

MŞA rezonans frekansı hesabında YSA ve DVM karşılaştırılması

Seyfettin VURAN¹, M. Bahattin KURT², Mehmet Sıraç ÖZERDEM²

¹ Dicle Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Diyarbakır

² Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

Makale Gönderme Tarihi: 23.12.2016

Makale Kabul Tarihi: 12.02.2017

Öz

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

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

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

Anahtar Kelimeler: HFSS, Mikroşerit Yama Antenler, Rezonans Frekansı, Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makinası

Giriş

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

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

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

MŞA'ların günümüz teknolojisinde gittikçe artan kullanımı, çok farklı uygulamalar için farklı tasarım gereksinimleri, bu antenlerin temel dezavantajı olan dar bant, düşük kazanç gibi özelliklerinin iyileştirilmesi gibi nedenlerden devamlı yeni tasarımlar denenmekte, antenlerin tüm fiziksel ve elektriksel parametrelerinde, besleme türlerinde farklı varyasyonlar yapılarak istenilen uygulamalara daha elverişli tasarımlar elde edilmeye çalışılmaktadır. Tüm bunlar yapılırken kullanılan paket programların her bir değişiklik ve oynamada tüm hesapları yeniden yapması ve bu hesapların

fazla zaman alması ve hatta bilgisayar kaynaklarını zorlaması, yeni anten yapılarının geliştirilmesinde büyük bir problem teşkil etmiştir. Bu dar boğazı aşmak için alternatif yöntem arayışlarında yapay zekâ yöntemleri oldukça tatmin edici sonuçlar vermiştir. Bu yöntemlerde tasarlanan modelin eğitimi ilk etapta fazla sürmesine karşın, bir defa ağ eğitimi yapıp, öğrenme gerçekleştirildikten sonra, ağa verilen girdilere karşılık çok hızlı bir şekilde istenen sonuca ulaşılmaktadır.

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

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

Yapılan literatür taramasında (Koçer 2009, Türker ve ark. 2006, Singh ve ark. 2013, Zheng ve ark. 2010, Angiulli ve ark. 2007, Kayabasi ve Akdagli 2015, Akdagli ve ark. 2013, Kayabasi ve ark. 2014, Akdagli ve ark. 2014, Kayabaşı 2015, Bose ve Gupta 2011, Cheng ve ark. 2006, Yakut ve ark. 2014), incelediğimiz kadarıyla, YSA ve DVM metodlarıyla gerçekleştirilen anten tasarımlarında, tasarlanan modelin güvenilirliğini sağlayan çapraz doğrulama metodunun uygulanmadığı tespit edilmiş ve bu nedenle bu çalışmada bir hedef olarak ta çapraz doğrulama yönteminin kullanılması amaçlanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada; DMŞA'nın rezonans frekansı hesaplamasında, YSA ve DVM modellerinin doğruluk yüzdelerinin karşılaştırılması hedeflenmiş ve bunun daha güvenilir olması amacıyla çalışmada çapraz doğrulama yaklaşımı kullanılmıştır. HFSS ile

elde edilen f_r değerleri ile YSA ve DVM modellerinde elde edilen f_r değeri için hata oranı karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur.

Materyal ve Metot

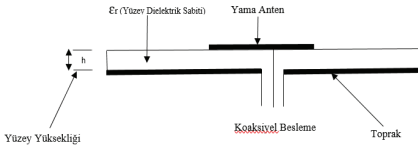
DMŞA Fiziksel Yapısı

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

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

- Mikroşerit Besleme
- Koaksiyel Besleme
- Açık Kuplajlı Besleme
- Yakınlık Kuplajlı Besleme

Bu çalışmada kullanılan koaksiyel beslemeli DMŞA'nın yandan görünümü Şekil 1'de, üstten parametrelili gösterimi de Şekil 2'de sunulmuştur.

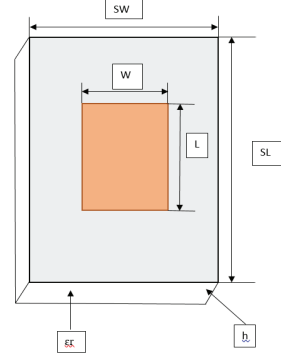


Şekil 1. Dikdörtgen mikroşerit yama anten yandan görünümü

Şekil 2'de, DMŞA'ya ait W , denklem (1) kullanılarak şu şekilde elde edilir.

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

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



Şekil 2. DMŞA tasarımına ilişkin parametre gösterimi

$$\epsilon_{ref} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right] \quad (2)$$

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

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_o \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

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

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_r - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

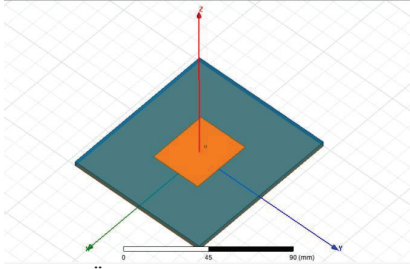
Yama boyu L ise denklem (5) ile şu şekilde ifade edilir.

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

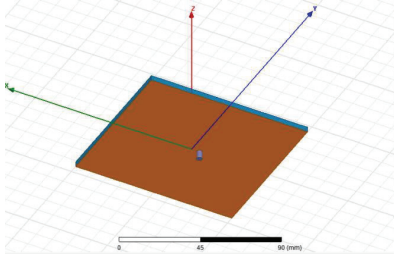
HFSS ile DMŞA Tasarımı

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

HFSS programı kullanılarak koaksiyel beslemeli DMŞA modeli, program ara yüzünde Şekil 3'te gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



a. Üstten görünüş



b. Alttan görünüş

Şekil 3. HFSS ortamında DMŞA gösterimi

Öncelikle anteni oluşturan parametrelerin aralığı belirlenmiştir. HFSS tasarımında kullanılan parametreler Şekil 2’de gösterildiği şekliyle şöyledir;

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

2.4 GHz Anten Tasarımı ve Karakteristik İncelemesi

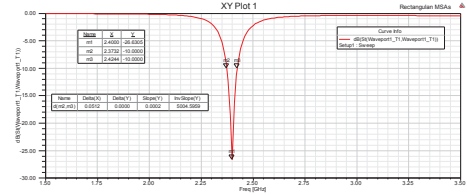
Bu bölümde HFSS programı ara yüzünde oluşturulan modelle aşağıdaki parametre değerleri için tasarlanan DMŞA’ nın karakteristik özellikleri incelenmiştir.

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

Yukarıdaki parametreler ile yapılan anten tasarımında elde edilen rezonans frekansı, geri dönüş kaybı (return loss) ve bant genişlik değerleri aşağıda

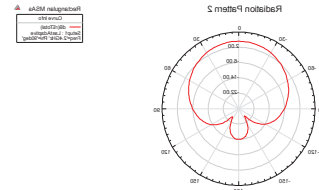
ifade edilmiştir. Ayrıca bulunan değerlere ilişkin XY Grafiği Şekil 4’te gösterilmiştir.

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



Şekil 4. $f_r= 2.4$ GHz olan DMŞA’nın S_{11} grafiği

Tasarımı yapılan DMŞA’ ya ilişkin yukarıda seçilen parametrelere göre elde edilen ışınma örüntüsü Şekil 5’te gösterilmiştir.

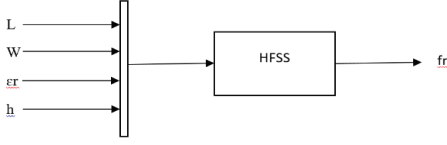


Şekil 5. Tasarlanan DMŞA’nın Işınma Örüntüsü

Tasarlanan DMŞA ile veri kümesi oluşturma

L, W, h, ϵ_r parametrelerine ilişkin aşağıda gösterilen elektriksel ve fiziksel parametre aralıkları kullanarak HFSS programı aracılığıyla veri dizisi oluşturulmuştur(Şekil 6). Oluşturulan veri kümesinde L, W, h ve ϵ_r giriş değerleri ve bunlara karşılık HFSS programının ürettiği rezonans frekansı (f_r), çıkış parametresi olmak üzere farklı değerlerde 210 adet veri üretilmiştir.

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



Şekil 6. HFSS'de tasarlanan DMŞA ile veri üretim modeli

Elde edilen bu 210 adet veri kümesi, çapraz doğrulama kullanacağımız YSA ve DVM'de kullanılmak üzere; 30'arlı yedi parçaya bölünmüş ve bölünen bu parçalara ilişkin yapı Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. 210 Adet veri kümeleri ve 7 kümeye sınıflandırma çizelgesi

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

Yapay Sinir Ağları

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

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

- Giriş Katmanı – W, L, ϵ_r, h
- Gizli Katman – Nöron
- Çıkış Katmanı - f_r

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

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

Kullanılan YSA modeline ilişkin parametreler Tablo 2.'de gösterilmiştir.

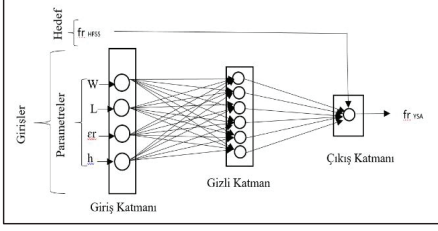
Tablo 2. YSA parametreleri

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

Tez Kapsamında Tasarlanan YSA Mimarisi ve Öğrenme Algoritması

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

Çalışmada kullanılan mimari $4 \times n \times 1$ şeklindedir. Gizli katman nöron sayısı [5:15] aralığında denenmiş ve en uygun performansın $n = 6$ ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla YSA mimarisi olarak $4 \times 6 \times 1$ kullanılmıştır. Mimari yapı Şekil 7'de gösterilmiştir.

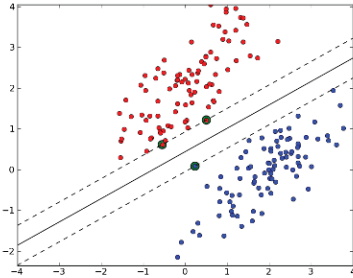


Şekil 7. YSA modelinin blok diyagramı

Destek Vektör Makinesi

Bir destek vektör makinesi, verileri en uygun olarak iki kategoriye ayıran n-boyutlu bir hiper düzlem oluşturmaktadır. DVM modelleri yapay sinir ağlarıyla yakından ilişkili olup, sigmoid bir çekirdek fonksiyonu kullanan DVM; iki katmanlı, ileri beslemeli bir yapay sinir ağına sahiptir (Haykin, 1999: 318)

DVM parametrik olmayan sınıflamadır. Sınıflandırma için bir düzlemde bulunan iki grup arasında bir sınır çizilerek iki grubu ayırmak mümkündür. Bu sınırın çizileceği yer ise iki grubun da üyelerine en uzak olan yer olmalıdır. İşte DVM bu sınırın nasıl çizileceğini belirler. Bu yöntemde işlemin yapılması için iki gruba da yakın ve birbirine paralel iki sınır çizgisi çizilir ve bu sınır çizgileri birbirine yaklaştırılarak ortak sınır çizgisi üretilir. Uygulama alanı olarak sınıflandırma ve regresyon işlemlerinde yüksek performans gösterir. Şekil 8'de DVM yöntemine ilişkin şekil gösterilmiştir.



Şekil 8. DVM yöntemiyle 2 sınıflı veriyi ayırma

Fonksiyon tahmin etme işlemine uygun olan LS-SVM regresyon kullanılarak yapılan incelemede, bu algorithmda Gaussian RBF (Radial Basis Function) çekirdeği kullanılarak modelleme yapılmıştır. DVM

algoritmasına ait kullanılan parametreler Tablo 3.'de gösterilmiştir.

Tablo 3. DVM parametreleri

Parametreler
RBF kernel
L_Fold
Simplex
Rcrossvalidate1ssvm
Mac
Myriad

DVM modelinde üç çeşit ağırlık denemesi yapılarca düşük hata oranı test edilmiştir. Ağırlık olarak huber, myriad ve hampel yöntemleri test edildikten sonra en düşük hata oranı myriad olarak belirlenerek, çalışma içerisinde "myriad" ağırlığı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında HFSS programı aracılığıyla, DMŞA antenin fiziksel koşulları simüle edilerek, araştırma sürecinde kullanılacak olan veri kümelerinin elde edilmesi sağlanmıştır.

HFSS programı aracılığıyla elde edilen 210 adet veri kümesi kullanılarak Matlab ortamında YSA ve DVM metotları karşılaştırması için yapılan bu çalışmada yapılanlar şöyle sıralanabilir.

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

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

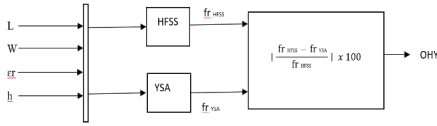
YSA ve DVM metoduyla ilk etapta ağız eğitilmesi için, HFSS aracılığıyla elde edilen 210 adet veri [0 1] aralığında normalize edilmiştir. Normalize edilirken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

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

Normalize edilen değerlerle YSA ve DVM'nin eğitim sürecine başlanarak, ilk etapta 180 adet veri ile belirlenen YSA ve DVM parametrelerine göre ağız eğitimi yapılmış ve oluşturulan model üzerinden 30 adet test kümesi için OHY değeri hesaplanmıştır. Tablo 1'de gösterilen veri kümesi dağılımı yönergesine göre 7 defa eğitim ve test kümeleri kaydırılarak yeniden OHY hesaplanarak, 7 seviyeli çapraz doğrulama sonucu olarak, YSA ve DVM için ÇDOHY sonucu elde edilmiştir.

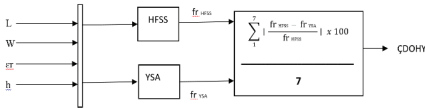
YSA Tasarımı ile Elde Edilen OHY ve ÇDOHY;

Tasarlanan YSA modeli ile HFSS programı ile elde edilen rezonans frekansları arasındaki OHY ilişkinin formül Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. HFSS ve YSA modellemesi ve OHY gösterimi

HFSS ve tasarlanan YSA modeli ilişkin bulunan değerler çapraz doğrulamaya tabi tutularak bulunan $f_r(\text{YSA})$ ile $f_r(\text{HFSS})$ arasında ÇDOHY'ye ilişkin formül Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. HFSS ve YSA modelleri ve ÇDOHY gösterimi

Çalışma sonucunda elde edilen YSA için en düşük OHY değeri ve karşılık gelen elektriksel ve fiziksel parametreleri Tablo 4. ile gösterilmiştir.

Tablo 4. YSA için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

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

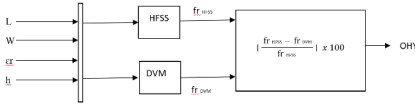
7 seviyeli çapraz doğrulama neticesinde elde edilen YSA modeli f_r bulma problemine bir yaklaşım olarak elde edilen sonuçlar Tablo 5.'de gösterilmiştir.

Tablo 5. YSA modelleme ile 7 seviyeli ÇDOHY değerleri

Veri Seçimi	OHY
1	0,425
2	0,455
3	0,271
4	0,349
5	1,043
6	0,474
7	0,555
ÇDOHY_{YSA}	0,510

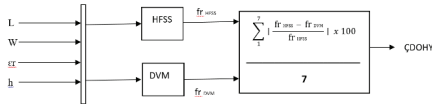
DVM Tasarımı ile Elde Edilen OHY ve ÇDOHY Bulguları

Tasarlanan DVM modeli ile HFSS programı ile elde edilen rezonans frekansları arasındaki (f_r DVM ile f_r HFSS arasında) OHY ilişkin formül Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. HFSS ve DVM modellemesi ve OHY gösterimi

DMŞA'ya ait rezonans frekansı ve tasarlanan DVM modeline ilişkin bulunan değerler çapraz doğrulamaya tabi tutularak f_r (DVM) ile f_r (HFSS) arasında ÇDOHY ilişkin formül Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. HFSS ve DVM modellemesi ve ÇDOHY gösterimi

Çalışma sonucunda elde edilen DVM için en düşük OHY değeri ve karşılık gelen elektriksel ve fiziksel parametreleri Tablo 6. ile gösterilmiştir.

Tablo 6. DVM için elektriksel ve fiziksel parametreler ve OHY

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

7 katmanlı çapraz doğrulama neticesinde elde edilen DVM modeli f_r bulma problemi için elde edilen sonuçlar Tablo 7.'de gösterilmiştir.

Tablo 7. DVM modelleme ile 7 seviyeli ÇDOHY değerleri

Veri Seçimi	OHY
1	0,415
2	0,507
3	0,319
4	0,998
5	1,360
6	1,068
7	0,870
ÇDOHY_{DVM}	0,791

YSA ve DVM Sonuçları;

YSA ve DVM metotları kullanılarak yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar ışığında, her iki metotlarıyla OHY değeri bulunmuştur. Ayrıca modellenen yapay zekâ metotlarına uygulanan çapraz doğrulama ile bulunan hata yüzdelerinin YSA ve DVM OHY – ÇDOHY değerlendirme tablosu Tablo 8.'de verilmiştir.

Tablo 8. YSA ve DVM OHY – ÇDOHY Değerleri

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

Literatürde, benzer çalışmalar için bulunan sonuçlarla bu çalışmada bulunan sonuçlara ilişkin Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Yapılan çalışma ve literatür karşılaştırmaları

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

Sonuç ve Öneriler

Sonuç

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

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

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

OHY (%) : 0,271
ÇDOHY (%) : 0,510

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

OHY (%) : 0,319
ÇDOHY (%) : 0,791

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

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

Çalışma neticesinde elde edilen bulgular doğrultusunda bir DMŞA anten için Yapay Zekâ metotlarıyla, antene ilişkin fiziksel ve elektriksel parametrelerle rezonans frekansını elde etme işlemlerinde, YSA ve DVM metotlarının çok iyi sonuçlar vererek çok düşük hata oranlarıyla çıkış rezonans frekansının elde edilebildiği sonucuna varılmıştır. YSA metodunun DMŞA' ya ait rezonans frekansını tahmin etmede

daha başarılı olduğu ve bu tarz çalışmalar için hızlı ve iyi performansa sahip YSA modelin önerilebileceği kanaatine varılmıştır.

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

Öneriler

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

Kaynaklar

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

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

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

Akdagli, A., Toktas, A., Kayabasi, A., Develi, İ., (2013). An Application Of Artificial Neural Network To Compute The Resonant Frequency Of E-Shaped Compact Microstrip Antennas. *Journal Of Electrical Engineering*, Vol. 64, No. 5.

Kayabasi, A., Toktas, A., Akdagli, A., Mustafa B. Bicer, B.M., Ustun, D., (2014). Applications of ANN and ANFIS to Predict the Resonant Frequency of L-Shaped Compact Microstrip Antennas. *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, Vol. 29, No. 6.

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

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

Koçer, D., (2009). Daire ve Dikdörtgen Geometrik Yapılı Mikroşerit Antenlerin Simülasyonun ve Rezonans Frekanslarının YSA ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans, Selçuk Üniv. Fen B. Ens Konya.

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

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

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

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

Kayabaşı, A., (2015). Kompakt Mikroşerit Antenlerin Rezonans Frekansının YSA ve Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanı Ağ Kullanarak Hesaplanması. Doktora Tezi, Mersin Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Cheng, J., Qian, J.S., Guo, Y.N., (2006). Least Squares SVM for Gas Concentration Forecasting in Coal Mine. *IJCSNS Int J of Computer Sci and Network Security*, Vol6 No.6.

Yakut, E., Elmas, B., Yavuz, S., (2014). YSA ve DVM Yöntemleriyle Borsa Endeksi Tahmini. Süleyman Demirel Üniv İktisadi ve İdari Bilimler Fak Dergisi, Vol19, No.1, Pages 139-157.

Ansoft Corporation, HFSS Simulation Tool.

MATLAB R2015b

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

Comparison of ANN and SVM methods for computing resonant frequency of RMSA

Extended abstract

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

In literature as far as we can examine, in the papers that are use ANN and SVM algorithm for computing resonant frequency of MSA, it is recognized that cross validation approximation providing the reliability of designed model is not used, and therefore using the applying cross validation has been also a target of the of this study. With this, it is aimed to prevent the developed model from giving misleading results.

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

Results obtained from this study shows that in the process of obtaining resonance frequency by using ANN and SVM methods with the electrical and physical parameters of RMSA as inputs, output resonance frequency can be accurately obtained very quickly after a training stage with very low error rates. In this study, it is found that ANN is more successful than SVM in obtaining resonance frequency of RMSA.

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