi) E_θ 'nin ışın örüntüleri b) HKMA için $\theta = 90^\circ$ 'de (x-y düzlemi) E_ϕ 'nin ışın örüntüleri

4.5.3. HKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması

4.5.3.1. HKMA'lar için YSA eğitim süreci

HKMA'ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA modeli Şekil 4.43'de görüldüğü gibi 3 nöronlu 1 gizli katmandan oluşmaktadır. Burada f_{YSA} , YSA modelinin hesapladığı rezonans frekansını temsil etmektedir.



Şekil 4.43. HKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan YSA modeli

Benzetimi yapılan 216 antenin rezonans frekans değeri için 196'sı YSA modelinin eğitiminde kullanılmıştır. Eğitilen YSA modeli için kullanılan ağ parametreleri Çizelge 4.78'de verilmiştir. 196 adet eğitim verisi için ortalama yüzde hata değeri % 0.68 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.78. HKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan YSA ağ parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	250
Seed değeri	1977717485
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.01
Maksimum μ değeri	10^{10}

4.5.3.2. HKMA'lar için YSA test süreci

Benzetimi yapılan 216 antenin içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 20 anten, eğitilen YSA'nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.79'dan görüldüğü gibi test için kullanılan 20 antenin rezonans frekansı değerleri ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.84 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.79. HKMA için test sürecinde YSA ile belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Anten boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansı (GHz)		Yüzdelerik Hata (%)
	L	W	l	w	h		Benzetim	YSA	H_{YSA}
1	30	30	6	14	1.59	2.5	1.645	1.648	0.182
2	30	30	14	6	1.06	2.5	2.389	2.373	0.669
3	30	30	22	6	0.53	2.5	2.866	2.869	0.104
4	30	30	22	14	1.59	10.2	1.380	1.359	1.521
5	30	30	22	22	1.59	4.5	2.123	2.122	0.047
6	30	40	10	6	2.12	2.5	1.751	1.750	0.057
7	30	40	20	6	1.59	2.5	2.282	2.284	0.087
8	30	40	30	22	1.59	2.5	2.760	2.776	0.579
9	30	40	20	14	0.53	2.5	2.176	2.187	0.505
10	30	40	10	14	1.59	4.5	1.274	1.241	2.590
11	40	40	10	30	2.12	2.5	1.433	1.438	0.348
12	40	40	20	10	1.59	2.5	1.805	1.795	0.554
13	40	40	30	20	1.06	2.5	2.070	2.069	0.048
14	40	40	10	20	0.53	2.5	1.327	1.329	0.150
15	40	40	10	30	1.59	10.2	0.743	0.728	2.018
16	50	50	12.5	12.5	2.12	2.5	1.114	1.118	0.359
17	50	50	12.5	25	1.59	2.5	1.061	1.073	1.131
18	50	50	12.5	37.5	1.06	2.5	1.167	1.154	1.114
19	50	50	37.5	12.5	0.53	2.5	1.698	1.699	0.058
20	50	50	37.5	37.5	1.59	10.2	0.849	0.889	4.711
OYH									0.840

HKMA rezonans frekansı hesabı için oluşturulan YSA modeli, benzetim verilerinin dışında kendi gerçekleştirdiğimiz HKMA verileri ile de test edilmiştir. Test neticesinde elde edilen sonuç Çizelge 4.80'de görülmektedir.

Çizelge 4.80. Gerçeklenen HKMA'nın benzetim, ölçüm ve YSA sonuçları

Anten boyutları (mm)						Rezonans frekansları (GHz)			Yüzdelerik Hata (%)
L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	Ölçüm	YSA	
29	30.02	15	6.5	1.57	2.33	2.500	2.505	2.535	1.200

Yukarıda verilen sonuçlar, oluşturulan YSA modelinin, HKMA rezonans frekansının belirlenmesi üzerinde başarılı olduğunu göstermektedir. YSA'nın doğruluğunun ve geçerliliğinin, sadece XFDTD ile yapılan benzetim sonuçları ve deneysel sonuç ile sınırlı olmadığını göstermek amacıyla literatürde sunulan benzetim [Gao vd., 2001] ve deneysel [Sheta vd., 2002] verileri için de YSA modeli test edilmiştir. Test işlemi sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.81'de gösterilmiştir. Literatürde [Akdağlı ve Toktaş, 2010] verilen rezonans frekansı ifadesi ile hesaplanan rezonans frekansı değerleri de Çizelge 4.81'de verilmiştir. OYH değerleri, literatürde [Akdağlı ve Toktaş, 2010] sunulan formülasyon için % 1.73 olarak elde edilirken bu çalışmada önerilen YSA modeli için % 1.18 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.81. HKMA'nın benzetim [Gao vd., 2001] ve ölçüm [Sheta vd., 2002] verileri için YSA ile elde edilen rezonans frekansları

Anten sayısı	Anten boyutları (mm)				ϵ_r	Rezonans frekansları (GHz)			Yüzdeler hata (%)	
	L	W	l	w		[*],[Δ]	YSA	[+]	YSA	[+]
1	54.6	33	33	26	2.5	1.740*	1.741	1.774	0.058	1.954
2	54.6	33	10	26	2.5	1.140*	1.132	1.107	0.702	2.895
3	32.69	33	15	4.09	2.5	2.170*	2.216	2.270	2.120	4.608
4	43.59	33	15	14.99	2.5	1.590*	1.586	1.613	0.252	1.447
5	49.04	33	15	20.44	2.5	1.410*	1.423	1.436	0.922	1.844
6	54.6	33	15	26	2.5	1.290*	1.309	1.298	1.473	0.620
7	35.54	33	15	26	2.5	1.970*	2.013	2.022	2.183	2.640
8	45.08	33	15	26	2.5	1.550*	1.590	1.574	2.581	1.548
9	64.16	33	15	26	2.5	1.130*	1.115	1.109	1.327	1.858
10	75	33	15	26	2.5	0.960*	0.971	0.955	1.146	0.521
11	54.6	23	15	26	2.5	1.510*	1.479	1.498	2.053	0.795
12	54.6	28	15	26	2.5	1.390*	1.391	1.390	0.072	0.000
13	24	38	11	8	2.2	2.190 Δ	2.200	2.199	0.411	1.781
OYH									1.180	1.730

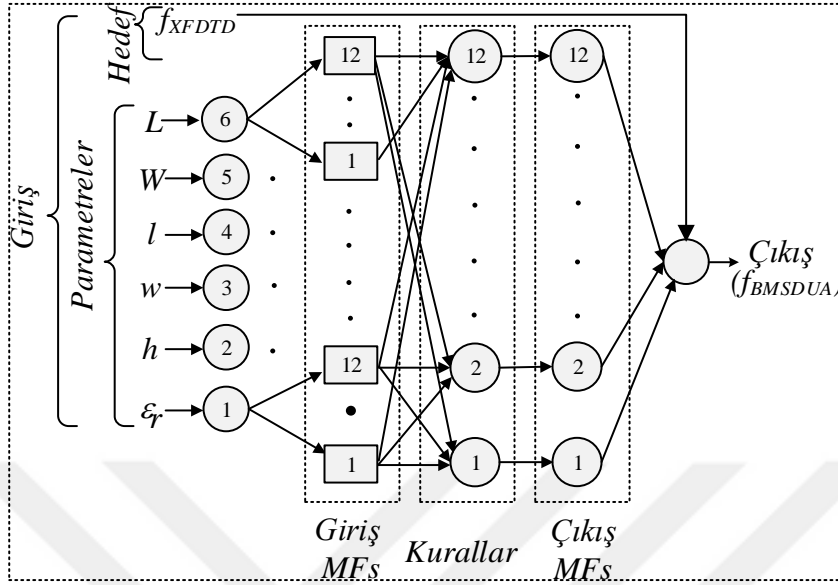
$h = 1.59$ mm, * [Gao vd., 2001], Δ [Sheta vd., 2002], + [Akdağlı ve Toktaş, 2010]

4.5.4. HKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması

4.5.4.1. HKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci

HKMA'nın rezonans frekansı hesabı için Şekil 4.44'de gösterilen sugeno yapılı BMSDUA modeli kullanılmıştır. BMSDUA modelinde benzetimi yapılan 216 HKMA'nın rezonans frekansı değerlerinin 196'sı BMSDUA modelinin eğitiminde

kullanılmıştır. BMSDUA modeli için kullanılan ağ parametreleri Çizelge 4.82’de verilmiştir.



Şekil 4.44. HKMA’ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli

Çizelge 4.82. HKMA rezonans frekansı hesabı için kullanılan BMSDUA ağ parametreleri

Parameters	Set type/value
Giriş üyelik fonksiyon tipi	Gaussian
Çıkış üyelik fonksiyon tipi	Linear
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Bulanık kurallar sayısı	12
Üyelik fonksiyonu sayısı	12
Seed değeri	760329513
Epok sayısı	50
Etki aralığı	0.5
Sıkışma faktörü	1.25
Kabul oranı	0.5
Geri çevirme oranı	0.15
Nonlinear parameter sayısı	$6 \times 12 \times 2 = 144$
Lineer parameter sayısı	$7 \times 12 = 84$
Düğüm sayısı	233
Eğitim very çifti sayısı	96

196 HKMA’nın BMSDUA eğitim sonuçları benzetim sonuçları ile oldukça iyi bir uyum içerisindedir ve OYH değeri % 0.850 olarak hesaplanmıştır.

4.5.4.2. HKMA'lar için BMSDUA test süreci

BMSDUA'nın başarısını göstermek için, eğitim verilerinin dışında kalan 20 anten test için kullanılmıştır. Çizelge 4.83'de de görüldüğü üzere BMSDUA sonuçları ile benzetim sonuçları iyi bir uyum içerisindedir ve OYH değeri % 1.370 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.83. HKMA'da test verileri için elde edilen rezonans frekansları

Anten sayısı	Anten boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansı (GHz)		Yüzdelerik hata (%)
	L	W	l	w	h		Benzetim	BMSDUA	H _{BMSDUA}
1	30	30	6	14	1.59	2.5	1.645	1.705	3.672
2	30	30	14	6	1.06	2.5	2.389	2.383	0.251
3	30	30	22	6	0.53	2.5	2.866	2.874	0.279
4	30	30	22	14	1.59	10.2	1.380	1.435	3.986
5	30	30	22	22	1.59	4.5	2.123	2.151	1.324
6	30	40	10	6	2.12	2.5	1.751	1.752	0.080
7	30	40	20	6	1.59	2.5	2.282	2.288	0.276
8	30	40	30	22	1.59	2.5	2.760	2.752	0.286
9	30	40	20	14	0.53	2.5	2.176	2.190	0.662
10	30	40	10	14	1.59	4.5	1.274	1.259	1.162
11	40	40	10	30	2.12	2.5	1.433	1.442	0.635
12	40	40	20	10	1.59	2.5	1.805	1.808	0.144
13	40	40	30	20	1.06	2.5	2.070	2.080	0.459
14	40	40	10	20	0.53	2.5	1.327	1.337	0.716
15	40	40	10	30	1.59	10.2	0.743	0.684	7.954
16	50	50	12.5	12.5	2.12	2.5	1.114	1.118	0.350
17	50	50	12.5	25	1.59	2.5	1.061	1.070	0.801
18	50	50	12.5	37.5	1.06	2.5	1.167	1.172	0.420
19	50	50	37.5	12.5	0.53	2.5	1.698	1.708	0.565
20	50	50	37.5	37.5	1.59	10.2	0.849	0.878	3.392
OYH									1.370

Bu sonuçlar, BMSDUA'nın UHF bandında çalışan HKMA'ların rezonans frekansının belirlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu sayede eğitilen ağı girişlerine farklı anten parametreleri girilerek rezonans frekansı değeri hesaplanabilir.

4.5.5. HKMA'lar için YSA ve BMSDUA Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çizelge 4.84'de YSA ve BMSDUA modelleri ile elde edilen sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır ve en iyi sonucu YSA modeli vermektedir. Bu

sonuçlardan YSA ve BMSDUA modellelerinin HKMA'ların rezonans frekansı hesabı için başarılı bir şekilde kullanılabilereği görölmektedir.

Çizelge 4.84. HKMA'lar için YSA ve BMSDUA modellerinin karşılaştırmalı sonuçları

Anten	Rezonans frekansları (GHz)			Yüzdelik hata %	
	Benzetim	YSA	BMSDUA	H _{YSA}	H _{BMSDUA}
1	1.645	1.648	1.705	0.182	3.672
2	2.389	2.373	2.383	0.669	0.251
3	2.866	2.869	2.874	0.104	0.279
4	1.380	1.359	1.435	1.521	3.986
5	2.123	2.122	2.151	0.047	1.324
6	1.751	1.750	1.752	0.057	0.080
7	2.282	2.284	2.288	0.087	0.276
8	2.760	2.776	2.752	0.579	0.286
9	2.176	2.187	2.190	0.505	0.662
10	1.274	1.241	1.259	2.590	1.162
11	1.433	1.438	1.442	0.348	0.635
12	1.805	1.795	1.808	0.554	0.144
13	2.070	2.069	2.080	0.048	0.459
14	1.327	1.329	1.337	0.150	0.716
15	0.743	0.728	0.684	2.018	7.954
16	1.114	1.118	1.118	0.359	0.350
17	1.061	1.073	1.070	1.131	0.801
18	1.167	1.154	1.172	1.114	0.420
19	1.698	1.699	1.708	0.058	0.565
20	0.849	0.889	0.878	4.711	3.392
OYH				0.840	1.370

4.6. LKMA'LARIN REZONANS FREKANSININ YSA, BMSDUA ve DVM KULLANILARAK HESAPLANMASI

4.6.1. LKMA'ların Benzetim Süreci

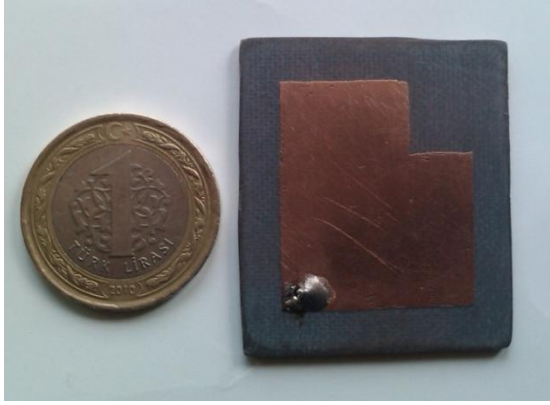
Farklı fiziksel ve elektriksel parametrelere sahip LKMA'ların rezonans frekansı (f_{IE3D}), elektromanyetik benzetim programı IE3D™ ile belirlenmiştir. Benzetimlerde kullanılan 192 antenin iletken yama boyutları ve dielektrik sabitleri izelge 4.85'de verilmiştir. LKMA rezonans frekans değerleri UHF bandında 0.78-3.23 GHz değerleri arasındadır.

Çizelge 4.85. Benzetimi yapılan LKMA'ların fiziksel ve elektriksel parametreleri

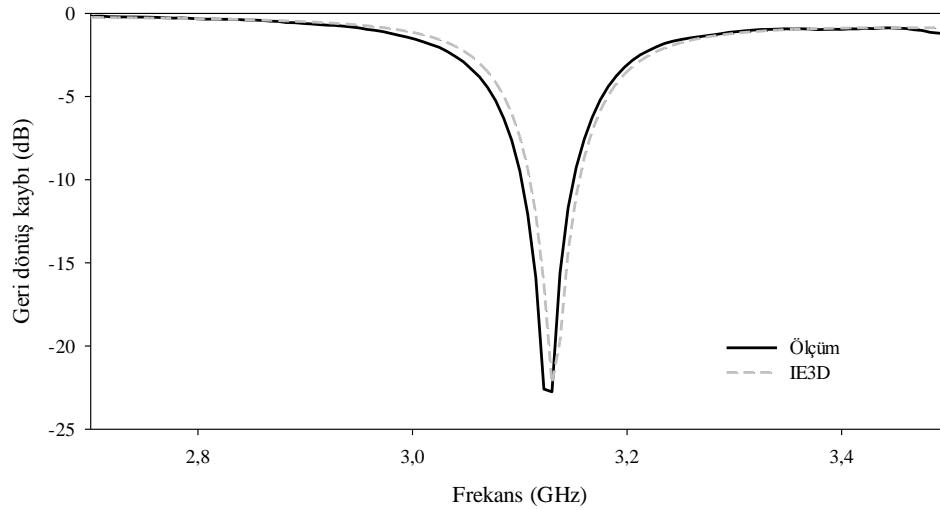
Benzetim sayısı	Yama boyutları (mm)					ϵ_r
	L	W	l	w	h	
3 x 64	30	25	10, 15, 20, 25	4, 8, 12, 16	1.57	2.33, 4.5, 6.15, 9.8
	40	30	20, 25, 30, 35	5, 10, 15, 20	2.5	2.33, 4.5, 6.15, 9.8
	50	35	30, 35, 40, 45	6, 12, 18, 24	3.17	2.33, 4.5, 6.15, 9.8

4.6.2. LKMA'nın Gerçeklenmesi

Bu tez çalışmasında Rogers™ RT/duroid 5870 malzemesi kullanarak Şekil 4.45'de gösterilen LKMA gerçekleştirilmiştir. Rezonans frekansı Agilent E5071B ENA Series RF network analizatörü ile ölçülmüştür. Şekil 4.46 ve Çizelge 4.86'dan görüldüğü gibi benzetim ve ölçüm sonucu uyum içerisindedir. Çizelge 4.86 aynı zamanda aynı boyutlardaki DMA benzetim sonuçlarını da içerir. Gerçeklenen LKMA'nın boyutları DMA'ya göre % 4.35 azalmıştır.



Şekil 4.45. Gerçeklenen LKMA'nın fotoğrafı



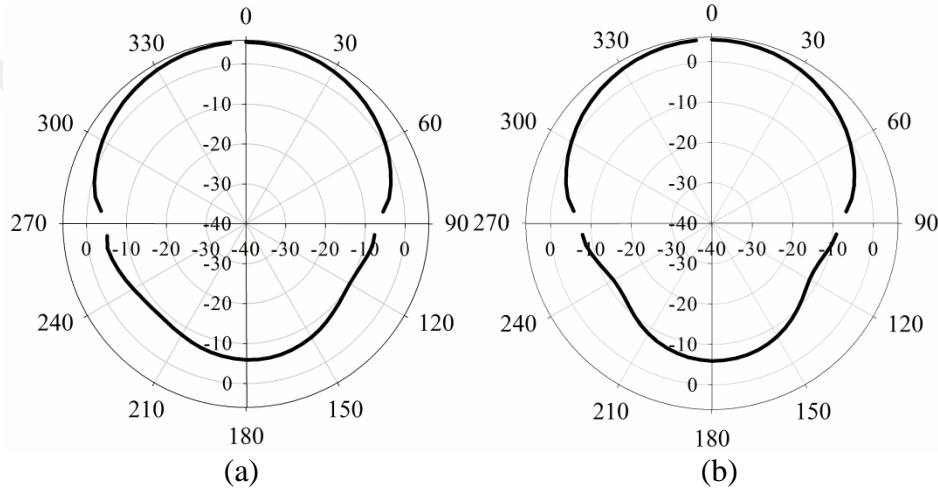
Şekil 4.46. Gerçeklenen LKMA'nın geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği

Çizelge 4.86. Gerçeklenen LKMA için benzetim ve ölçüm sonuçları

	Yama boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansı (GHz)	
	L	W	l	w	h		Benzetim	Ölçüm
LKMA*	30	25	10	8	1.57	2.33	3.138	3.130
DMA	30	25	-	-	1.57	2.33	3.281	-

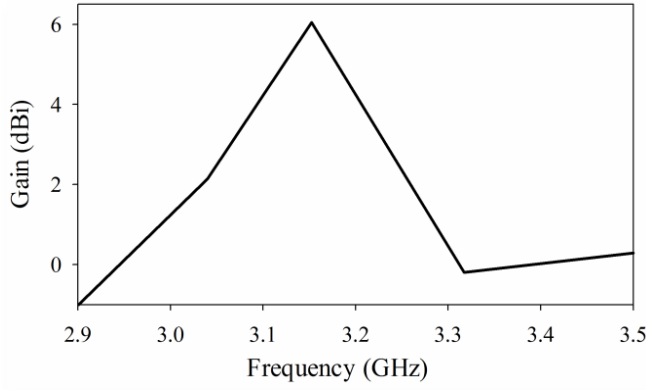
$\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

3.130 GHz frekansında çalışacak şekilde gerçekleştirilen LKMA'nın benzetimi yapılan ışın diyagramları Şekil 4.47 (a)'da x-z düzlemi ($\phi = 0^\circ$) ve Şekil 4.47 (b)'de y-z düzlemi ($\phi = 90^\circ$) için verilmiştir.



Şekil 4.47. 3.138 GHz'de gerçekleştirilen antenin benzetimi yapılan ışın diyagramı: a) x-z düzlemi ($\phi = 0^\circ$) b) y-z düzlemi ($\phi = 90^\circ$)

Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği Şekil 4.48'de verilmiştir. 3.130 GHz frekansında %80 değerini aşan ışın verimliliği ile tepe kazancı meydana gelmiştir. Kazanç 3.07-3.27 GHz bandı için 3 dBi üzerinde değişmektedir. Bu iyi radyasyon verimliliğine, düşük kayıplı dielektrik malzemenin kullanımı ile mümkün olmuştur.

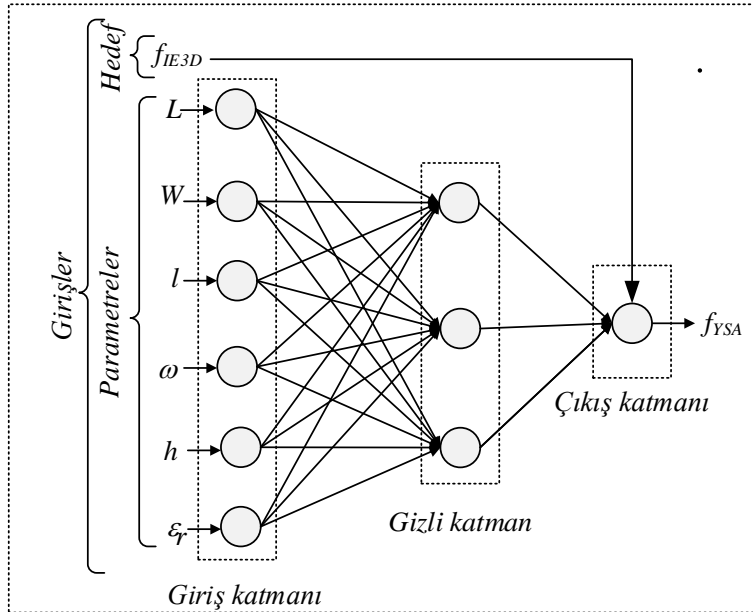


Şekil 4.48. Gerçeklenen antenin benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği

4.6.3. LKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için YSA'nın Kullanılması

4.6.3.1. LKMA'lar için YSA eğitim süreci

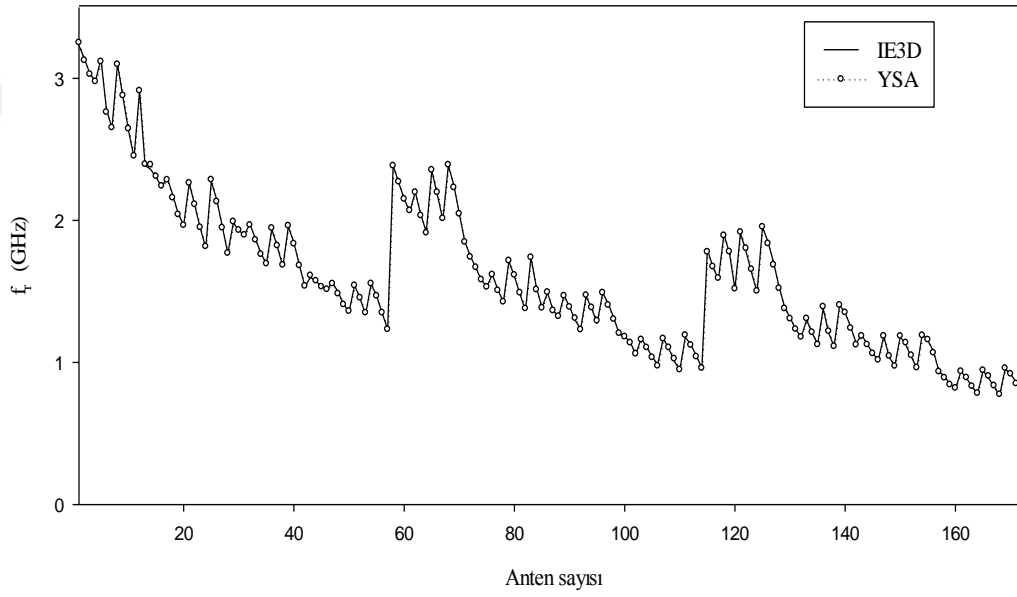
Benzetimi yapılan 192 LKMA'nın 172'si ÇKA'ya dayanan YSA modelinin eğitimi için kullanılmıştır. ÇKA'nın eğitiminde, LM algoritması tercih edilmiştir. Şekil 4.49'da görüldüğü gibi YSA modeli 3 nöronlu 1 gizli katmandan oluşmaktadır. Çizelge 4.87'de YSA modelinde kullanılan ağı parametreleri verilmiştir. Şekil 4.50'de görüldüğü gibi, $IE3D^{TM}$ ile elde edilen sonuçlar ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir ve OYH değeri % 0.345 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.49. LKMA'ların rezonans frekansı hesabında kullanılan YSA modeli

Çizelge 4.87. LKMA için YSA modelinde kullanılan ağ parametreleri

Parametreler	Değer
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Epok sayısı	250
Seed değer	1446455104
Minimum gradient azalması	10^{-10}
Momentum katsayısı (μ)	0.0001
μ değerindeki artış	4
μ değerindeki düşüş	0.1
Maksimum μ değer	10^{10}



Şekil 4.50. LKMA için eğitim neticesinde benzetim ve YSA'nın karşılaştırmalı sonuçları

4.6.3.2. LKMA'lar için YSA test süreci

Benzetimi yapılan 196 antenin içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 20 anten, eğitilen YSA'nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.88'de görüldüğü gibi test için kullanılan 20 antenin rezonans frekansı değerleri ile YSA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değer % 0.533 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.88. YSA ile test sürecinde belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama Boyutları (mm)						Rezonans Frekansı (GHz)		Yüzdelerik Hata (%)
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	YSA	Hata _{YSA}
1	30	25	15	8	1.57	2.33	2.969	2.959	0.328
2	30	25	25	4	1.57	2.33	3.128	3.125	0.116
3	30	25	25	12	1.57	2.33	2.640	2.650	0.371
4	30	25	10	16	1.57	4.5	2.200	2.216	0.714
5	30	25	10	4	1.57	6.15	2.013	2.031	0.899
6	30	25	20	16	1.57	6.15	1.563	1.556	0.448
7	30	25	20	16	1.57	9.8	1.244	1.246	0.181
8	40	30	25	5	2.5	2.33	2.359	2.345	0.605
9	40	30	30	20	2.5	2.33	1.844	1.837	0.382
10	40	30	25	5	2.5	4.5	1.713	1.716	0.187
11	40	30	35	10	2.5	4.5	1.650	1.647	0.164
12	40	30	20	10	2.5	6.15	1.432	1.423	0.634
13	40	30	30	20	2.5	6.15	1.183	1.189	0.507
14	40	30	20	15	2.5	9.8	1.090	1.093	0.306
15	50	35	30	6	3.17	2.33	1.904	1.944	2.061
16	50	35	35	18	3.17	2.33	1.635	1.618	1.008
17	50	35	35	6	3.17	4.5	1.380	1.376	0.254
18	50	35	40	12	3.17	4.5	1.303	1.305	0.170
19	50	35	35	12	3.17	6.15	1.114	1.110	0.358
20	50	35	45	24	3.17	6.15	0.983	0.993	0.968
OYH									0.533

YSA'nın doğruluğunu ve geçerliliğini göstermek için ayrıca hem gerçekleştirdiğimiz LKMA hem de literatürde [Chen, 2000] verilen LKMA benzetim ve ölçüm değerleri içinde test işlemi gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları Çizelge 4.89'da verilmiştir.

Çizelge 4.89. Gerçeklenen ve literatürdeki [Chen, 2000] LKMA benzetim ve ölçüm sonuçları ile YSA sonuçlarının karşılaştırması

	Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansı GHz)		
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	Ölçüm	YSA
Gerçeklenen*	30	25	10	8	1.57	2.33	3.138	3.130	3.121
[Chen, 2000]	50	45	22	20	8	1.07	-	2.750	2.738

$\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

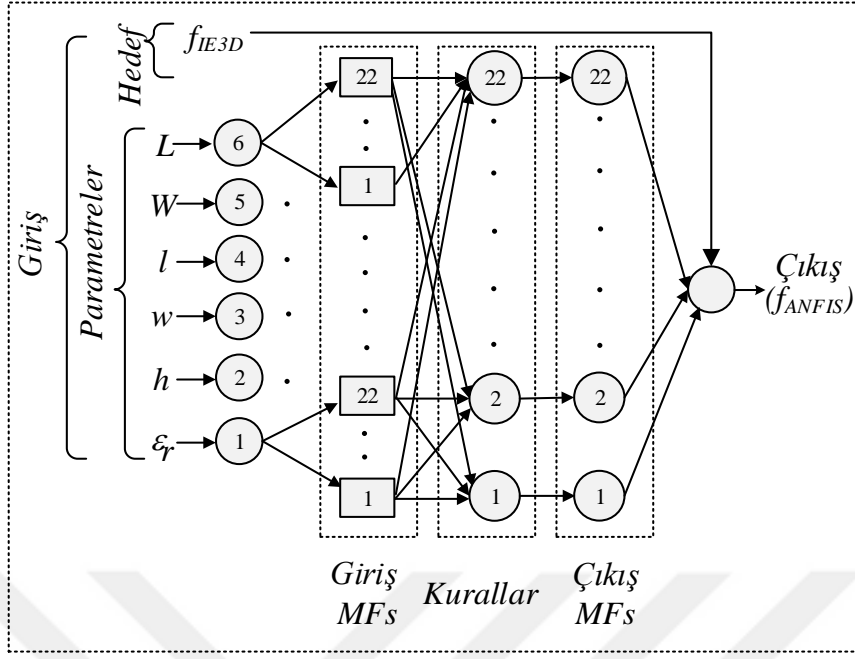
4.6.4. LKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için BMSDUA'nın Kullanılması

4.6.4.1. LKMA'lar için BMSDUA eğitim süreci

Benzetimi yapılan 196 LKMA'nın 172'si BMSDUA ağına eğitimi için kullanılmıştır. BMSDUA ağında hybrid öğrenme algoritması kullanılmıştır. Kullanılan ağı parametreleri Çizelge 4.90'da, kullanılan BMSDUA modeli de Şekil 4.51'de görülmektedir.

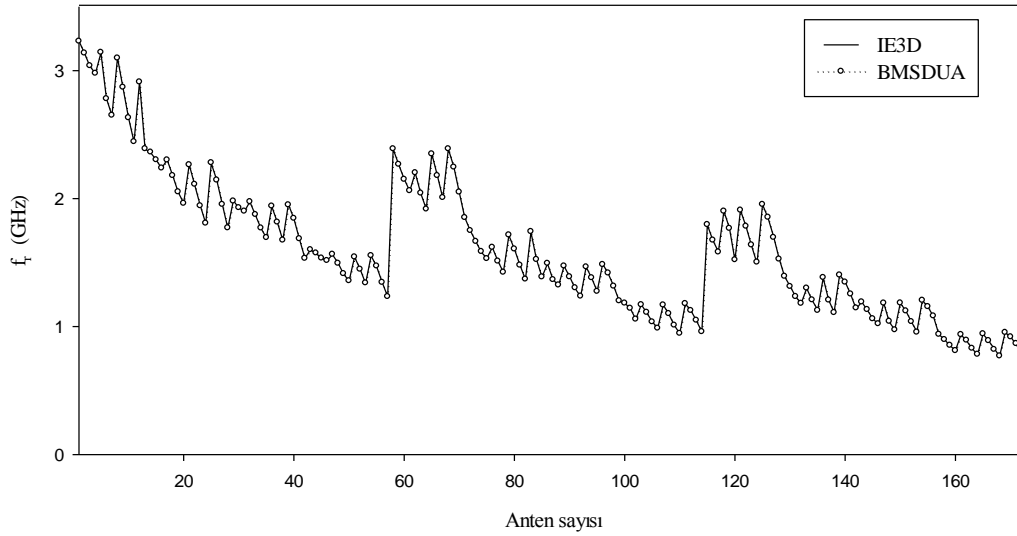
Çizelge 4.90. LKMA rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA ağı parametreleri

Parameters	Set type/value
Giriş üyelik fonksiyon tipi	Gaussian
Çıkış üyelik fonksiyon tipi	Linear
Giriş sayısı	6
Çıkış sayısı	1
Bulanık kurallar sayısı	42
Üyelik fonksiyonu sayısı	42
Seed değeri	713720796
Epok sayısı	100
Etki aralığı	0.5
Sıkışma faktörü	1.25
Kabul oranı	0.5
Geri çevirme oranı	0.15
Nonlinear parameter sayısı	$6 \times 22 \times 2 = 264$
Linear parameter sayısı	$7 \times 22 = 154$
Düğüm sayısı	317
Eğitim very çifti sayısı	172



Şekil 4.51. LKMA'ların rezonans frekans hesabı için kullanılan BMSDUA modeli

Şekil 4.52'de görüldüğü gibi benzetim ve eğitim sonuçları iyi bir uyum içindedir ve OYH değeri % 0.090 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.52. LKMA'lar için eğitim neticesinde benzetim ve BMSDUA'nın karşılaştırmalı sonuçları

4.6.4.2. LKMA'lar için BMSDUA test süreci

Benzetimi yapılan 196 antenin içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 20 anten, eğitilen BMSDUA'nın başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.91'de görüldüğü gibi test için kullanılan 20 antenin rezonans frekansı

değerleri ile BMSDUA'nın hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.461 olarak elde edilmiştir.

BMSDUA'nın doğruluğunu ve geçerliliğini göstermek için ayrıca hem gerçekleştirdiğimiz LKMA hem de literatürde [Chen, 2000] verilen LKMA benzetim ve ölçüm değerleri içinde test işlemi gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları Çizelge 4.92'de verilmiştir.

Çizelge 4.91. BMSDUA ile test sürecinde belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama Boyutları (mm)						Rezonans Frekansı (GHz)		Yüzdellik Hata (%)
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	BMSDUA	H _{BMSDUA}
1	30	25	15	8	1.57	2.33	2.969	2.959	0.339
2	30	25	25	4	1.57	2.33	3.128	3.137	0.277
3	30	25	25	12	1.57	2.33	2.640	2.640	0.004
4	30	25	10	16	1.57	4.5	2.200	2.204	0.195
5	30	25	10	4	1.57	6.15	2.013	2.020	0.373
6	30	25	20	16	1.57	6.15	1.563	1.564	0.096
7	30	25	20	16	1.57	9.8	1.244	1.261	1.387
8	40	30	25	5	2.5	2.33	2.359	2.361	0.086
9	40	30	30	20	2.5	2.33	1.844	1.816	1.489
10	40	30	25	5	2.5	4.5	1.713	1.725	0.718
11	40	30	35	10	2.5	4.5	1.650	1.648	0.152
12	40	30	20	10	2.5	6.15	1.432	1.429	0.215
13	40	30	30	20	2.5	6.15	1.183	1.190	0.616
14	40	30	20	15	2.5	9.8	1.090	1.101	0.976
15	50	35	30	6	3.17	2.33	1.904	1.925	1.095
16	50	35	35	18	3.17	2.33	1.635	1.634	0.029
17	50	35	35	6	3.17	4.5	1.380	1.378	0.146
18	50	35	40	12	3.17	4.5	1.303	1.303	0.008
19	50	35	35	12	3.17	6.15	1.114	1.119	0.459
20	50	35	45	24	3.17	6.15	0.983	0.978	0.568
OYH									0.461

Çizelge 4.92. Gerçeklenen ve literatürdeki [Chen, 2000] LKMA benzetim ve ölçüm sonuçları ile BMSDUA sonuçlarının karşılaştırması

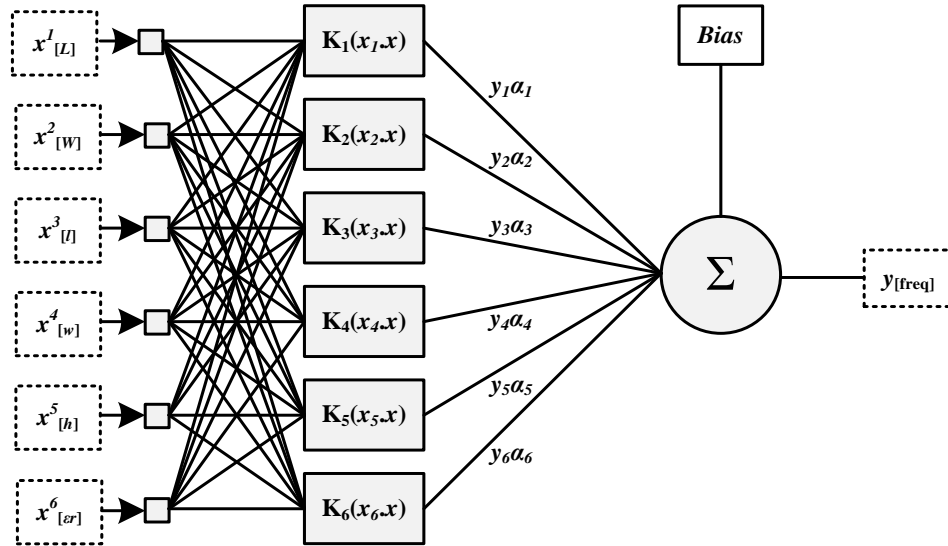
Anten	Yama boyutları (mm)					ϵ_r	Rezonans frekansı GHz)		
	L	W	l	w	h		Benzetim	Ölçüm	BMSDUA
Gerçeklenen*	30	25	10	8	1.57	2.33	3.138	3.130	3.135
[Chen, 2000]	50	45	22	20	8	1.07	-	2.750	2.765

$\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

4.6.5. LKMA'ların Rezonans Frekans Hesabı için DVM'nin Kullanılması

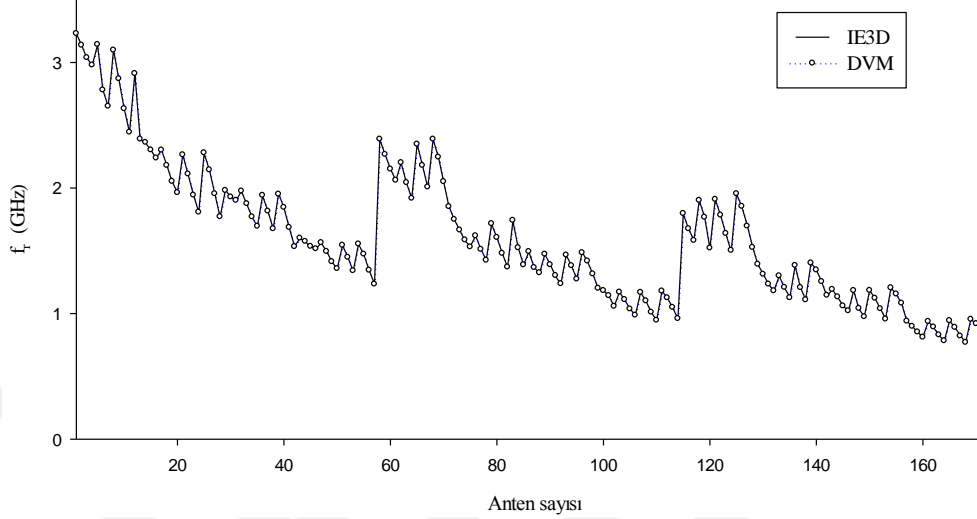
4.6.5.1. LKMA'lar için DVM eğitim süreci

192 LKMA'dan 172'sinin anten parametreleri (L , W , l , w , h ve ϵ_r) DVM modeline giriş olarak, benzetim sonucunda elde edilen rezonans frekansı (f_{IE3D}) değerleri ise hedef olarak sunulmuştur. Şekil 4.53'de LKMA'nın rezonans frekansı hesabı için kullanılan DVM modeli görülmektedir. DVM modelinde, ceza parametresi (C) ve etkilenmeyen kayıp faktörü (epsilon- ξ), sırasıyla 100000, 0.001 olarak alınmıştır. DVM'de çekirdek fonksiyonu olarak, gamma gaussian çekirdek fonksiyonu kullanılmıştır. σ çekirdek fonksiyon katsayısı 12 olarak alınmıştır.



Şekil 4.53. LKMA için DVM Modeli

Şekil 4.54'de görüldüğü gibi IE3D™ ile yapılan benzetimler neticesinde elde edilen sonuçlar ile DVM'nin hesapladığı rezonans frekansı değerleri iyi bir uyum içerisindedir OYH değeri % 0.081 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.54. LKMA için eğitim neticesinde benzetim ve DVM karşılaştırmalı sonuçları

4.6.5.2. LKMA'lar için DVM test süreci

Benzetimi yapılan 192 LKMA içinden çözüm uzayını temsil edecek şekilde seçilen 20 anten, eğitilen DVM'nin başarısını test etmek için kullanılmıştır. Çizelge 4.93'de görüldüğü gibi test için kullanılan 20 antenin rezonans frekansı değerleri ile DVM'nin hesapladığı rezonans frekansı değerleri arasındaki uyum oldukça iyidir ve test için OYH değeri % 0.439 olarak elde edilmiştir.

DVM modelinin doğruluğu göstermek için ayrıca kendimizin ve literatürde [Chen, 2000] gerçekleştirilen LKMA verileri içinde de test işlemi yapılmıştır. DVM ile elde edilen sonucun benzetim ve ölçüm sonucu ile oldukça uyumlu olduğu Çizelge 4.94'de görülmektedir.

Çizelge 4.93. LKMA'lar için DVM ile test sürecinde belirlenen rezonans frekansları

Anten sayısı	Yama Boyutları (mm)						Rezonans Frekansı (GHz)		Yüzdellik Hata (%)
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	DVM	H _{DVM}
1	30	25	15	8	1.57	2.33	2.969	2.961	0.339
2	30	25	25	4	1.57	2.33	3.128	3.099	0.277
3	30	25	25	12	1.57	2.33	2.640	2.645	0.004
4	30	25	10	16	1.57	4.5	2.200	2.214	0.195
5	30	25	10	4	1.57	6.15	2.013	2.019	0.373
6	30	25	20	16	1.57	6.15	1.563	1.554	0.096
7	30	25	20	16	1.57	9.8	1.244	1.226	1.387
8	40	30	25	5	2.5	2.33	2.359	2.365	0.086
9	40	30	30	20	2.5	2.33	1.844	1.843	1.489
10	40	30	25	5	2.5	4.5	1.713	1.726	0.718
11	40	30	35	10	2.5	4.5	1.650	1.650	0.152
12	40	30	20	10	2.5	6.15	1.432	1.429	0.215
13	40	30	30	20	2.5	6.15	1.183	1.183	0.616
14	40	30	20	15	2.5	9.8	1.090	1.113	0.976
15	50	35	30	6	3.17	2.33	1.904	1.894	1.095
16	50	35	35	18	3.17	2.33	1.635	1.635	0.029
17	50	35	35	6	3.17	4.5	1.380	1.381	0.146
18	50	35	40	12	3.17	4.5	1.303	1.302	0.008
19	50	35	35	12	3.17	6.15	1.114	1.117	0.459
20	50	35	45	24	3.17	6.15	0.983	0.981	0.568
OYH									0.439

Çizelge 4.94. Kendimiz ve literatürde [Chen, 2000] gerçekleştirilen LKMA'lar için ölçüm ve DVM ile elde edilen sonuçlar

	Yama boyutları (mm)						Rezonans frekansı GHz)		
	L	W	l	w	h	ϵ_r	Benzetim	Ölçüm	DVM
Gerçeklenen*	30	25	10	8	1.57	2.33	3.138	3.130	3.137
[Chen, 2000]	50	45	22	20	8	1.07	-	2.750	2.781

$\tan\delta=0.0012$, * Rogers™ RT/duroid 5870

4.6.6. LKMA'lar için YSA, BMSDUA ve DVM Sonuçlarının Karşılaştırılması

LKMA'ların rezonans frekansı hesabı için benzetimleri yapılan 192 antenden eğitim aşamasında ağı görmediği 20 LKMA için YSA, BMSDUA ve DVM modelleri

test edilmiştir. Modellerde elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.95’de verilmiştir. Modellerden elde edilen sonuçlardan en iyi sonucu veren modelin DVM olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.95. LKMA’lar için YSA, BMSDUA ve DVM sonuçlarının karşılaştırılması

Anten sayısı	Rezonans frekansı (GHz)				Yüzelik hata (%)		
	Benzetim	YSA	BMSDUA	DVM	YSA	BMSDUA	DVM
1	2.969	2.959	2.959	2.961	0.328	0.339	0.267
2	3.128	3.125	3.137	3.099	0.116	0.277	0.915
3	2.640	2.650	2.640	2.645	0.371	0.004	0.194
4	2.200	2.216	2.204	2.214	0.714	0.195	0.639
5	2.013	2.031	2.020	2.019	0.899	0.373	0.296
6	1.563	1.556	1.564	1.554	0.448	0.096	0.544
7	1.244	1.246	1.261	1.226	0.181	1.387	1.457
8	2.359	2.345	2.361	2.365	0.605	0.086	0.244
9	1.844	1.837	1.816	1.843	0.382	1.489	0.042
10	1.713	1.716	1.725	1.726	0.187	0.718	0.755
11	1.650	1.647	1.648	1.650	0.164	0.152	0.004
12	1.432	1.423	1.429	1.429	0.634	0.215	0.212
13	1.183	1.189	1.190	1.183	0.507	0.616	0.021
14	1.090	1.093	1.101	1.113	0.306	0.976	2.137
15	1.904	1.944	1.925	1.894	2.061	1.095	0.515
16	1.635	1.618	1.634	1.635	1.008	0.029	0.001
17	1.380	1.376	1.378	1.381	0.254	0.146	0.074
18	1.303	1.305	1.303	1.302	0.170	0.008	0.045
19	1.114	1.110	1.119	1.117	0.358	0.459	0.258
20	0.983	0.993	0.978	0.981	0.968	0.568	0.167
OYH					0.533	0.461	0.439

LKMA’ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan modeller ayrıca hem kendimizin gerçekleştirdiği hemde literatürde gerçekleşen anten sonuçları ile de karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.96’da görüldüğü üzere modellerin başarılı olduğu ve LKMA’ların rezonans frekansı hesabında kullanılabileceği görülmektedir.

Çizelge 4.96. Kendimiz ve litetürde [Chen, 2000] gerçekleşen LKMA'lar için ölçüm, YSA, BMSDUA ve DVM ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Antenler	Rezonans frekansları (GHz)				Yüzelik hatalar (%)		
	Ölçüm	YSA	BMSDUA	DVM	YSA	BMSDUA	DVM
Gerçeklenen	3.130	3.121	3.135	3.137	0.542	0.096	0.034
[Chen, 2000]	2.680	2.738	2.765	2.781	0.436	0.545	1.114

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Mobil cihazlar, hayatın vazgeçilmez parçaları haline gelmekte, tek bir cihazla onlarca işlem yapabilme ihtiyacı ile iletişim alanında kullanılan cihazlar küçülmekte ve kablosuz cihazların kullanımı artmaktadır. Boyutları küçülen cihazlardan beklenen yüksek performans beklentisi, bu cihazlarda kullanılan antenlerin de boyutlarının küçülmesini gerektirmektedir. Boyut, ağırlık, maliyet, performans, kurulum kolaylığı ve aerodinamik profil kısıtlamaları olan, yüksek performanslı uçak, uzay, uydu ve füze uygulamalarında düşük profilli antenlere ihtiyaç duyulur. Günümüzde gezgin radyo ve kablosuz haberleşme gibi birçok uygulamada da benzer özellikler vardır. Bu gereksinimleri karşılamak için MA'lar kullanılmaktadır. Bu antenler düşük profilli, düzlemsel ve düzlemsel olmayan yüzeylere uygun, modern baskı devre teknolojisi kullanıldığı için üretimi basit ve ucuz, yüzeyler üzerine monte edildiği zaman mekanik olarak sağlam ve MMIC tasarımlarla uyumlu olup belirli bir yama şekli seçildiğinde, rezonans frekansı, kutuplanma ve ışınım açısından çok çeşitlilik gösterirler.

Literatürde boyutları UHF bandı uygulamaları için nispeten büyük olan MA'lar için yapılan çalışmaların çoğu, analizlerinin kolaylığından dolayı dikdörtgen, üçgen ve daire gibi bilinen geometriler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu sebeple, bu frekanslar için bilinen geometrilere sahip MA konfigürasyonları modifiye edilmelidir. Bilinen MA'ların iletken kısımlarında modifikasyon yapmak suretiyle rezonans uzunluğunu artırarak ve bu sayede rezonans frekansını azaltarak KMA'lar elde edilmiştir. Bu yöntem ile aynı rezonans frekansı için KMA'nın iletken yama boyutu, MA'nın boyutuna göre önemli oranda küçülmektedir. MA'lara göre KMA'ların analizi, geometrilerinin düzgün olmamasından dolayı analitik olarak mümkün değildir. Bu nedenle, KMA'ların analiz ve tasarımında, genellikle elektromanyetik nümerik hesaplama yöntemleri kullanılır.

KMA'lar dar band genişliği sebebiyle sadece rezonans frekansı civarında çalışabildiklerinden dolayı rezonans frekansının belirlenmesi önemlidir. Literatürde, değişik konfigürasyonlara sahip KMA'ların rezonans frekanslarının belirlenmesinde, etkin dielektrik sabiti ve iletken boyundaki uzamayı hesaplayan formüller önerilmesine rağmen, bu yöntemlerin kullanılması formüllerin sayısını artırmakta ve hesaplama süresini uzatmaktadır. KMA'ların elektriksel ve fiziksel parametrelerini kullanarak o antenin rezonans frekansını belirleme problemi yüksek derecede doğrusal

olmayan bir problemdir. KMA'ların rezonans frekansının modelleme yöntemi ile hesaplanması oldukça zordur. Bu nedenle, rezonans frekansının nümerik yöntemlerle hesaplanması için anten parametreleri kullanılarak çok sayıda benzetim yapılır. MA'ların elektronik iletişim pazarında kullanımının artması, performans analizinin yapılmasında daha basit metotların kullanılmasını gerektirmektedir. Bundan dolayı MA tasarımcıları, çok fazla hesaplama zamanı gerektirmeyen basit yaklaşımları tercih etmektedirler. Bilgisayar teknolojilerinin son yıllardaki hızlı gelişimi ile birlikte YSA ve BMSDUA gibi yapay zekaya dayanan teknikler, klasik optimizasyon ve geleneksel analitik yaklaşımlardan daha esnek ve elverişli sonuçlar üreten güçlü alternatif araçlar olmuştur.

Bu tez çalışmasında, farklı fiziksel ve elektriksel parametrelere sahip, farklı şekillerde ki KMA'ların rezonans frekansı hesabı için literatürde çalışılmamış, diğer metodlara göre daha hızlı ve verimli olan YSA ve BMSDUA modelleri önerilmiştir. Bu kapsamda DMA yaması üzerinde açılan boşluklar ile elde edilen DHKMA, DAHKMA, CKMA, , EKMA, HKMA ve LKMA'ların rezonans frekansı YSA ve BMSDUA ağları ile başarılı bir şekilde hesaplanmıştır.

0.33 - 2.92 GHz frekans aralığında çalışan 144 adet CKMA ve 0.53 – 2.86 GHz frekans aralığında çalışan 216 adet HKMA'nın benzetimleri XFDTD elektromanyetik benzetim programı kullanılarak yapılmış ve herbir anten için rezonans frekansları elde edilmiştir. 0.64–3.25 GHz frekans aralığında çalışan 108 adet DHKMA, 0.66–3.71 GHz frekans aralığında çalışan 80 adet DAHKMA, 0.78 – 3.5 GHz frekans aralığında çalışan 144 adet EKMA ve 0.78-3.23 GHz frekans aralığında çalışan 192 adet LKMA'nın benzetimleri ise IE3D™ paket yazılımı kullanılarak yapılmış ve rezonans frekansları elde edilmiştir. KMA'ların benzetimleri yapılırken rezonans frekansları ve geri dönüş kaybı parametrelerinin yanında ışıma diyagramları ve kazanç grafikleri de incelenmiştir. Ayrıca laboratuvar ortamında herbir KMA için bir anten gerçekleştirilmiş ve rezonans frekansı ölçümleri de yapılmıştır.

Her bir KMA için belirli sayıda anten parametresi YSA ve BMSDUA ağlarını eğitmek ve eğitim sırasında ağların görmediği geriye kalan anten parametreleri de ağları test etmek için kullanılmıştır. Ağların doğruluğu ve geçerliliğini test etmek için sadece benzetim parametreleri değil, laboratuvar ortamında kendimizin gerçekleştirdiği ve ölçümünü yaptığımız anten parametreleri ve literatürde ilgili anten

için sunulan ölçüm ve benzetim parametreleri de kullanılmıştır. Test sonucunda elde edilen sonuçlar, ölçüm ve benzetim sonuçları ile karşılatırılmış, ayrıca literatürde ilgili KMA için önerilen diğer yöntemler ile elde edilen sonuçlarla da karşılatırılmıştır. YSA ve BMSDUA ağları ile hesaplanan rezonans frekans değerleri benzetim sonuçları ile oldukça uyumlu ve literatürde önerilen diğer yöntemlerden daha iyi olduğu görölmektedir. Ayrıca KMA'ların rezonans frekansı hesabı için optimizasyona dayalı sinirsel bir makine öğrenme yöntemi olan DVM modeli de bu tez çalışması kapsamında ele alınmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Kullanılan modeller sadece literatürdeki diğer yöntemlerin sonuçları ile değil, ayrıca kendi aralarında da karşılatırılmıştır. Modellerin kendi aralarında karşılatırılması, gelecekte yapay zeka teknikleri kullanacak olan araştırmacıların faydalanacağı önemli sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Karşılatırma sonuçlarına göre DVM'nin YSA ve BMSDUA'ya göre daha hızlı olduğu, YSA'nın DVM ve BMSDUA'ya göre genelleme kapasitesinin daha iyi olduğu, BMSDUA'nın ise veri setinin geneli kapsaması halinde daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

MA'ların rezonans frekansı hesabı için yapay zeka teknikleri literatürde çokca kullanılmasına rağmen KMA'ların rezonans frekansı hesabı için ilk defa bu tez çalışmasında kullanılmıştır. KMA'ların fiziksel parametre sayısı MA'lara göre daha fazla olduğundan, KMA'ların rezonans frekansı hesabı problemi yüksek derecede doğrusal olmayan bir problemdir. Ancak literatürde MA'ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA ve BMSDUA çalışmaları incelendiğinde, kullanılan ağların bir çoğunun fazla gizli katman ve düğümlerden oluştuğu görölmektedir. Ağ yapıları oluşturulurken fazla gizli katman ve düğüm kullanıldığında ağlarda ezberleme problemi ortaya çıktığı görölmüştür. Bu tezde kullanılan YSA ve BMSDUA ağları parametre sayısı fazla olmasına rağmen daha basit yapıya sahiptir. Modellerimiz, ilgili KMA için literatürde önerilen diğer yöntemler ile elde edilen sonuçlar ile karşılatırılmış ve modellerimizin daha başarılı ve sonucu daha kısa sürede hesaplayan basit yaklaşımlar olduğu görölmüştür. Ayrıca literatürde önerilen yöntemler az sayıda benzetim veya ölçüm veri setleri kullanılarak oluşturulmuş ve test edilmiş olmasına rağmen, modellerimizin eğitim ve testi için daha fazla sayıda veri seti kullanılmıştır. Veri setinin fazla olması, modellerin ilgili KMA için genelleme kapasitesini artırmakta ve daha iyi sonuçlar elde etmesini sağlamaktadır.

Literatürde YSA kullanılarak yapılan çalışmaların çoğunda ağı başlangıç ağırlık değerleri rastgele alındığından, YSA her koşulduğunda farklı sonuçlar vermektedir. Bu tez kapsamında kullandığımız YSA ağı ise ilgili her bir KMA için uygun hata değerleri verecek şekilde başlangıç değerleri ile başlatıldığından, her koşmada aynı sonucu verecek şekilde oluşturulmuştur. Bu özellik başlangıç ağırlık değerlerinin bir program ile sonuçların uygun hata değerine düştüğünde kullanılan seed değeri kaydedilerek elde edilmiştir. YSA modellerinde, belirlenen bu seed değeri ilgili ağı ait programa girilerek her koşmada aynı sonucu verecek şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca bu tez kapsamında YSA ağının eğitimde, LM öğrenme algoritmasının dışında farklı öğrenme algoritmaları da kullanılmıştır. Literatürde farklı öğrenme algoritmalarının kullanıldığı ve bunların birbirleri ile karşılaştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda her bir öğrenme algoritması için farklı sayıda gizli katman ve düğüme sahip modeller ve farklı ağ parametreleri kullanılmıştır. Bu tezde yapılan çalışmada ise her bir öğrenme algoritması için seed değeri hariç aynı model ve parametreler kullanılmış ve öğrenme algoritmaları aynı şartlar altında karşılaştırılmıştır.

BMSDUA, bulanık kurallara ait üyelik derecelerinin belirlenmesinde YSA kullanılarak bir ağ yapısı içerisinde sonuçlandıran bir yapay zeka tekniğidir. Bu açıdan BMSDUA ağının her koşulmasında farklı sonuçlar elde edilmesi problemi, YSA yapısının rastgele başlangıç ağırlık değerleri ile başlamasından kaynaklanmaktadır. BMSDUA modeli, YSA modeli kullanılarak yapılan çalışmalarda anlatıldığı gibi uygun seed değeri belirlendikten sonra her koşmada aynı sonucu verecek şekilde oluşturulmuştur. Bu özellik literatürde çokça kullanılan bir özellik olmadığı için, burada bu bilgilerin sunulmuş olması, ileri de BMSDUA ağları kullanılarak yapılacak olan çalışmalar için önem arz etmektedir.

Optimizasyona dayalı bir makine öğrenme yöntemi olan DVM, MA'ların rezonans frekansı hesabı için literatürde birkaç uygulamanın dışında kullanılmamıştır. KMA'ların rezonans frekansı hesabı içinde ilk defa bu tez kapsamında ele alınmıştır. DVM ağları için uygun ağ parametreleri belirlendikten sonra YSA ve BMSDUA ağlarına göre daha hızlı olduğu uygulamalar sırasında görülmüştür. YSA ve BMSDUA ağına göre daha az sayıda veri seti ile başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Bu tez

çalışması, DVM'nin KMA'ların rezonans frekansı hesabı için kullanılmasında bir öncü olmuştur.

Bu sonuçlar açıkça gösteriyor ki, yapay zeka tekniklerinden YSA, BMSDUA ve DVM KMA'ların rezonans frekansı hesabı için hızlı, etkili ve başarılı bir şekilde kullanılabilir. KMA tasarımcıları tasarlamak istedikleri antenin fiziksel ve elektriksel parametrelerini, YSA, BMSDUA ve DVM modellerini kullanarak hazırladığımız programlara giriş verisi olarak girerek KMA'ların rezonans frekansını çok fazla zaman gerektirmeden büyük bir doğruluk içinde hesaplayabileceklerdir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlardan yararlanarak, KMA'ların YSA, BMSDUA ve DVM kullanılarak sentez edilmesine yönelik çalışmalar ileri ki çalışma konuları olarak önerilmektedir. Bu kapsamda tez çalışmasında ele alınan veya farklı şekilli KMA'ların band genişliğinin hesaplanması, istenilen rezonans frekansında açılan boşluk uzunluk ve genişliklerinin bulunması gibi problemler YSA, BMSDUA ve DVM kullanılarak çözülebilir. Tez içerisinde kullanılan yapay zekâ teknikleri ile ilgili uygulamaya yönelik bilgiler temel alınarak KMA'lara yönelik bu tür problemlerin çözümünü gerçekleştiren çalışmalar yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Angiulli, G. and Versaci, M., “Resonant frequency evaluation of microstrip antennas using a neural-fuzzy approach”, IEEE Trans. on Magnetics, 39 (3), 1333-1336, (2003).
- Akdagli, A., Bicer, M.B., and Ermis, S., “A novel expression for resonant length obtained by using artificial bee colony algorithm in calculating resonant frequency of C-shaped compact microstrip antennas”, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 19, 597-606, (2011).
- Akdagli, A. Ozdemir, C., Yamacli, S. and Arcasoy, C. C., “Improved formulas for the resonant frequencies of dual frequency arrow shaped compact microstrip antenna”, Microwave Opt Technol Lett, 50, 62-65, (2008).
- Akdagli, A. and Toktas, A. “A novel expression in calculating resonant frequency of H-shaped compact microstrip antennas obtained by using artificial bee colony algorithm”, J Electromagnet Wave, 24(14-15), 2049-4061, (2010).
- Alkanhal, M. A. S., “Composite compact triple-band microstrip antennas”, Progress In Electromagnetics Research, 93, 221-236, (2009).
- Bahl, I.J., and Stuchly, S.S., “Closed-form expressions for computer-aided design of microstrip ring antennas”, Int. J. Microw. Mill.-Wave Comput.-Aided Eng., 2(3), 144-154, (1992).
- Bahl, I.J., Stuchly, S.S., and Stuchly, M.A., “A new microstrip radiator for medical applications”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 28, 1464-1469, (1980).
- Balanis, C. A. and Loannides, P. I., “Introduction to smart antennas”, Morgan & Claypool, (2007).
- Basaran, S. C., Toprak, I. B. and Yardimci, A., “An adaptive neuro-fuzzy inference system for calculation resonant frequency and input resistance of microstrip dipole antenna, J. Marques de Sá et al. (Eds.): ICANN 2007, Part II, LNCS 4669, 709-717, (2007).

- Beale, E.M.L., “A derivation of Conjugate Gradients, numerical methods for nonlinear optimization”, London: Academic Press, (1972).
- Bhattacharyya, A. K. and Garg, R., “A generalized transmission line model for microstrip patches”, IEE Proc Microwave Antennas Propag, 132(2), 93-98, (1985).
- Bishop, C.M., “Neural networks for Pattern Recognition”, Oxford University Press (1995).
- Brinholo, E. R. Destro, J. F. Z., de Freitas, A. A. C. and de Alcantara, N. P. Jr., “Determination of resonant frequencies of triangular and rectangular microstrip antennas, using artificial neural networks”, Progress In Electromagnetics Research Symposium, Hangzhou, China, 22-26, (2005).
- Buckley, J. J. and Hayashi, Y., “Neural networks for fuzzy systems”, Fuzzy Sets and Systems 71, 265-276, (1995).
- Cacciola, M., Megali, G., Calcagno, S., Versaci, S., and Morabito, F.B., “Support vector machine for modelling design parameters in circular and triangular microstrip patch antennas”. Computational Intelligence in Business and Economics, 657-664, (2010).
- Chen, Z.N., “Radiation pattern of a probe fed L-shaped plate antenna”, Microw. Opt. Techn. Lett. 27, 410-413, (2000).
- Chen, H.-M., Chen, J.-M., Cheng, P.-S. and Lin, T.-F., “Feed for dual-band printed dipole antenna”, Electron. Lett., 40(21), 1320-1322, (2004).
- Christodoulou C.G. and Georgiopoulos M., “Application of Neural Networks in Electromagnetics”, Artech House, MA, USA, (2001).
- Christodoulou, C., Martinez-Ramon, M., and Balanis, C., “Support Vector Machines for Antenna Array Processing and Electromagnetics”, Morgan & Claypool Publishers, (2006).
- Chuang, H.-R. and Kuo, L.-C., “3D FDTD design analysis of a 2.4 GHz polarization diversity printed dipole antenna with integrated balun and polarization

- switching circuit for WLAN and wireless communication applications”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 51(2), 374-381, (2003).
- Cristianini, N. and Shawe-Taylor, J., “An introduction to support vector machines (and other kernel-based learning methods)”, Cambridge University Press, (2000).
- Dahele, J.S., and Lee, K.F., “Characteristics of annular-ring microstrip antenna”, Electronics Letters, 18, 1051-1052, (1982).
- Dahele, J.S., Lee, K.F., and Wong, D., “Dual-frequency stacked annular-ring microstrip antenna”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 35, 1281-1285, (1987).
- Deschamps, G. A., “Microstrip microwave antennas”, Proc. 3rd USAF Symposium on Antennas, (1953).
- Deshmukh A. A. and Kumar G., “Compact broadband E-shaped microstrip antennas”, Electronics Letters, 41, 18, (2005).
- Deshmukh, A. A. and Kumar, G., “Formulation of resonant frequency for compact rectangular microstrip antennas”, Microwave and Optical Technology Letters, 49(2), 498-501, (2007).
- Du K.L., Lai A.K.Y., Cheng K.K.M. and Swamy M.N.S., “Neural methods for antenna array signal processing”, Signal Processing, 82(4), 547-561, (2002).
- Fan, Z., and Lee, K.F., “Hankel transform domain analysis of dual-frequency stacked circular-disk and annular-ring microstrip antennas”, IEEE Transactions on Antennas and Propagations, 29, 867-870, (1991).
- Fletcher, R., “Practical Methods of Optimization”, John Wiley & Sons, (1987).
- Fletcher, R. and Reeves, C.M., “Function Minimization by Conjugate Gradients”, Computer Journal, 7, 149-154, (1964).
- Foresee, F.D. and Hagan, M.T., “Gauss Newton approximation to Bayesian regularization”, Proc. Of Int. Conference on Neural Networks ICNN’97, 1930-1935, (1999).

- Gao, S.C., Li, L. W., Leong, M. S. and Yeo, T. S., “analysis of an H-shaped patch antenna by using FDTD method”, *Prog Electromagn Res*, 34, 165-187, (2001).
- Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I. ve Ittipiboon, A., “Microstrip Antenna Design Handbook”, Londra, Artech House, (2001).
- Ge Y., Essele K. P. and Bird T. S., “E-shaped patch antennas for high-speed wireless network”, *IEEE Trans Antennas Propag*, 52, 3213-3219, (2004).
- Gunel, T., “Modified resonant frequency calculation for E-shaped and H-shaped microstrip patch antennas”, *Microwave Opt Technol Lett*, 53, 2348-2351, (2011).
- Guney, K. and Sarikaya, N., “Computation of resonant frequency for equilateral triangular microstrip antennas using the adaptive neuro-fuzzy inference system”, *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 14, 134-143, (2003).
- Guney, K. and Gultekin, S. S., “Artificial neural networks for resonant frequency calculation of rectangular microstrip antennas with thin and thick substrates”, *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 25(9), (2004).
- Guney, K. and Sarikaya, N., “Adaptive neuro-fuzzy inference system for computing the resonant frequency of circular microstrip antennas”, *ACES JOURNAL*, 19(3), (2004).
- Guney, K. and Sarikaya, N., “Computation of resonant frequency for equilateral triangular microstrip antennas using the adaptive neuro-fuzzy inference system”, *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 4, 34-143, (2004).
- Guney, K. and Sarikaya, N. “Input resistance calculation for circular microstrip antennas using adaptive neuro-fuzzy inference system”, *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 25(4), 703-716, (2004).
- Guney, K., Sagirolu, S. and Erler M. “Comparison of neural networks for resonant frequency computation of electrically thin and thick rectangular microstrip

- antennas”, *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 15(8), 1121-1145, (2012).
- Gupta, P., Gupta, R., Sharma, R. and Yadav, B., “Calculation of resonating frequency of an equilateral triangular microstrip antenna using artificial neural network”, *Advanced Computational Techniques in Electromagnetics*, Article ID acte-00126, 8 Pages doi: 10.5899/2013/acte-00126, (2013).
- Gutton, H. and Baissinnot, G., “Flat aerial for ultrahigh frequencies”, *French Patent*, 70313, (1955).
- Hagan, M.T., Demuth, H.B. and Beale, M., “*Neural Network Design*”, Boston PWS Publishing Company, (1996).
- Harrington, R. F., “*Field Computation by Moment Methods*”, IEEE Press, Piscataway, NJ, (1993).
- Haykin, S., “*Neural Networks: A Comprehensive Foundation*”, Macmillan College Publishing Company, New York, A.B.D., (1994).
- Howell, Q. E., “Microstrip antennas”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, 23, 90-93, (1975).
- Jang, J. S. R. “ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system”, *IEEE Transactions on Systems*, 23(3), 665-685, (1993).
- Jang, J.-S.R., “Self-learning fuzzy controllers based on temporal backpropagation”, *IEEE Trans. Neural Netw.* 3(5), 714-723, (1992).
- Karaboğa, D., Güney K., Sağıroğlu S. and Erler M., “Neural computation of resonant frequency of electrically thin and thick rectangular microstrip antennas”, *IEE Proc-Microw. Antennas Propag.*, 146(2), (1999).
- Khidre A., Lee K. F., Yang F. and Elsherbeni A., “Wideband circularly polarized E-shaped patch antenna for wireless application”, *IEEE Trans Antennas Propagat*, 52(5), 219-229, (2010).
- Koçer, D., *Daire ve Dikdörtgen Geometrik Yapılı Mikroşerit Antenlerin Simülasyonu ve Rezonans Frekanslarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi*”, Selçuk

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 124 s., (2009).

Krishna, D. D., Gopikrishna, M., Aanandan, C. K., Mohanan, P. and Vasudevan, K., “Compact dual band slot loaded circular microstrip antenna with a superstrate”, *Progress In Electromagnetics Research*, 83, 245-255, (2008).

Kumar, R., and Dhukarya, D. C., “Design and analysis of circular ring microstrip antenna”, *Global Journal of Researches In Engineering*, 11(1), (2011).

Kumar, G. and Ray, K.P. “Broadband Microstrip Antennas”, Artech House, USA, 407 s., (2003).

Lee, K.F., Dahele, J.S., and Ho, K.Y., “Annular-ring and circular-disc microstrip antennas with and without air gaps”, *13th European Microwave Conference*, 389-394, (1983).

Lee, H. M. and Lu, B. H., “A neural-network model with fuzzy inference”, *IEEE*, 1583-1588, (1994).

Liao, W.-J., Lu, Y.-C. and Chou, H.-T., “A multiband microstrip dipole antenna”, *IEEE Antennas Propagat. Int. Symp.*, 1, 462-465, 3-8 July, (2005).

Lin, C.-T. and Lee, C. S. G., “Neural Fuzzy Systems: A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems”, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, (1996).

Liu, H., and Hu, X.F., “An improved method to analyze the input impedance of microstrip annular-ring antennas”, *Journal Electromagnetic Waves and Applications*, 10, 827-833, (1996).

Lu, W., Wang, W., Leung, A., Lo, S., Yuen, R., Xu, Z. and Fan., H., “Air pollutant parameter forecasting using support vector machines”, *IJCNN 02, Proceedings of the 2002 International Joint Conference on Neural Networks*, 1, 630-635, (2002).

Mackay, D.J.C., “Bayesian interpolation, *Neural Computation*”, 4, 415-447, (1992).

Malathi, P. and Kumar, R., “On the design of multilayer circular microstrip antenna using artificial neural network”, *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 2(5), (2009).

- Mamdani, E. H. and Assilian, S., "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", *Int. J. Man-machine Studies* 7, 1-13, (1975).
- Merad L., Bendimerad F. T. and Meriah, S. M., "Design and resonant frequency calculation of rectangular microstrip antennas", *international journal of numerical modelling: electronic networks, devices and fields*, *Int. J. Numer. Model.*, 24, 144-153, (2011).
- Moller, M.F., "A Scaled Conjugate Gradient Algorithm for fast supervised learning", *Neural Networks*, 6, 525-533, (1993).
- Munson, R. L., "Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays", *IEEE Trans. Antennas Propogat.*, 22(1), 74-78, (1974).
- Neog, D. K. and Devi, R., "Determination of resonant frequency of slot-loaded rectangular microstrip patch antennas", *Microw Opt Techn Let*, 52(2), 446-448, (2010).
- Neog, D. K., Pattnaik, S. S., Panda, D. C., Devi, S., Dutta, M. and Bajpai, O. P., "New expression for the resonance frequency of an E-shaped microstrip patch antenna", *Microwave Opt Technol Lett*, 48, 1561-1563, (2006).
- Ooi B. L and Shen Q., "A novel E-shaped broadband microstrip patch antenna", *Microwave Opt Technol Lett*, 27 (5), 348-352, (2000).
- Ouchar, A., Aksas, R. and Baudrand, H., "Artificial neural network for computing the resonant frequency of circular patch antennas," *Microwave and Optical Technology Letters*, 47(6), (2005).
- Paulson, M., Kundukulam, S.O., Aanandan, C.K. and Mohanan, P., "Resonance frequencies of compact microstrip antenna", *Electron Lett*, 37, 1151-1153, (2001).
- Pintzos, S.G. and Pregla, R., "A simple method for computing the resonant frequencies of microstrip ring resonators", *IEEE T. Microw. Theory*, 26(10), 809-813, (1978).
- Powell, M.J.D., "Restart procedurs for the Conjugate Gradient Method", *Mathematical Programming*, 12, 241-254, (1977).

- Richards, W. F., Lo, Y. T. and Harrisson, D. D., “An improved theory for microstrip antennas and applications”, IEEE T Antenn Propag, 29, 38-46, (1981).
- Rmili, H., Floc’h, J. M., Besnier, P. and Drissi, M., “A dual-band printed dipole antenna for IMT-2000 and 5-GHz WLAN applications”, Proceedings of the 9th European Conference on Wireless Technology, 6-10, (2006).
- Ross, T. J., “Fuzzy Logic With Engineering Applications”, McGraw Hill, New York, (1995).
- Row, J.S., “Dual-frequency circularly polarized annular-ring microstrip antenna”, Electronics Letters, 40, 153-154, (2004).
- Roychowdhury, S. and Wang, B.H., “Cooperative neighbors in defuzzification”, Fuzzy Sets and Systems, 78, 37-49, (1996).
- Russell, S. and Norvig, P., “Artificial Intelligence: A Modern Approach”, New Jersey: Prentice Hall, (2005).
- Sadat, S., Fardis, M., Gharakhili, F.G. and Dadashzadeh, G.R., “A compact microstrip square-ring slot antenna for UWB applications”, Progress In Electromagnetics Research, 67, 173-179, (2007).
- Sağıroğlu, Ő., Beşdok, E. and Erler, M., “Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I”, Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık, (2003).
- Sagiroglu, S. and Erler, M., “Comparison of neural networks for resonant frequency computation of electrically thin and thick rectangular microstrip antennas”, Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 15(8), 1121-1145, (2000).
- Sagiroglu, S. and Güney, K., “Calculation of resonant frequency for an equilateral triangular microstrip antenna with the use of artificial neural networks”, Microwave and Optical Technology Letters, 14(2), (1997).
- Sagiroglu, S., Guney, K. and Erler, M., “Computation of radiation efficiency for a resonant rectangular microstrip patch antenna using backpropagation multilayered perceptrons”, Istanbul University Journal of Electrical & Electronics Engineering, 3(1), 663-671, (2003).

- Sagiıroğlu, S., Güney, K. and Erler, M., “Resonant frequency calculation for circular microstrip antennas using artificial neural networks”, John Wiley & Sons, Inc. Int J RF and Microwave CAE 8, 270-277, (1998).
- Sheta, A.F., Mohra, A. and Mahmoud, S.F., “Multi-band operation of a compact H-shaped microstrip antenna”, Microw Opt Techn Let, 35, 363-367, (2002).
- Shinde, J., Shinde, P., Kumar, R. Uplane, M.D., and Mishra, B.K., “Resonant frequencies of a circularly polarized nearly circular annular ring microstrip antenna with superstrate loading and airgaps”, In: Kaleidoscope: Innovations for Future Networks and Services, 1-7, (2010).
- Sainati, R. A. “CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications”, Nowood, MA: Artech House, (1996).
- Sarıkaya Baştürk N., “Bulanık Mantık Sistemleri ile Çeşitli Tipteki Mikroşerit Antenlerin Karakteristik Parametrelerinin Hesaplanması”, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 210 s., (2009).
- Taflove, A., “Computational Electrodynamics: The Finite - Difference Time Domain Method”, Boston, Artech House, (1995).
- Takagi, T. and Sugeno, M., “Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control” IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 15(1), 116-132, (1985).
- Thakare, V. V. and Singhal, P., “Microstrip antenna design using artificial neural networks”, International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 20, 76-86, (2010).
- Tighilt, Y., Bouttout, F. and Khellaf A., “Modeling and design of printed antennas using neural networks”, International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 21, 228-233, (2011).
- Tokan, N. T., “Support vector design of the microstrip antenna”, Signal Processing, Communications and Applications, SIU 2008, IEEE 16 th, Aydın, 1-4, (2008).

- Tokan, N. T. and Gunes, F., “Support vector characterization of the microstrip antennas based on measurements”, *Progress In Electromagnetics Research B*, 5, 49-61, (2008).
- Toktas A., “Farksal Gelişim Algoritması Kullanarak H Şekli Mikroişerit Antenlerin Rezonans Frekansının Hesaplanması”, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99 s., 2004.
- Toktas A. and Akdaglı A., “Computation of resonant frequency of E-shaped compact microstrip antennas”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27, 847-854, (2012).
- Toktas A., Akdaglı A., Bicer M.B., and Kayabasi, A., “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, 1718-1729, (2011).
- Turker, N., Gunes, F. and Yildirim, T., “Artificial neural design of microstrip antennas”, *Turk J Elec Engine*, 14(3), (2006).
- Vapnik, V.N., “The Nature of Statistical Learning Theory”, 2. Baskı, Springer-Verlag, New York, (2000).
- Wong, K.-L., Lin, Y.-C. and Tseng, T.-C., “Thin internal GSM/DCS patch antenna for a portable mobile terminal”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, 54(1), 238-242, (2006).
- Wu, Y.S., and Rosenbaum, F.J., “Mode chart for microstrip ring resonators”, *IEEE T. Microw. Theory*, 21(7), 487-489, (1973).
- Yang, M. and Chen, Y., “A novel U-shaped planar microstrip antenna for dual frequency mobile telephone communications”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, 49(6), 1002-1004, (2001).
- Yang, F., Zhang, X. X., Ye, X. N. and Rahmat-Samii, Y., “Wide-band E-shaped patch antennas for wireless communications”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 49, 1094-1100, (2001).

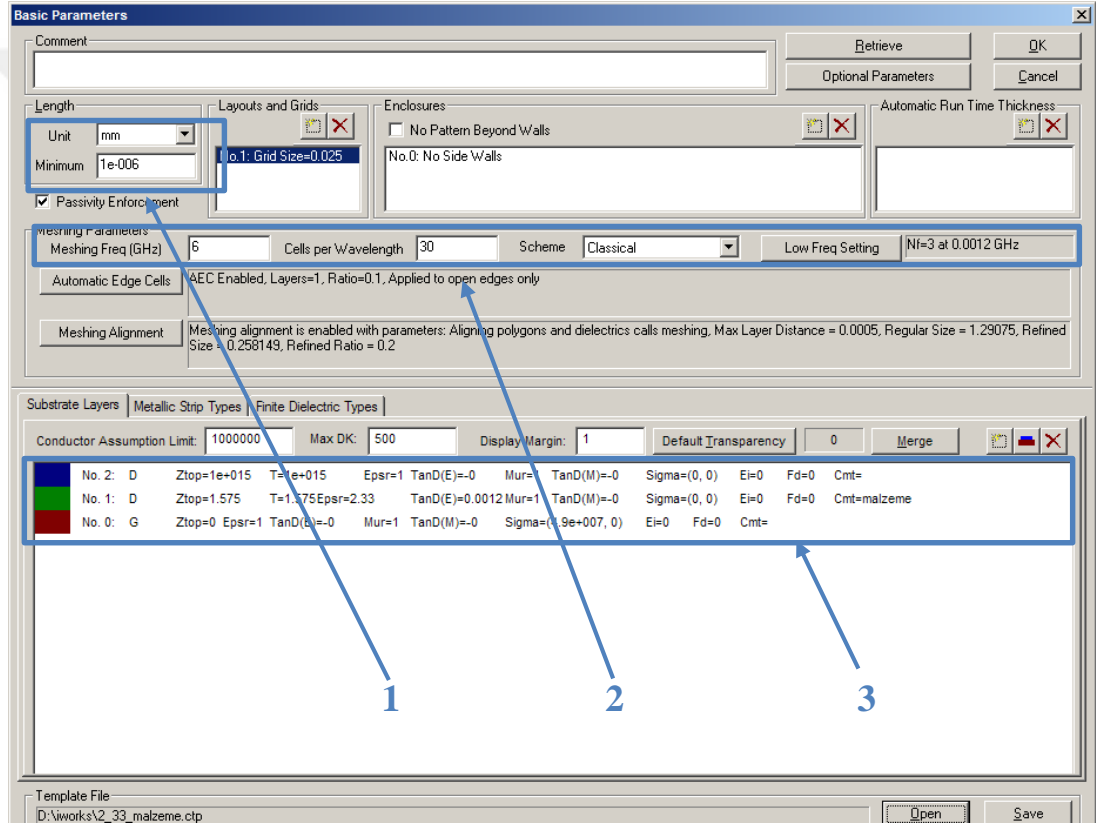
- Yazdi, H. S., Yazdi, M.S. and Vahedian, A., “A new regressor for bandwidth calculation of a rectangular microstrip antenna”, *International Journal of Microwave and Optical Technology*, 4(6), (2009).
- Yildiz, C., Gultekin, S., Guney, K. and Sagiroglu, S., “Neural models for the resonant frequency of electrically thin and thick circular microstrip antennas and the characteristic parameters of asymmetric coplanar waveguides backed with a conductor”, *Int. J. Electron. Commun.*, 56(6), 396–406, (2002).
- Yin, X.-C., Ruan, C.-L., Ding, C.-Y. and Chu, J.-H., “A compact ultra-wideband microstrip antenna with multiple notches”, *Progress In Electromagnetics Research*, 84, 321-332, (2008).
- Yu A. and Zhang X., “A method to enhance the bandwidth of microstrip antennas using a modified E-shaped patch”, *Radio and Wireless Conference, Rawcon 03*, 261-264, (2003).

7. EK

7.1. EK-1: IE3D™ YAZILIMI İLE ANTEN BENZETİMİ

7.1.1. Geometrinin Oluşturulması

IE3D™ yazılımı ile anten tasarımı yapmak için, IE3D™'nin editörü kullanılarak yeni bir proje oluşturulur. Yeni proje oluşturulması sırasında ölçü birimi, ızgaralama seçenekleri ve alttaş katmanları gibi temel ayarların yapılabildiği Şekil Ek.7.1'de gösterilen pencere açılmaktadır.



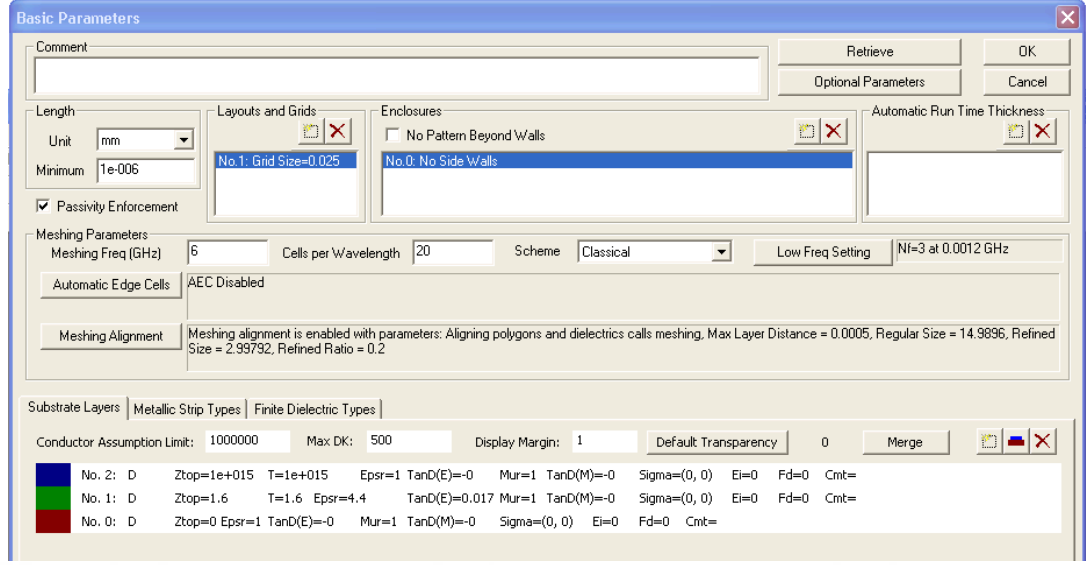
Şekil Ek 7.1. Temel parametrelerin ayarlanması

Şekil Ek 7.1'de verilen pencerede 1 numara ile belirtilmiş alan, anten geometrisinin oluşturulması sırasında kullanılacak fiziksel ölçü birimini belirtmektedir. Varsayılan olarak mm boyutu kullanılmıştır. 2 numara ile belirtilmiş alanda, ızgaralama ayarları yapılmaktadır. Benzetimin yapılacağı azami frekans ve hücre sayısının dalga boyu oranının belirtilmesi gerekmektedir. 3 numara ile belirtilmiş alan, katmanları göstermektedir. Antenin her düzlemi, birer katman olarak

belirtilmektedir. Toprak düzlemi, alttaşı, ışık elemanı düzlemi birer katman olarak kabul edilmektedir. No. 0 ile belirtilen katman, toprak düzlemini temsil etmektedir. σ değerine bakıldığında, toprak düzleminin belirli boyutlara sahip olmadığı, sonsuz bir toprak düzlemi olarak kabul edildiği görülmektedir. Toprak düzlemi sonlu yapmak için Şekil Ek 7.2’de gösterildiği gibi toprak düzlemini gösteren katmanın iletkenliğinin reel kısmı (Real Part of Conductivity (s/m)) değeri “0” olarak değiştirilmelidir. Toprak düzleminin sonlu yapıya sahip olmasından dolayı, anten beslemesinin yapılması sırasında toprak düzleminin geometrisinin çizilmesi ve toprak olarak belirtilmesi gerekmektedir. No. 1 ile belirtilen katman, anten tasarımında kullanılacak olan alttaşı temsil etmektedir. Alttaşı ile ilgili özellikler, yeni katman eklenirken girilmekte ve sonuç olarak burada görülmektedir. No. 2 ile belirtilen katman, alttaşın üzerinde yer alan boşluğu temsil etmektedir. Katmanlar ayarlandıktan sonraki görüntü Şekil Ek 7.3’te verilmiştir.

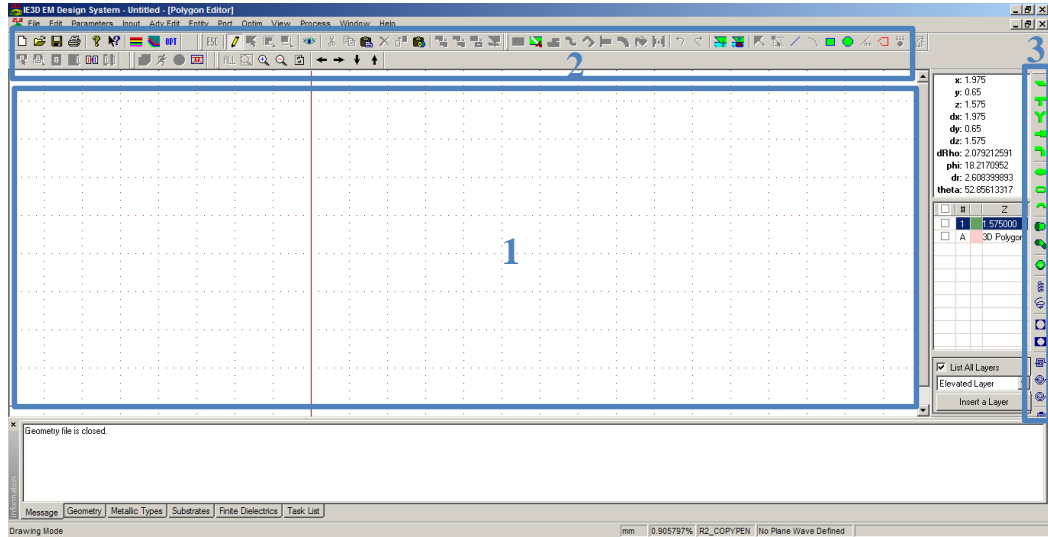
The screenshot shows the 'Edit No.0 Substrate Layer' dialog box. The 'Real Part of Conductivity (s/m)' field is highlighted with a blue box and contains the value '0'. Other fields include 'Top Surface, Ztop' (0), 'Dielectric Constant, Epsr' (1), 'Loss Tangent for Epsr, TanD(E)' (-0), 'Permeability, Mur' (1), 'Loss Tangent for Mur, TanD(M)' (-0), 'Imag. Part of Conductivity (s/m)' (0), 'Distance to Previous' (N/A), 'Distance to No.1' (1.575), 'Type' (Normal), 'CAL Limit' (1000000), 'Enclosure Index' (No.0), 'Transparency' (0.5), 'Factor' (1), and 'Prompt users for merging multiple thin layers for simulation efficiency' (checked). There are also buttons for 'Add Freq', 'Delete', 'Remove All', 'Import', and 'Export'.

Şekil Ek 7.2. Sonlu toprak düzlemi bilgileri



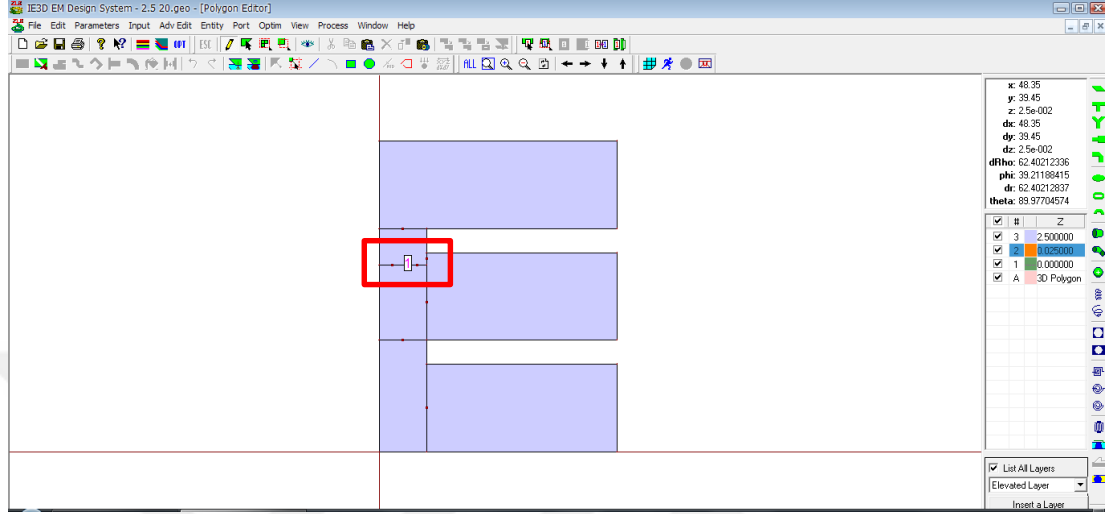
Şekil Ek 7.3. Sonlu alttaş düzleminin tanımlanmasından sonra görülen temel parametreler

Temel ayarların yapılmasından sonra iki boyutlu anten tasarım ekranı açılmaktadır. Şekil Ek 7.4'de görülen anten tasarımı ekranında 1 numaralı alan, tasarımın yapıldığı ve yapılan tasarımın görüldüğü bölümü göstermektedir. 2 numaralı alan, kaydetme, kesme, kopyalama, yapıştırma, poligon birleştirme, poligon taşıma, besleme yapma gibi işlemlerin yapılması için araçların bulunduğu araç kutularını göstermektedir. 3 numara ile belirtilen alan, anten geometrisinin çizilmesi için çeşitli geometrik şekillerin bulunduğu araç kutusunu göstermektedir.



Şekil Ek 7.4. IE3D™ elektromanyetik benzetim programının ana penceresi

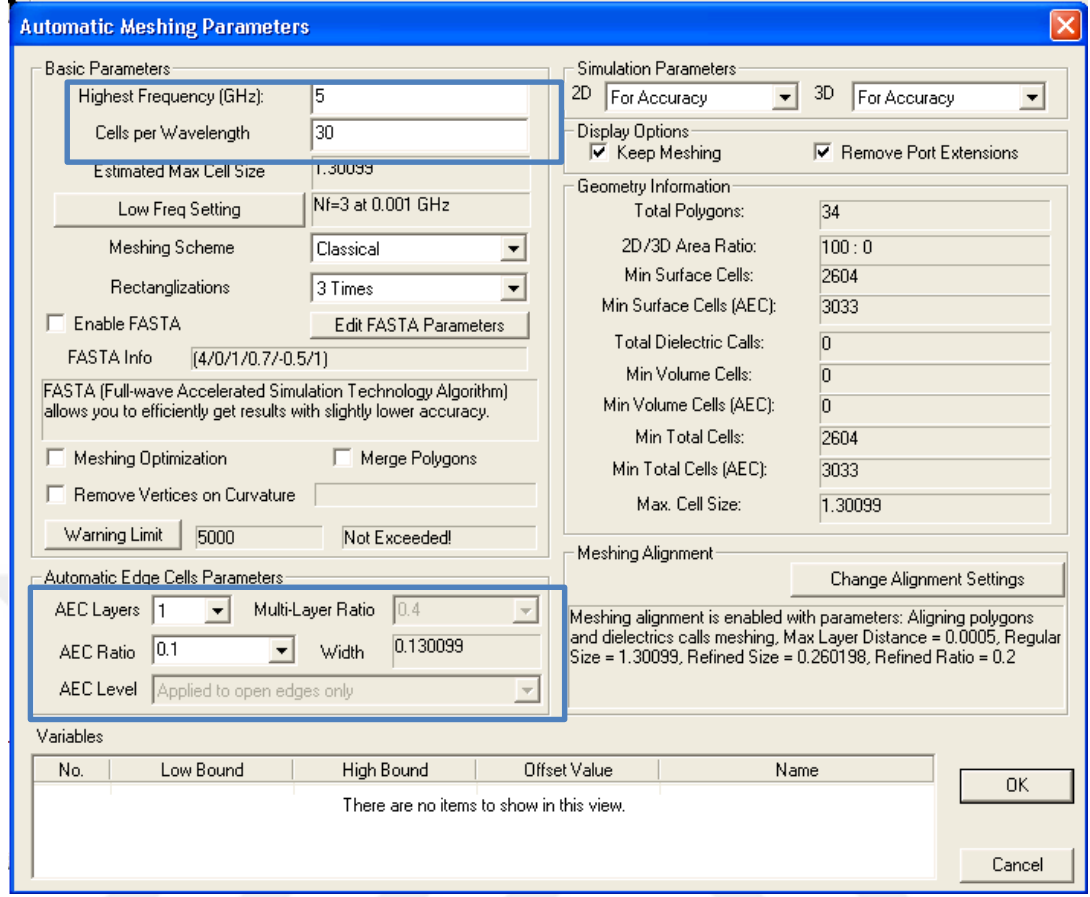
Gerekli araçlar kullanılarak tasarlanan anten, Şekil Ek 7.5’de görülmektedir. Şekil Ek 7.5’de, antende kırmızı kutu ile belirtilen ve içerisinde 1 yazan beyaz kutu, antenin o kısmında yer alan beslemesini temsil etmektedir. Anten geometrisinin çizimi ve beslemenin oluşturulmasından sonra antenin benzetimi yapılabilmektedir.



Şekil Ek 7.5. Tasarlanan antenin iki boyutlu görünümü

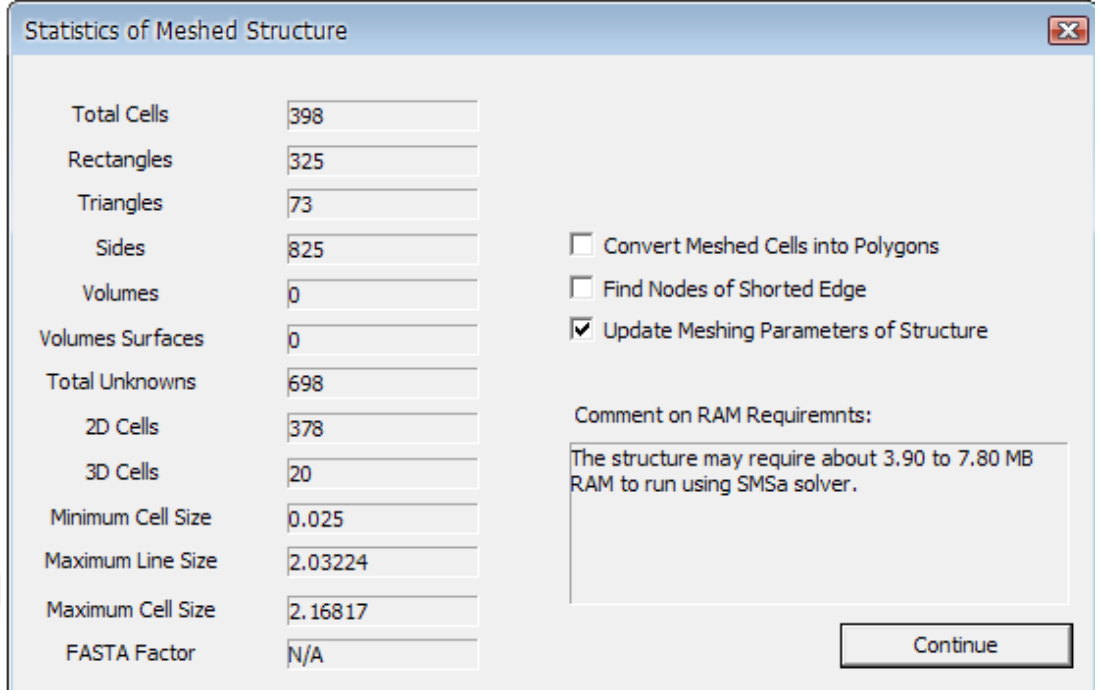
7.1.2. Izgaralama

Anten benzetimini yapabilmek için öncelikle ızgaralama (meshing) işlemi yapılmalıdır. Izgaralama işlemi için araç çubuğundan ilgili araca tıklanmalıdır. Böylece Şekil Ek 7.6’da görülen ızgaralama özellikleri ile ilgili ekran açılabilir. Ayrıca, anten kenarlarının daha hassas hesaplanması için otomatik kenar hücre parametresi (Automatic Edge Cell Parameter) 1 olarak seçilmiştir. Bu pencerede “OK” butonuna tıklanarak ızgaralama ile ilgili bilgi penceresi görülebilir.



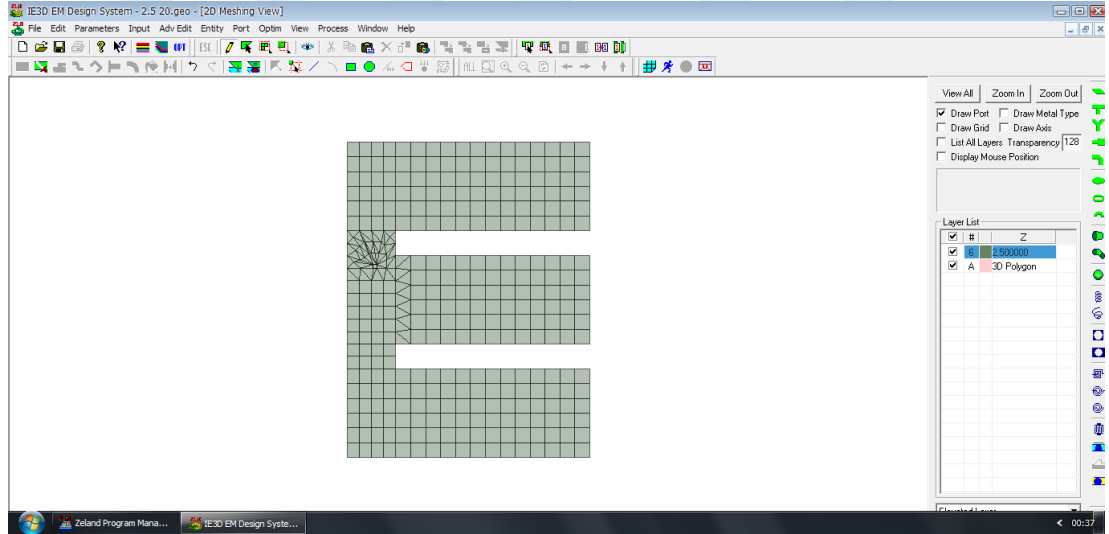
Şekil Ek 7.6. Izgaralama ayarları

Izgaralama işlemi sonrası bilgi penceresi Şekil Ek 7.7’de görülmektedir. Bilgi penceresinde üçgen ve daire geometrilerine sahip hücre sayıları, toplam hücre sayısı, en küçük ve en büyük hücre boyutları gibi bilgiler ile benzetim işlemi için gerekli bellek miktarı görülmektedir.



Şekil Ek 7.7. Izgaralama işleminin sonrası bilgi ekranı

Bilgi ekranında devam (Continue) butonuna tıklanmasıyla ızgaralanmış anten tasarımı, Şekil Ek 7.8’de görüldüğü gibi açılacaktır.

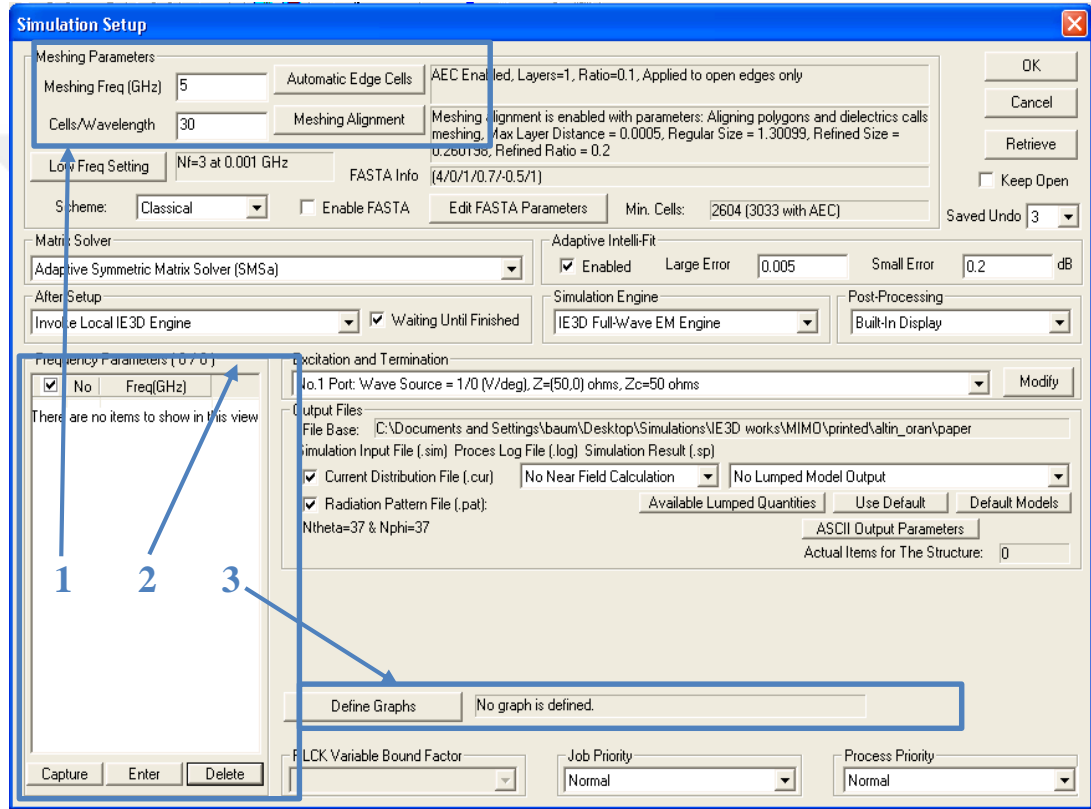


Şekil Ek 7.8. Izgaralama işleminin sonrası antenin iki boyutlu görünümü

7.1.3. Benzetimin Koşulması

Izgaralama işleminden sonra benzetim işlemi yapılmaktadır. Bunun için araç menüleri kullanılarak benzetim (Simulate) işlemi seçilerek benzetim ayarlarının

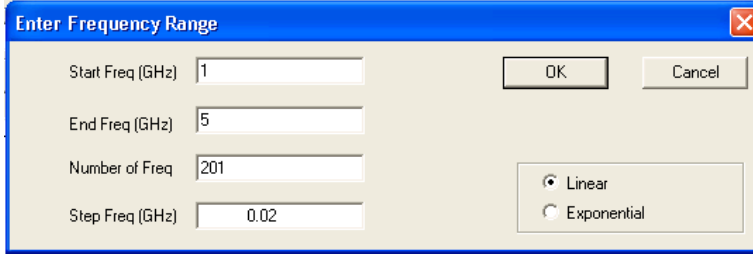
yapılmasına olanak sağlayan ekran açılmalıdır. Ekran görüntüsü Şekil Ek 7.9’da verilmiştir. Benzetim ayarlarının yapıldığı ekranda bazı ayarlar varsayılan olarak gelmektedir. Bu ekranda, eğer başlangıçta girilmemişse benzetimin yapılacağı maksimum frekans ve dalga boyu / hücre sayısı bilgileri girilmelidir. Aksi halde, sadece benzetimin yapılacağı frekans aralığı girilmeli ve benzetim sonucunda görüntülenmesi istenen grafikler seçilmelidir. Bu işlemler, Şekil Ek 7.9’da görülen mavi kutuların belirttiği yerlerden yapılmaktadır.



Şekil Ek 7.9. Benzetim ayarlarının yapılması

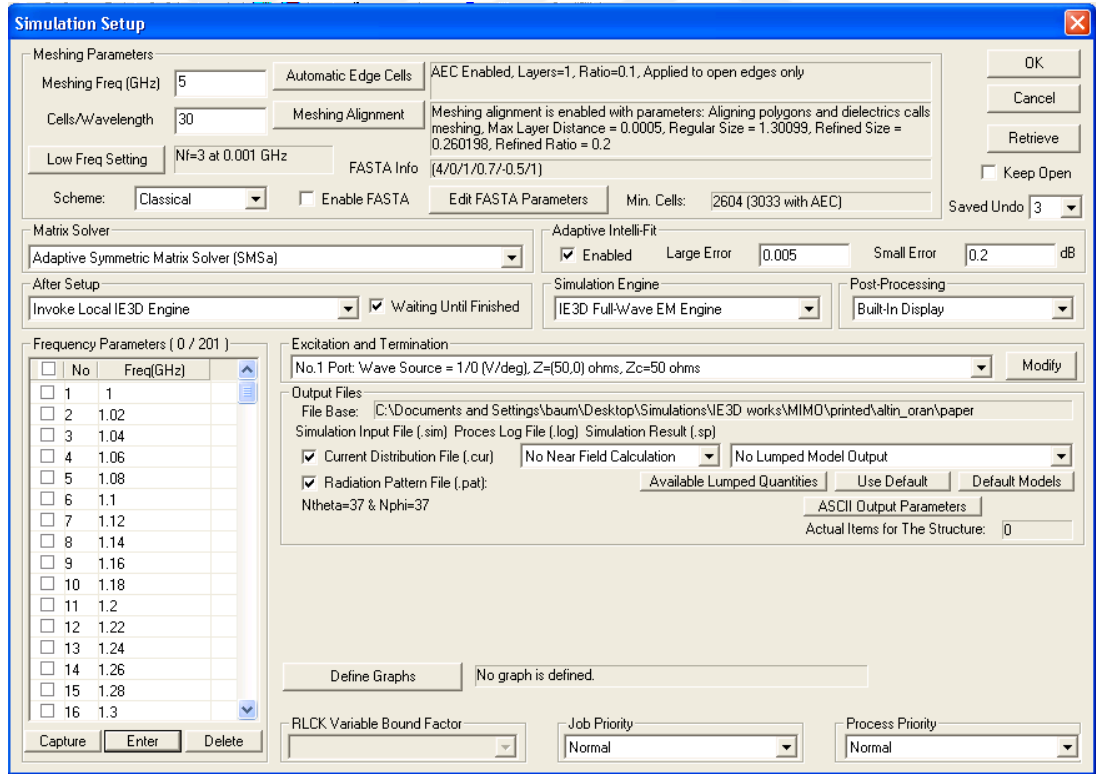
Şekil Ek 7.9’da 1 numara ile belirtilen alan, benzetimin yapılacağı azami frekansı ve dalga boyu / hücre sayısının ayarlanmasını sağlamaktadır. Başlangıçta bu ayarlamalar yapıldıysa bu kutularda değişiklik yapılmasına gerek bulunmamaktadır. 2 numara ile belirtilen alan, benzetimin yapılacağı frekans aralığını barındıran bir listedir. Benzetimi yapılması istenen frekans aralığı ve bu aralıktaki frekans adedi, giriş (Enter) butonuna tıklanarak Şekil Ek 7.10’da verilen pencereden girilmektedir. 3 numara ile belirtilen alan, benzetim sonucu görüntülenmesi istenen grafiklerin belirtilmesini sağlamaktadır. Bu kutunun gösterdiği grafik tanımla (Define Graph)

butonu yardımı ile istenen grafikler seçilerek, benzetim sonrasında hızlı bir şekilde bu grafiklerin açılması sağlanmaktadır.



Şekil Ek 7.10. Benzetimin yapılacağı frekans aralığı bilgileri

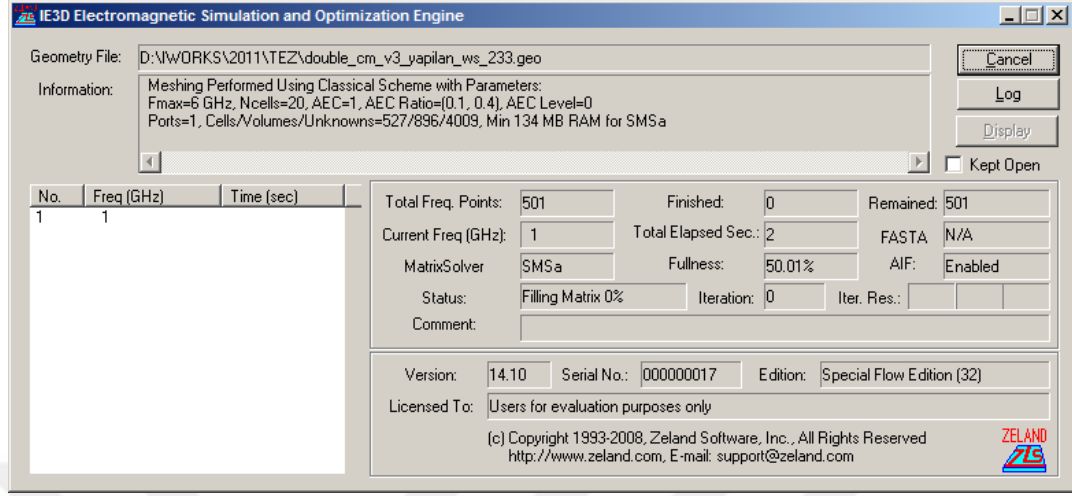
Benzetimin yapılacağı frekans aralığı ve bu aralıktaki frekans sayısı, Şekil Ek 7.10’da verilen pencereden girilmektedir. Bu frekans aralığında ve belirtilen sayıdaki frekans, varsayılan olarak doğrusal olarak seçilmektedir. Frekans aralığı ve frekans sayısının girilmesinden sonra tamam (OK) butonuna tıklanarak, frekans listesinin dolması sağlanmaktadır. Bu listenin doldurulduğu benzetim ayarları ekranı, Şekil Ek 7.11’de görülmektedir.



Şekil Ek 7.11. Benzetim ayarları penceresi

Bütün ayarlamalar yapıldığından dolayı benzetim işlemine geçilebilir. Benzetim işleminin yapılması için benzetim ayarları ekranından “OK” butonuna tıklanmalıdır. Bu işlemten sonra, IE3D™ benzetim uygulaması çalışarak

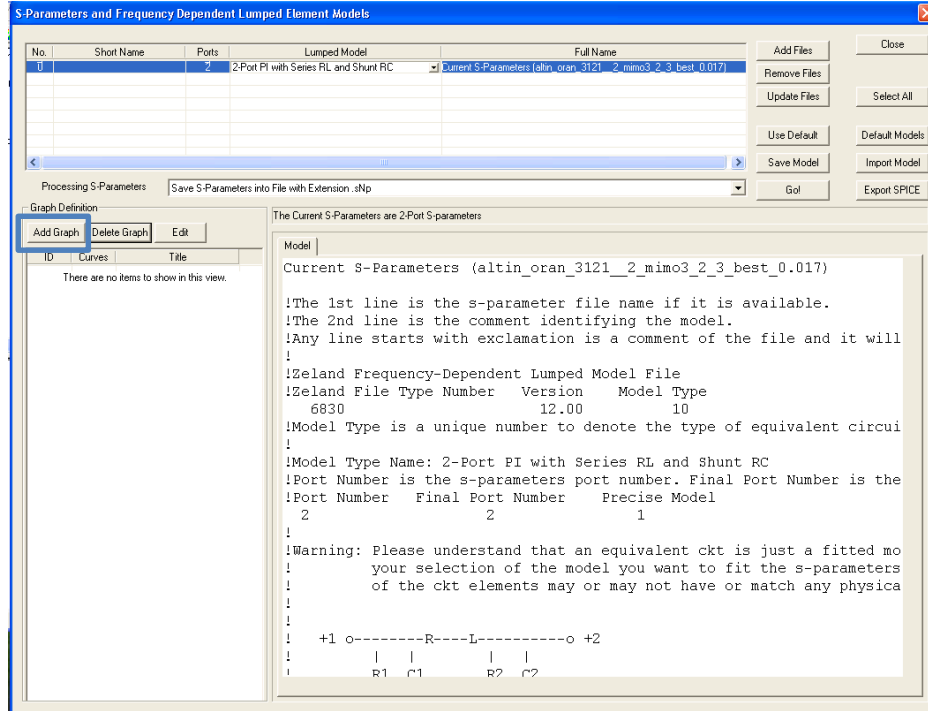
hesaplamalar yapılmaya başlanacak. Benzetim işleminin devam ettiğini gösteren ekran Şekil Ek 7.12’de verilmiştir.



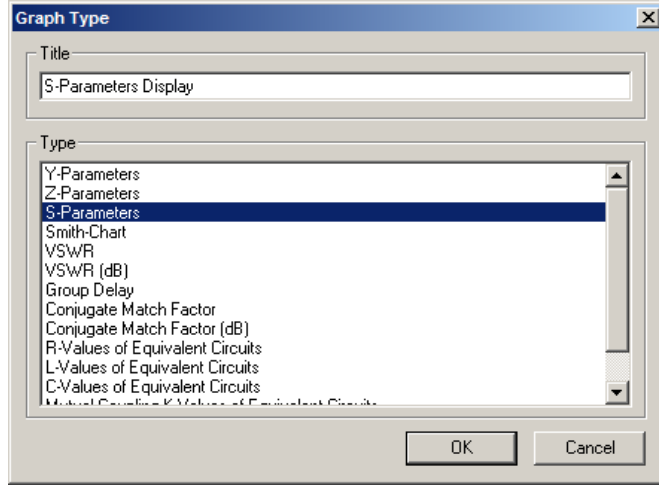
Şekil Ek 7.12. Benzetim işlemi ile ilgili bilgilerin görülmesi

7.1.4. S-parametresi

Benzetim işlemi sonunda S-parametrelerinin görüntülenmesi, Şekil Ek 7.13’de açılan pencerede (Add Graph) butonu tıklanmaktadır. Şekil Ek 7.14’de gösterilen pencerede” S-parameters” seçilir ve OK tıklanır.



Şekil Ek 7.13. Grafik eklemenin yapıldığı pencere



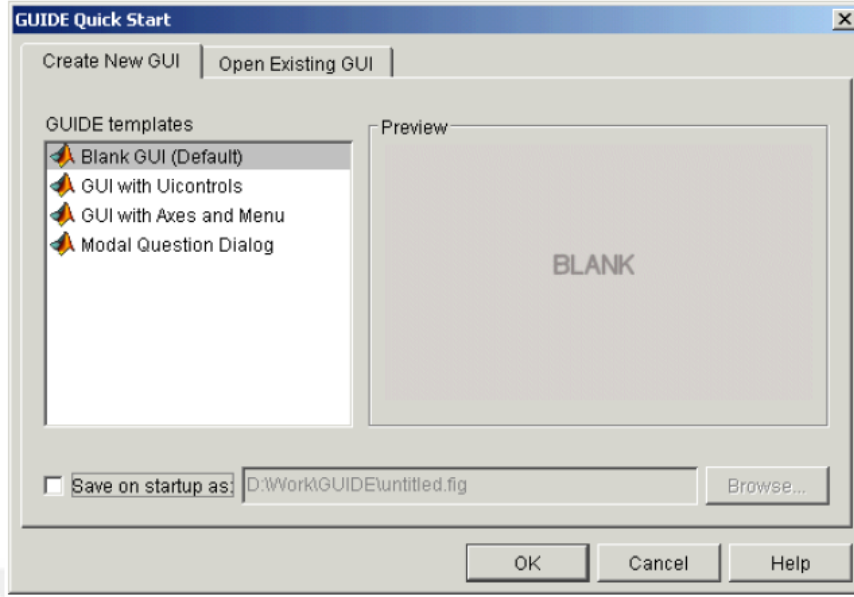
Şekil Ek 7.14. Grafik türlerinin seçilmesi

7.2. EK:5 GRAFİKSEL KULLANICI ARABİRİMİ

KMA'ların rezonans frekansı hesabı için hazırladığımız GUI yapısı MATLAB GUIDE aracı kullanılarak hazırlanmıştır. Bu sebeple burada MATLAB GUIDE aracı ile GUI hazırlamaya yönelik adımlar kısaca anlatılacaktır.

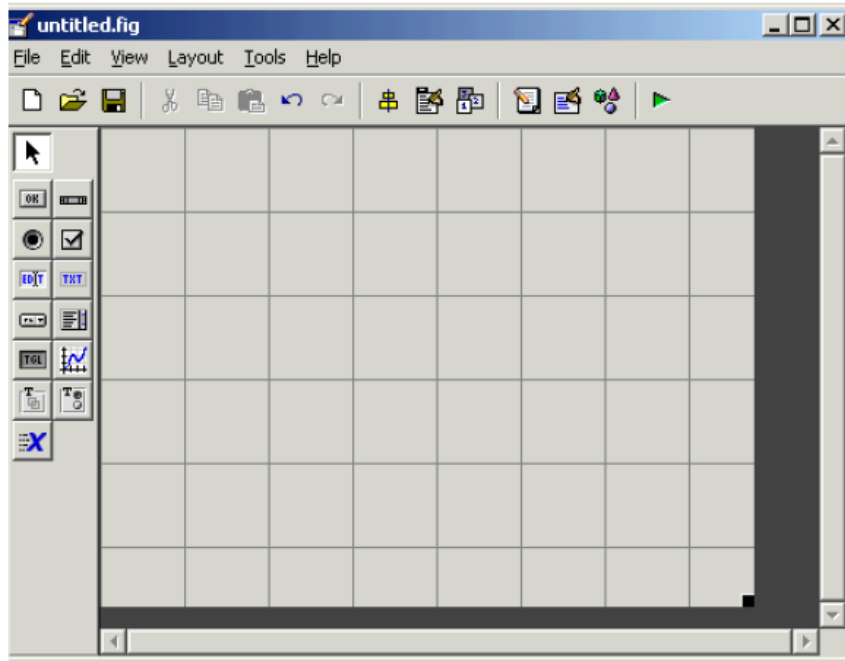
7.2.1. MATLAB GUIDE Aracı ile GUI Tasarımı Oluşturma

GUIDE, MATLAB'ın GUI tasarımcılarına sunduğu içerisinde çeşitli araçlar içeren ve kolaylık sağlayan bir grafiksel GUI geliştirme ortamıdır. GUIDE kullanılarak tıkla ve sürükle-bırak tekniği ile GUI arayüzüne nesnelere (örneğin butonlar, text kutuları, liste kutuları, grafikler v.s.) kolaylıkla eklenebilir. Ayrıca, eklenen nesnelere hizalanması, tab sırasının değiştirilmesi, görsel ayarlar üzerinde değişiklikler yapılması da bu ortamın tasarımcılara sunduğu imkânlardan bazılarıdır. Bu aracı çalıştırmak için ya MATLAB komut satırından GUIDE komutu verilir ya da start düğmesi tıklanarak MATLAB/GUIDE komutu verilir. Bu adımdan sonra karşımıza Şekil Ek 7.15'deki gibi bir pencere gelir.



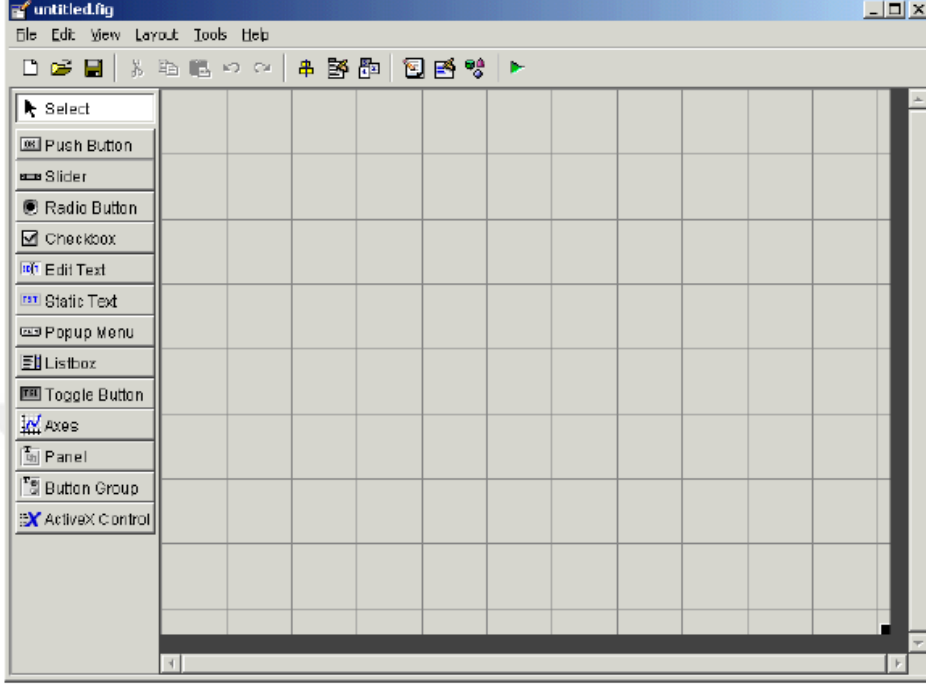
Şekil Ek 7.15. MATLAB GUIDE aracı

Bu pencereden eğer yeni bir GUI tasarımı yapacak isek Blank GUI seçeneğini seçeriz. Şayet önceden yapılmış bir tasarımı açmak istiyor isek Open Existing GUI sekmesinden sonra istenilen dosyayı seçeriz. Burada yeni bir tasarım oluşturulacağını kabul edelim. Bundan sonra OK düğmesi tıklanarak Şekil Ek 7.16'daki GUIDE LAYOUT Editor (GUIDE Çalışma Alanı) penceresine ulaşırız.



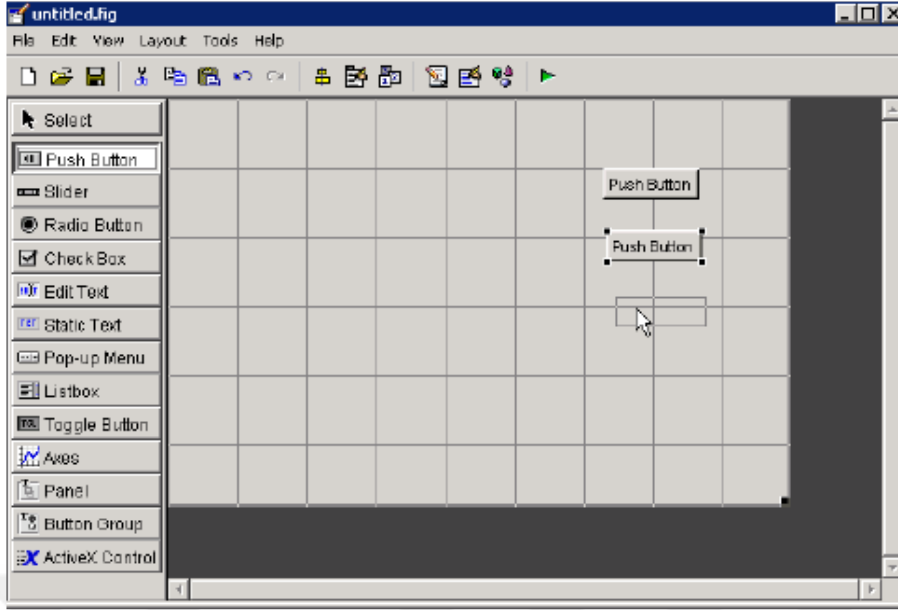
Şekil Ek 7.16. GUIDE çalışma alanı

Bu adımdan sonra File/Prefences/Guide yolunu kullanılarak gelen pencereden “Show names in component palette” seçeneğini tıklayıp OK düğmesine basıldığında Şekil Ek 7.17’de görülen tasarım alanına ulaşılır.



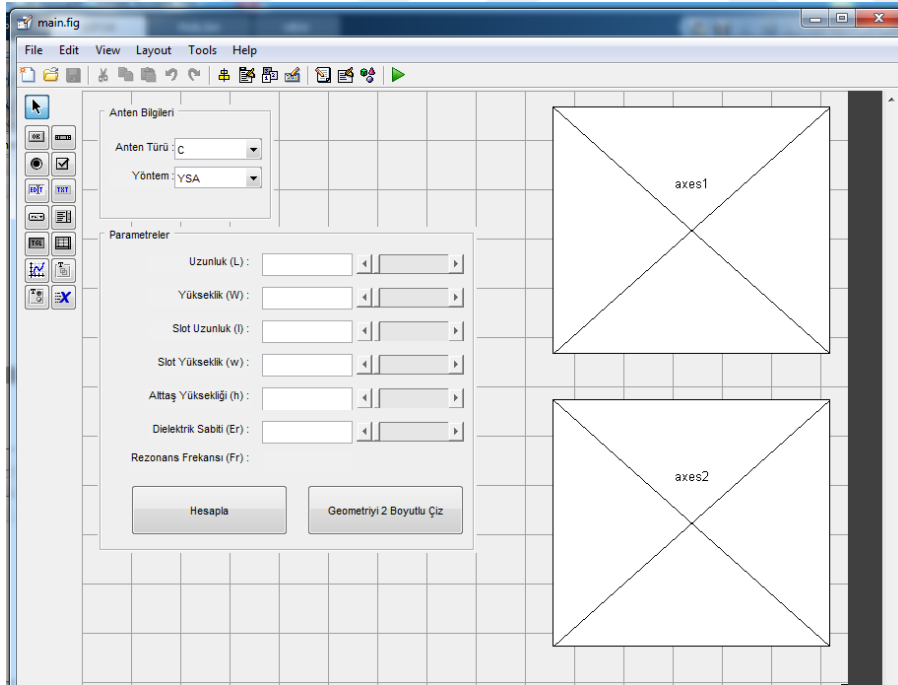
Şekil Ek 7.17. GUIDE tasarım alanı

Nesneleri çalışma alanına eklemek için Şekil Ek 7.17’de görülen çalışma alanının sol tarafında bulunan nesne butonlarından istenilen nesneye ait buton tıklanır ve daha sonra çalışma alanında uygun görülen bir noktaya tıkladığında o noktaya ilgili nesne eklenmiş olur. Şekil Ek 7.18’de görüldüğü gibi istenirse çalışma alanındaki bir nesne farenin sol tuşu ile tıklanıp bırakılmadan çalışma alanının herhangi bir yerine sürüklenebilir.



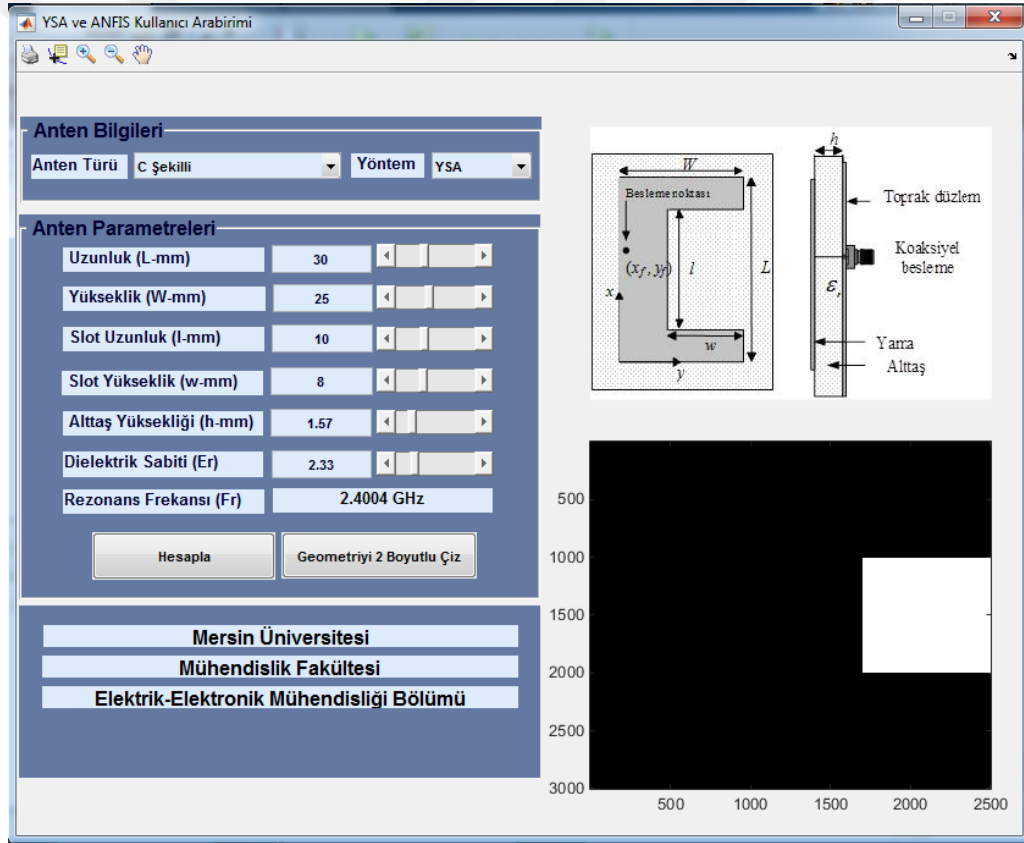
Şekil Ek 7.18. Nesnelerin çalışma alanına ekleme işlemi

Nesneler yerleştirilip, hizalandıktan sonra nesne yazıları eklenip özellikleri değiştirilir ve Şekil Ek 7.19'daki uygulama penceresi ortaya çıkar. Kullanılan nesneler, bu nesnelerin yerleri ve özellikleri uygulamaya ve kullanıcıya bağlı olarak değişiklik göstermektedir.



Şekil Ek 7.19. Tasarım neticesinde ortaya çıkan uygulama penceresi

Bir GUI arayüzünün programlanması demek o çalışmanın kaydedildiği isimle aynı zamanla oluşturulan “.m” uzantılı dosya içerisine kodlama satırlarının eklenmesi demektir. Burada pek çok kodun hazır eklenmiş olduğu görülecektir. Bu kodlar otomatik olarak MATLAB GUIDE tarafından eklenmiştir. Burada ilgili butonlara ve liste kutularına ya da istenilen bir nesneye ait callback isimli alt program parçalarına ilgili kodları yazılmalıdır. Bundan sonra bitmiş olan bu GUI arayüzü çalıştırarak görmek için öncelikle Tools/Run yolundan Run (Çalıştır) komutu verilir. Sonra da GUI tasarımı çalışması sonucu gözükecek uygulama penceresi ekranı karşımıza gelecektir. Şekil Ek 7.20’de KMA’ların rezonans frekansı hesabı için YSA ve BMSDUA’nın kullanıldığı GUI tasarımı görülmektedir.



Şekil Ek 7.20. KMA’ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan YSA ve BMSDUA arayüzü

7.3. EK-2: ARAYÜZ PROGRAMI İÇİN KULLANILAN MATLAB KODU

Aşağıda, KMA'ların rezonans frekansı hesabı için kullanılan arayüze ait matlab kodu verilmiştir. Kullanıcı farklı şekildeki antenler için o antene ait verileri girerek ve rezonans frekansı için kullanacağı yöntemi seçerek hesaplama yapabilmektedir.

```
function varargout = main(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @main_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @main_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function main_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

movegui('center');

set(handles.edit1,'String',num2str(30)); % L
set(handles.edit2,'String',num2str(25)); % W
set(handles.edit3,'String',num2str(10)); % l
set(handles.edit4,'String',num2str(8)); % w
set(handles.edit5,'String',num2str(1.57)); % h
set(handles.edit6,'String',num2str(2.33)); % Er

set(handles.slider5, 'Max', str2num(get(handles.edit1, 'String')))
set(handles.slider6, 'Max', str2num(get(handles.edit2, 'String')))

set(handles.slider3, 'Value', 30); % L
set(handles.slider4, 'Value', 25); % W
set(handles.slider5, 'Value', 10); % l
set(handles.slider6, 'Value', 8); % w
```



```
set(handles.slider7, 'Value', 1.57); % h
set(handles.slider8, 'Value', 2.33); % Er

pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)

function varargout = main_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{ 1 } = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
L = str2double(get(handles.edit1,'String'));
W = str2double(get(handles.edit2,'String'));
l = str2double(get(handles.edit3,'String'));
w = str2double(get(handles.edit4,'String'));
h = str2double(get(handles.edit5,'String'));
Er = str2double(get(handles.edit6,'String'));

%fr = benim_dosya(L,W,l,w,h,Er);
anttype = get(handles.popupmenu1, 'Value');
if anttype == 6
    w=0;W=0;
    set(handles.edit2,'String',num2str(0));
    set(handles.edit4,'String',num2str(0));
end
Mthd = get(handles.popupmenu2, 'Value');
if(isnan(L)==1)
    msgbox('Lütfen Sayısal Bir Değer Giriniz...','UYARI');
elseif(isnan(W)==1)
    msgbox('Lütfen Sayısal Bir Değer Giriniz...','UYARI');
elseif(isnan(l)==1)
    msgbox('Lütfen Sayısal Bir Değer Giriniz...','UYARI');
elseif(isnan(w)==1)
    msgbox('Lütfen Sayısal Bir Değer Giriniz...','UYARI');
elseif(isnan(h)==1)
    msgbox('Lütfen Sayısal Bir Değer Giriniz...','UYARI');
elseif(isnan(Er)==1)
    msgbox('Lütfen Sayısal Bir Değer Giriniz...','UYARI');
else
if(Mthd==1)
if anttype == 1
    at = 'A';
    L = L / 10;
    W = W / 10;
    l = l / 10;
    w = w / 10;
    h = h / 10;
elseif anttype == 2
    at = 'C';
```

```
axes(handles.axes2);
imshow('images\C_Shape.jpg')
L = L / 10;
W = W / 10;
l = l / 10;
w = w / 10;
h = h / 10;
elseif anttype == 3
    at = 'E';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\E_Shape.jpg')
    L = L / 10;
    W = W / 10;
    l = l / 10;
    w = w / 10;
    h = h / 10;
elseif anttype == 4
    at = 'H';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\H_Shape.jpg')
    L = L / 10;
    W = W / 10;
    l = l / 10;
    w = w / 10;
    h = h / 10;
elseif anttype == 5
    at = 'L';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\L_Shape.jpg')
    L = L / 1;
    W = W / 1;
    l = l / 1;
    w = w / 1;
    h = h / 1;
elseif anttype == 6

    at = 'ANNRING';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\Anularring_Shape.jpg')
    L = L / 10;
    l = l / 10;
    h = h / 10;
    Er = Er / 10;
elseif anttype == 7
    at = 'RECTRING';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\Rectangular_Ring_Shape.jpg')
    L = L / 10;
```

```
W = W / 10;
l = l / 10;
w = w / 10;
h = h / 10;
end

if anttype == 2 % C_Shape
    if((L>=3&&L<=9)==0)
        msgbox('L değeri 30-90 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((W>=2&&W<=6)==0)
        msgbox('W değeri 20-60 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((l>=0.7&&l<=6)==0)
        msgbox('l değeri 7-60 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((w>=0.5&&w<=4)==0)
        msgbox('w değeri 5-40 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((h>=0.15&&h<=0.6)==0)
        msgbox('h değeri 1.6-6 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((Er>=2.33&&Er<=9.8)==0)
        msgbox('Er değeri 2.33-9.8 arasında seçilmelidir...','UYARI');
    else
        if exist([at '_netvariable.mat'])== 2
            load([at '_netvariable.mat'])
        else
            net = getappdata(handles.figure1, 'net');
            if isempty(net)==1
                [net, tr] = benim_dosya;
                setappdata(handles.figure1, 'net', net);
                net = getappdata(handles.figure1, 'net');
                save([at '_netvariable.mat'], 'net');
            end
        end
        end
        if strcmp(at, 'ANNRING')
            fr = sim(net, [L; l; h; Er]);
            % axes(handles.axes2);
            % stem(1 ,fr);
            set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
        else
            fr = sim(net, [L; W; l; w; h; Er]);
            % axes(handles.axes2);
            % stem(1 ,fr);
            set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
        end
    end
end
elseif anttype == 3% E_Shape
    if((L>=2.5&&L<=4)==0)
        msgbox('L değeri 25-40 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((W>=2&&W<=3)==0)
        msgbox('W değeri 20-30 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
```

```
elseif((l>=0.2&&l<=1.2)==0)
    msgbox('l değeri 2-12 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((w>=0.4&&w<=2.6)==0)
    msgbox('w değeri 4-26 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((h>=0.157&&h<=0.317)==0)
    msgbox('h değeri 1.6-6 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((Er>=2.33&&Er<=6.15)==0)
    msgbox('Er değeri 2.33-6.15 arasında seçilmelidir...','UYARI');
else
    if exist([at '_netvariable.mat'])== 2
        load([at '_netvariable.mat'])
    else
        net = getappdata(handles.figure1, 'net');
        if isempty(net)==1
            [net, tr] = benim_dosya;
            setappdata(handles.figure1, 'net', net);
            net = getappdata(handles.figure1, 'net');
            save([at '_netvariable.mat'], 'net');
        end
    end
    if strcmp(at, 'ANNRING')
        fr = sim(net, [L; l; h; Er]);
        % axes(handles.axes2);
        % stem(1 ,fr);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    else
        fr = sim(net, [L; W; l; w; h; Er]);
        % axes(handles.axes2);
        % stem(1 ,fr);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    end
end
elseif anttype == 4% H_Shape
    if((L>=3&&L<=5)==0)
        msgbox('L değeri 30-50 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((W>=3&&W<=5)==0)
        msgbox('W değeri 30-50 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((l>=0.6&&l<=3.75)==0)
        msgbox('l değeri 6-37.5 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((w>=0.6&&w<=3.75)==0)
        msgbox('w değeri 6-37.5 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((h>=0.053&&h<=0.25)==0)
        msgbox('h değeri 1.59-2.12 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((Er>=2.12&&Er<=10.2)==0)
        msgbox('Er değeri 2.5-10.2 arasında seçilmelidir...','UYARI');
    else
        if exist([at '_netvariable.mat'])== 2
            load([at '_netvariable.mat'])
```

```
else
    net = getappdata(handles.figure1, 'net');
    if isempty(net)==1
        [net, tr] = benim_dosya;
        setappdata(handles.figure1, 'net', net);
        net = getappdata(handles.figure1, 'net');
        save([at '_netvariable.mat'], 'net');
    end
end
if strcmp(at, 'ANNRING')
    fr = sim(net, [L; l; h; Er]);
    set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
else
    fr = sim(net, [L; W; l; w; h; Er]);
    set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
end
end
elseif anttype == 5% L_Shape
if((L>=30&&L<=50)==0)
    msgbox('L değeri 30-50 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((W>=25&&W<=45)==0)
    msgbox('W değeri 25-35 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((l>=10&&l<=45)==0)
    msgbox('l değeri 10-45 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((w>=4&&w<=24)==0)
    msgbox('w değeri 4-24 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((h>=1.57&&h<=3.17)==0)
    msgbox('h değeri 1.57-3.17 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((Er>=1.07&&Er<=9.8)==0)
    msgbox('Er değeri 2.33-9.8 arasında seçilmelidir...','UYARI');
else
    if exist([at '_netvariable.mat'])== 2
        load([at '_netvariable.mat'])
    else
        net = getappdata(handles.figure1, 'net');
        if isempty(net)==1
            [net, tr] = benim_dosya;
            setappdata(handles.figure1, 'net', net);
            net = getappdata(handles.figure1, 'net');
            save([at '_netvariable.mat'], 'net');
        end
    end
    if strcmp(at, 'ANNRING')
        fr = sim(net, [L; l; h; Er]);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    else
        fr = sim(net, [L; W; l; w; h; Er]);
        % axes(handles.axes2);
```

```
% stem(1 ,fr);
set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
end
end
elseif anttype == 7% Dikdörtgen Halka_Shape
if((L>=3&&L<=6)==0)
msgbox('L değeri 30-60 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((W>=2&&W<=4)==0)
msgbox('W değeri 20-40 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((l>=0.5&&l<=5)==0)
msgbox('l değeri 8-30 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((w>=0.5&&w<=3)==0)
msgbox('w değeri 6-18 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((h>=0.064&&h<=0.3175)==0)
msgbox('h değeri 0.64-3.175 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((Er>=2.2&&Er<=10.2)==0)
msgbox('Er değeri 2.2-10.2 arasında seçilmelidir...','UYARI');
else
if exist([at '_netvariable.mat'])== 2
load([at '_netvariable.mat'])
else
net = getappdata(handles.figure1, 'net');
if isempty(net)==1
[net, tr] = benim_dosya;
setappdata(handles.figure1, 'net', net);
net = getappdata(handles.figure1, 'net');
save([at '_netvariable.mat'], 'net');
end
end
if strcmp(at, 'ANNRING')
fr = sim(net, [L; l; h; Er]);
set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
else
fr = sim(net, [L; W; l; w; h; Er]);
% axes(handles.axes2);
% stem(1 ,fr);
set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
end
end
else
if((L>=1.5&&L<=3)==0)
msgbox('L değeri 15-30 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((l>=0.2&&l<=2.5)==0)
msgbox('l değeri 2-25 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((h>=0.064&&h<=0.3175)==0)
msgbox('h değeri 0.64-3.175 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((Er>=0.22&&Er<=0.99)==0)
msgbox('Er değeri 2.2-9.8 arasında seçilmelidir...','UYARI');
```

```
else
    if exist([at '_netvariable.mat'])== 2
        load([at '_netvariable.mat']);
    else
        net = getappdata(handles.figure1, 'net');
        if isempty(net)==1
            [net, tr] = benim_dosya;
            setappdata(handles.figure1, 'net', net);
            net = getappdata(handles.figure1, 'net');
            save([at '_netvariable.mat'], 'net');
        end
    end
    if strcmp(at, 'ANNRING')
        fr = sim(net, [L; l; h; Er]);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    else
        fr = sim(net, [L; W; l; w; h; Er]);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    end
end
end
end

else
if anttype == 1
    at = 'A';
    L = L / 1;
    W = W / 1;
    l = l / 1;
    w = w / 1;
    h = h / 1;
    Er = Er / 1;
elseif anttype == 2
    at = 'C';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\C_Shape.jpg')
    L = L / 1000;
    W = W / 1000;
    l = l / 1000;
    w = w / 1000;
    h = h / 1000;
    Er = Er / 1000;
elseif anttype == 3
    at = 'E';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\E_Shape.jpg')
    L = L / 10;
    W = W / 10;
    l = l / 10;
```

```
w = w / 10;
h = h / 10;
% Er = Er / 10;
elseif anttype == 4
    at = 'H';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\H_Shape.jpg')
    L = L / 1000;
    W = W / 1000;
    l = l / 1000;
    w = w / 1000;
    h = h / 1000;
    Er = Er / 1000;
elseif anttype == 5
    at = 'L';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\L_Shape.jpg')
    L = L / 1;
    W = W / 1;
    l = l / 1;
    w = w / 1;
    h = h / 1;
    Er = Er / 1;
elseif anttype == 6
    at = 'ANNRING';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\Anularring_Shape.jpg')
    L = L / 10;
    W = W / 10;
    l = l / 10;
    w = w / 10;
    h = h / 10;
    Er = Er / 10;
elseif anttype == 7
    at = 'RECTRING';
    axes(handles.axes2);
    imshow('images\Rectangular_Ring_Shape.jpg')
    L = L / 1000;
    W = W / 1000;
    l = l / 1000;
    w = w / 1000;
    h = h / 1000;
    Er = Er / 1000;
end

if exist([at '_fismat2variable.mat'])== 2
    load([at '_fismat2variable.mat']);
else
```



```
fismat2 = getappdata(handles.figure1, 'fismat2');
if isempty(fismat2)==1
    if(strcmp(at,'RECTRING')==1)

        [fismat2] = RECTRING_SHAPED_ANFIS;
        setappdata(handles.figure1, 'fismat2', fismat2);
        fismat2 = getappdata(handles.figure1, 'fismat2');
        save([at '_fismat2variable.mat'], 'fismat2');

    elseif(strcmp(at,'ANNRING')==1)
        [fismat2] = ANNRING_SHAPED_ANFIS;
        setappdata(handles.figure1, 'fismat2', fismat2);
        fismat2 = getappdata(handles.figure1, 'fismat2');
        save([at '_fismat2variable.mat'], 'fismat2');
    elseif(strcmp(at,'C')==1)

        [fismat2] = C_SHAPED_ANFIS;
        setappdata(handles.figure1, 'fismat2', fismat2);
        fismat2 = getappdata(handles.figure1, 'fismat2');
        save([at '_fismat2variable.mat'], 'fismat2');

    elseif(strcmp(at,'E')==1)

        [fismat2] = E_SHAPED_ANFIS;
        setappdata(handles.figure1, 'fismat2', fismat2);
        fismat2 = getappdata(handles.figure1, 'fismat2');
        save([at '_fismat2variable.mat'], 'fismat2');

    elseif(strcmp(at,'H')==1)

        [fismat2] = H_SHAPED_ANFIS;
        setappdata(handles.figure1, 'fismat2', fismat2);
        fismat2 = getappdata(handles.figure1, 'fismat2');
        save([at '_fismat2variable.mat'], 'fismat2');

    elseif(strcmp(at,'L')==1)

        [fismat2] = L_SHAPED_ANFIS;
        setappdata(handles.figure1, 'fismat2', fismat2);
        fismat2 = getappdata(handles.figure1, 'fismat2');
        save([at '_fismat2variable.mat'], 'fismat2');

    end
end
end
if (strcmp(at, 'ANNRING')==1)
    if((L>=1.5&&L<=3)==0)
        msgbox('L değeri 15-30 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
```

```
elseif((l>=0.2&&l<=2.5)==0)
    msgbox('l değeri 2-25 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((h>=0.064&&h<=0.3175)==0)
    msgbox('h değeri 0.64-3.175 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((Er>=0.22&&Er<=0.99)==0)
    msgbox('Er değeri 2.2-9.8 arasında seçilmelidir...','UYARI');
else
    fr=evalfis([L;l;h;Er],fismat2);
    set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
end
else
if(strcmp(at,'C')==1)
    if((L>=0.03&&L<=0.09)==0)
        msgbox('L değeri 30-90 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((W>=0.02&&W<=0.06)==0)
        msgbox('W değeri 20-60 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((l>=0.007&&l<=0.06)==0)
        msgbox('l değeri 7-60 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((w>=0.005&&w<=0.04)==0)
        msgbox('w değeri 5-40 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((h>=0.0016&&h<=0.006)==0)
        msgbox('h değeri 1.6-6 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((Er>=0.00233&&Er<=0.0098)==0)
        msgbox('Er değeri 2.33-9.8 arasında seçilmelidir...','UYARI');
    else
        fr=evalfis([L; W; l; w; h; Er],fismat2);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    end
end
end
if(strcmp(at,'E')==1)
    if((L>=2.5&&L<=4)==0)
        msgbox('L değeri 25-40 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((W>=2&&W<=3)==0)
        msgbox('W değeri 20-30 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((l>=0.2&&l<=1.2)==0)
        msgbox('l değeri 2-12 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((w>=0.4&&w<=2.6)==0)
        msgbox('w değeri 4-26 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((h>=0.157&&h<=0.317)==0)
        msgbox('h değeri 1.5-3.5 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((Er>=2.33&&Er<=6.15)==0)
        msgbox('Er değeri 2.33-6.15 arasında seçilmelidir...','UYARI');
    else
        fr=evalfis([L; W; l; w; h; Er],fismat2);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    end
end
end
if(strcmp(at,'H')==1)
```

```
if((L>=0.03&&L<=0.05)==0)
    msgbox('L değeri 30-50 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((W>=0.03&&W<=0.05)==0)
    msgbox('W değeri 30-50 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((l>=0.006&&l<=0.0375)==0)
    msgbox('l değeri 6-37.5 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((w>=0.006&&w<=0.0375)==0)
    msgbox('w değeri 6-37.5 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((h>=0.00053&&h<=0.00212)==0)
    msgbox('h değeri 1.59-2.12 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
elseif((Er>=0.00212&&Er<=0.0102)==0)
    msgbox('Er değeri 2.5-10.2 arasında seçilmelidir...','UYARI');
else
    fr=evalfis([L; W; l; w; h; Er],fismat2);
    set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
end
end
if(strcmp(at,'L')==1)
    if((L>=30&&L<=50)==0)
        msgbox('L değeri 30-50 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((W>=25&&W<=45)==0)
        msgbox('W değeri 25-35 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((l>=10&&l<=45)==0)
        msgbox('l değeri 10-45 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((w>=4&&w<=24)==0)
        msgbox('w değeri 4-24 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((h>=1.57&&h<=8)==0)
        msgbox('h değeri 1.57-3.17 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((Er>=1.07&&Er<=9.8)==0)
        msgbox('Er değeri 2.33-9.8 arasında seçilmelidir...','UYARI');
    else
        fr=evalfis([L; W; l; w; h; Er],fismat2);
        set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
    end
end
if(strcmp(at,'RECTRING')==1)
    if((L>=0.03&&L<=0.06)==0)
        msgbox('L değeri 30-60 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((W>=0.02&&W<=0.04)==0)
        msgbox('W değeri 20-40 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((l>=0.008&&l<=0.050)==0)
        msgbox('l değeri 8-30 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((w>=0.005&&w<=0.030)==0)
        msgbox('w değeri 6-18 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((h>=0.00064&&h<=0.003175)==0)
        msgbox('h değeri 0.64-3.175 mm arasında seçilmelidir...','UYARI');
    elseif((Er>=0.0022&&Er<=0.0102)==0)
        msgbox('Er değeri 2.2-10.2 arasında seçilmelidir...','UYARI');
```

```
        else
            fr=evalfis([L; W; l; w; h; Er],fismat2);
            set(handles.text8, 'String', [num2str(fr) ' GHz']);
        end
    end
end
end
end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)

set(handles.slider3, 'Value', str2num(get(handles.edit1, 'String')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.slider4, 'Value', str2num(get(handles.edit2, 'String')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.slider5, 'Value', str2num(get(handles.edit3, 'String')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.slider6, 'Value', str2num(get(handles.edit4, 'String')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.slider7, 'Value', str2num(get(handles.edit5, 'String')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.slider8, 'Value', str2num(get(handles.edit6, 'String')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
anttype = get(handles.popupmenu1, 'Value');
```

```
if anttype == 1
    at = 'A';
elseif anttype == 2
    at = 'C';
elseif anttype == 3
    at = 'E';
elseif anttype == 4
    at = 'H';
elseif anttype == 5
    at = 'L';
elseif anttype == 6
    at = 'ANNRING';
```

```
elseif anttype == 7
    at = 'RECTRING';
end
```

```
cizim(at, hObject, eventdata, handles)
```

```
function slider2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function slider2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);
end
```

```
function slider3_Callback(hObject, eventdata, handles)
L = str2num(get(handles.edit1, 'String'));
l = str2num(get(handles.edit3, 'String'));
```

```
if l>L
    set(handles.slider5, 'Max', L);
    set(handles.edit3, 'String', num2str(L));
end
```

```
set(handles.slider5, 'Max', str2num(get(handles.edit1, 'String')))
set(handles.edit1, 'String', num2str(get(handles.slider3, 'Value')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function slider3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);
end
```

```
function slider4_Callback(hObject, eventdata, handles)
W = str2num(get(handles.edit2, 'String'));
w = str2num(get(handles.edit4, 'String'));
```

```
if w>W
    set(handles.slider6, 'Max', W);
    set(handles.edit4, 'String', num2str(W));
end
```

```
set(handles.slider6, 'Max', str2num(get(handles.edit2, 'String')))
set(handles.edit2, 'String', num2str(get(handles.slider4, 'Value')))
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function slider4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);  
end
```

```
function slider5_Callback(hObject, eventdata, handles)  
set(handles.edit3, 'String', num2str(get(handles.slider5, 'Value')))  
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)  
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function slider5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);  
end
```

```
function slider6_Callback(hObject, eventdata, handles)  
set(handles.edit4, 'String', num2str(get(handles.slider6, 'Value')))  
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)  
pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function slider6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);  
end
```

```
function slider7_Callback(hObject, eventdata, handles)  
set(handles.edit5, 'String', num2str(get(handles.slider7, 'Value')))  
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function slider7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);  
end
```

```
function slider8_Callback(hObject, eventdata, handles)  
set(handles.edit6, 'String', num2str(get(handles.slider8, 'Value')))  
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function slider8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);  
end
```

```
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
anttype = get(handles.popupmenu1, 'Value');
```

```
if anttype == 1
    at = 'A';
    set(handles.edit2, 'String', get(handles.edit1, 'String'));
    set(handles.edit4, 'String', get(handles.edit3, 'String'));
elseif anttype == 2
    at = 'C';

    set(handles.edit2, 'String', get(handles.edit1, 'String'));
    set(handles.edit4, 'String', get(handles.edit3, 'String'));
elseif anttype == 3
    at = 'E';

    set(handles.edit2, 'String', get(handles.edit1, 'String'));
    set(handles.edit4, 'String', get(handles.edit3, 'String'));
elseif anttype == 4
    at = 'H';

    set(handles.edit2, 'String', get(handles.edit1, 'String'));
    set(handles.edit4, 'String', get(handles.edit3, 'String'));
elseif anttype == 5
    at = 'L';

    set(handles.edit2, 'String', get(handles.edit1, 'String'));
    set(handles.edit4, 'String', get(handles.edit3, 'String'));
elseif anttype == 6
    at = 'ANNRING';

    set(handles.edit2, 'String', '');
    set(handles.edit4, 'String', '');
elseif anttype == 7
    at = 'RECTRING';

    set(handles.edit2, 'String', get(handles.edit1, 'String'));
    set(handles.edit4, 'String', get(handles.edit3, 'String'));
end
```

```
cizim(at, hObject, eventdata, handles)
pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```


end

```
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function cizim(at, hObject, eventdata, handles)
L = str2num(get(handles.edit1, 'String')); % L
W = str2num(get(handles.edit2, 'String')); % W
l = str2num(get(handles.edit3, 'String')); % l
w = str2num(get(handles.edit4, 'String')); % w
```

```
antenna = zeros(floor(L*100), floor(W*100));
```

```
axes(handles.axes1)
```

```
if at == 'A'
```

```
    xscenter = (W*100)/2;
```

```
    vslotwidth = ((L-2*l)/2)*100;
```

```
    yscenter1 = vslotwidth + (l*100)/2;
```

```
    yscenter2 = (L-l/2)*100;
```

```
    xstart = floor(xscenter - ((w*100) / 2));
```

```
    ystart1 = floor(yscenter1 - ((l*100) / 2));
```

```
    ystart2 = floor(yscenter2 - ((l*100) / 2));
```

```
    antenna(ystart1+1:floor(ystart1+(l*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;
```

```
    antenna(ystart2+1:floor(ystart2+(l*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;
```

```
    imagesc(antenna)
```

```
    colormap gray
```

```
elseif at == 'C'
```

```
    xscenter = ((W-w/2)*100);
```

```
    yscenter = (L*100) / 2;
```

```
    xstart = floor(xscenter - ((w*100) / 2));
```

```
    ystart = floor(yscenter - ((l*100) / 2));
```

```
    antenna(ystart+1:floor(ystart+(l*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;
```

```
    imagesc(antenna)
```

```
    colormap gray
```

```
elseif at == 'E'
```

```
    xscenter = ((W-w/2)*100);
```

```
vslotwidth = ((L-2*1)/3)*100;
yscenter1 = vslotwidth + (1*100)/2;
yscenter2 = L*100 - yscenter1;

xstart = floor(xscenter - ((w*100) / 2));
ystart1= floor(yscenter1 - ((1*100) / 2));
ystart2= floor(yscenter2 - ((1*100) / 2));

antenna(ystart1+1:floor(ystart1+(1*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;
antenna(ystart2+1:floor(ystart2+(1*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;

imagesc(antenna)
colormap gray
elseif at == 'H'
    xscenter = (W*100)/2;

    yscenter1 = (1*100)/2;
    yscenter2 = L*100 - yscenter1;

    xstart = floor(xscenter - ((w*100) / 2));
    ystart1= floor(yscenter1 - ((1*100) / 2));
    ystart2= floor(yscenter2 - ((1*100) / 2));

    antenna(ystart1+1:floor(ystart1+(1*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;
    antenna(ystart2+1:floor(ystart2+(1*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;

    imagesc(antenna)
    colormap gray
elseif at == 'L'
    xscenter = (W-w/2)*100;
    yscenter = (1*100)/2;

    xstart = floor(xscenter - ((w*100) / 2));
    ystart = floor(yscenter - ((1*100) / 2));

    antenna(ystart+1:floor(ystart+(1*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;

    imagesc(antenna)
    colormap gray
elseif strcmp(at, 'ANNRING') == 1

    N = 100;
    r = L;
    center = [L L];
    color = 'k';

    THETA=linspace(0,2*pi,N);
```

```
RHO=ones(1,N)*r;
[X,Y] = pol2cart(THETA,RHO);
X=X+center(1);
Y=Y+center(2);
h=fill(X,Y,color);

hold on

r = 1;
center = [L L];
color = 'w';

THETA=linspace(0,2*pi,N);
RHO=ones(1,N)*r;
[X,Y] = pol2cart(THETA,RHO);
X=X+center(1);
Y=Y+center(2);
h=fill(X,Y,color);

hold off
axis square;

elseif strcmp(at, 'RECTRING') == 1
    xcenter = (W*100) / 2;
    ycenter = (L*100) / 2;

    xstart = floor(xcenter - ((w*100) / 2));
    ystart = floor(ycenter - ((l*100) / 2));

    antenna(ystart+1:floor(ystart+(l*100)), xstart+1:floor(xstart+(w*100)))=1;

    imagesc(antenna)
    colormap gray
end
```

8. ÖZGEÇMİŞ

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Ahmet KAYABAŞI

Doğum Tarihi: 19/04/1980

Öğrenim Durumu: Yüksek Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Elektrik-Elektronik Müh.	Selçuk Üniversitesi	1997-2001
Yüksek Lisans	Elektrik-Elektronik Müh.	Mersin Üniversitesi	2001-2005

Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Öğretim Görevlisi	Selçuk Üniversitesi, Silifke-Taşucu Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü	Kasım 2001 – Devam Ediyor

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

Tezler

Kayabaşı, A. (2005), Mikrodenetleyici kontrollü tek fazlı PFC’li on-line kesintisiz güç kaynağının tasarımı ve gerçekleştirilmesi, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi.

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

1. Toktas A., Bicer M. B., Akdaglı A., **Kayabasi A.** "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, Vol. 25, No: 11-12, 1718-1729, 2011.
2. **Kayabasi A.**, Bicer M. B., Akdaglı A., Toktas A. "Computing Resonant Frequency of H-Shaped Compact Microstrip Antennas Operating at UHF Band by Using Artificial Neural Networks", Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol. 26, No: 4, 833-840, December 2011.

3. Akdagli A., Toktas A., **Kayabasi A.**, Develi İ. " An Application of Artificial Neural Network to Compute the Resonant Frequency of E-Shaped Compact Microstrip Antennas", Journal of Electrical Engineering- Elektrotechnicky Casopis, Vol. 64, No.5, 317-322, September 2013.
4. Akdagli A., Toktas A., Bicer M. B., **Kayabasi A.**, Ustun D., Kurt K. "ANFIS Model for Determining Resonant Frequency of Rectangular Ring Compact Microstrip Antennas", International Journal of Applied Electromagnetics Mechanics, Vol. 46, No. 3, 483-490, 27 February 2014, DOI: 10.3233/JAE-141784.
5. Toktas A., Akdagli A, **Kayabasi A.**, Ustun D. ve Bicer M. B., " A Simple and Accurate Expression for Resonant Frequency Calculation of Annular-Ring Microstrip Antennas", International Journal of Microwave and Wireless Technologies, 1-7, 2014. DOI: 0.1017/S1759078714000890.
6. **Kayabasi A.**, Toktas A., Akdagli A., Bicer M. B. ve Ustun D., "Applications of ANN and ANFIS to Predict the Resonant Frequency of L-shaped Compact Microstrip Antennas", Applied Computational Electromagnetic Society Journal - ACES, Vol. 29, No. 6, 460-469, June 2014.
7. Akdagli A., **Kayabasi A.**, "An Accurate Computation Method Based on Artificial Neural Networks with Different Learning Algorithms for Resonant Frequency of Annular Ring Microstrip Antennas", Journal of Computational Electronics, Vol.13, No: 4, 1014-1019, 2014. DOI: 10.1007/s10825-014-0624-6.
8. **Kayabasi A.**, Akdagli A., "A Novel Method of Support Vector Machine to Compute the Resonant Frequency of Annular Ring Compact Microstrip Antennas", Cogent Engineering, Vol. 2, No: 1, 6 January 2015. DOI:10.1080/23311916.2014.981944.
9. Akdagli A., **Kayabasi A.**, Develi İ. "Computing Resonant Frequency of C-Shaped Compact Microstrip Antennas by Using ANFIS", International Journal of Electronics, Vol.102, No: 3, 407-417, 5 March 2015, DOI: 10.1080/00207217.2014.897379.
10. **Kayabasi A.**, Akdagli A., "Predicting the Resonant Frequency of E-Shaped Compact Microstrip Antennas by Using ANFIS and SVM", accepted for publication in Wireless Personal Communications, Vol. 82, No: 3, 1893-1906, 28 January 2015, DOI: 10.1007/s11277-015-2321-6.

11. **Kayabasi A.**, Akdaglı A., “Usage of ANN and ANFIS Methods for Computing Resonant Frequency of Slot-Loaded Compact Microstrip Antennas”, submitted to Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 2015.

Uluslararası Bildiriler

1. **Kayabasi, A.**, Akkaya, R., “The design and implementation of a microcontroller-based single phase on-line uninterrupted power supply with power factor correction”, ELECO 2009 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Bursa, Vol 1, pp. 442-446, 5-8 Kasım 2009.
2. **Kayabaşı A.**, Akdağlı A., Biçer M. B. ve Toktaş A., “Yapay sinir ağları kullanarak UHF bandında çalışın C şekilli kompakt mikroşerit antenlerin rezonans frekansının belirlenmesi”, V. URSI-Türkiye Bilimsel Kongresi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Kuzey Kıbrıs Kampusu, pp.120-123, 25 - 27 Ağustos 2010.
3. **Kayabasi A.**, Akdaglı A., “A Comparative Study on ANN, ANFIS and SVM Methods for Computing Resonant Frequency of A-Shaped Compact Microstrip Antennas” 17th International Conference on Communication and Information Technology and Engineering, Amsterdam, Netherlands, 6-7 August, 2015, accepted for oral presentation.

Projeler

1. Araştırmacı, “Kompakt mikroşerit antenlerin rezonans frekansının yapay sinir ağları ve bulanık mantık sistemine dayalı uyarlanış ağ kullanarak hesaplanması”, Mersin Üniversitesi, BAP-FBE EEMB (AK) 2014-2 DR.
2. Araştırmacı, “Hastane dışında anne karnındaki bebeğin kalp atış seyrini ölçen ve kablosuz olarak ileten NST cihaz tasarımı”, TUBİTAK 1507, Proje No: 7140240.

Verilen Dersler

Akademik Yıl	Yarıyıl	Üniversite	Bölüm	Ders
2013-2014	Güz	Selçuk Üniversitesi	Silifke-Taşucu MYO Elektronik Teknolojisi Programı	Sayısal Elektronik
				Mikrodenetleyiciler
				Bilgisayar Destekli Çizim
				Sistem Analizi ve Tasarımı
2013-2014	Bahar	Selçuk Üniversitesi	Silifke-Taşucu MYO Elektronik Teknolojisi Programı	Sayısal Tasarım
				İleri Mikrodenetleyiciler
				Bilgisayar Destekli Tasarım
				Radyo-TV Teknolojisi
2014-2015	Güz	Selçuk Üniversitesi	Silifke-Taşucu MYO Elektronik Teknolojisi Programı	Sayısal Elektronik
				Bilgisayar Destekli Tasarım
				Matematik
				Bilgisayar Destekli Çizim
				Mikrodenetleyiciler
2014-2015	Bahar	Selçuk Üniversitesi	Silifke-Taşucu MYO Elektronik Teknolojisi Programı	Sayısal Tasarım
				Elektronik Devre Tasarımı
				Mesleki Matematik
				İleri Mikrodenetleyiciler
				Elt. Haberleşme Teknikleri