



**YAPAY SİNİR AĞI TABANLI DATA
KABLOSU PARAMETRELERİ
TAHMİNİ**

Pelin ÖZTÜRK

**Yüksek Lisans Tezi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hafız ALİSOY**

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YAPAY SİNİR AĞI TABANLI DATA KABLOSU
PARAMETRELERİ TAHMİNİ**

PELİN ÖZTÜRK

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. HAFIZ ALİSOY

TEKİRDAĞ – 2019

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Hafız ALİSOY danışmanlığında, Pelin ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “Yapay Sinir Ağı Tabanlı Data Kablosu Parametreleri Tahmini” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Hafız ALİSOY

İmza:

Üye: Doç. Dr. Reşat MUTLU

İmza:

Üye: Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

İmza :

(Faint signature watermark)

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPAY SİNİR AĞI TABANLI DATA KABLOSU PARAMETRELERİ TAHMİNİ

Pelin ÖZTÜRK

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hafız ALİSOY

Kablo endüstrisinde, üretilecek bir kablonun parametrelerinin tahmini, deneme ve yanılma yöntemleri ile kablo üretiminden kaynaklanan üretim sürecinin maliyetinin azaltılması önemli bir konu haline gelmiştir. Veri kablosu üretiminde, Sinyal hızı, Karakteristik empedans, Yakın uç çapraz konuşma (NEXT), ve Geri dönüş kaybı (RL) gibi kablo parametreleri, kablonun fiziksel boyutlarına ve birim uzunluğun endüktansına, kapasitansına, elektriksel direncine, kablonun kaçak iletkenliğine bağlıdır. İstenilen kablo parametrelerini elde etmek için, üretimde genellikle deneme ve yanılma yöntemleri kullanılır ve her ayrı bir deneme için, buna bağlı olarak bir maliyet ve üretim süresi ortaya çıkar. Kablo parametreleri, fiziksel boyutların ve üretim parametrelerinin doğrusal olmayan fonksiyonlarıdır. Bu sorunun üstesinden gelmek için, tahmin yeteneklerinden dolayı Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılabilir. Bu çalışmada, CAT 6A kablosu yüksek frekans parametreleri kablonun düşük frekans elektriksel parametreleri ile üretim ve makine parametrelerini giriş olarak alan YSA kullanılarak tahmin edilecektir ve YSA'nın eğitimi için gerekli veriler bir kablo fabrikasında CAT 6A kablosu üretim sürecinde ölçülmüştür. Bu deney sonuçlarını kullanarak, her bir kablo parametresini tahmin etmek için ayrı yapay sinir ağı modeli önerilmiştir. Veriler eğitim, test ve doğrulama kümelerine ayrılmıştır. Bu YSA eğitim veri kümesiyle eğitilmiştir ve ardından performansı test ve sınama veri kümeleriyle incelenmiştir. Sonuç olarak, eğitilen YSA kullanılarak, CAT 6A haberleşme kablolarını verimli bir şekilde üretmek parametre tahmininde için kullanılabileceği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: YSA, Yapay Sinir Ağı, Parametre Tahmini, Yüksek Frekans Kabloları, Kablo Modelleme, Parametre optimizasyonu.

2019, 110 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

ANN BASED CABLE PARAMETERS PREDICTION

Pelin ÖZTÜRK

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electronics and Communications Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Hafız ALİSOY

In the cable industry, prediction of parameters of a cable to be produced has become an important issue in order to reduce the cost of manufacturing process resulting from trial and error cable in production are used and for every trail there is an associated cost and production time production. In data cable production, the cable parameters such as signal speed, Characteristic impedance, Near-end cross-talk (NEXT), and Return loss (RL) are dependent on the physical dimensions and the manufacturing parameters such as inductance, capacitance, resistance, leakage conductance of the cable per unit length and the measured” capacitance per unit length. In order to obtain the desired cable parameters, commonly trial and error methods required. Cable parameters are nonlinear functions of the physical dimensions and the manufacturing parameters. To overcome this problem, Artificial Neural Networks (ANNs) can be used due to their prediction ability. In this study, CAT6A data cable high frequency parameters are predicted using ANNs which takes the cable low frequency electrical parameters with process and manufacturing parameters as inputs and the data required to train the ANN are measured during manufacturing process of CAT 6A data cable in a cable factory. Using the experimental results, a neural network model is proposed to predict for each one of the cable parameters. The data is divided into training, test and verification data sets. The ANNs’ performance are examined using the data sets. As a result, It has been found that the trained ANN can be used to predict cable parameters efficiently to manufacture CAT 6A cables.

Keywords : ANN, Neural network, Parameter Prediction, High Frequency Cables, Cable Modeling, Parameter optimization.

2019, 110 pages

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ	ix
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPAY SİNİR AĞLARI	5
2.1 Tanım.....	5
2.2 Tarihsel Gelişim ve Geleceği	6
2.3 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri	7
2.3.1 Paralellik özelliği.....	8
2.3.2 Doğrusal olmama.....	8
2.3.3 Öğrenme ve genelleme özelliği	9
2.3.4 Hata toleransı	9
2.3.5 Uyarlanabilme özelliği	9
2.3.6 Donanım ve hız.....	9
2.4 Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları	10
2.5 Yapay Sinir Ağı Modelinin Temel Bileşenleri.....	10
2.5.1 Girişler	11
2.5.2 Ağırlıklar	11
2.5.3 Toplama işlevi	11
2.5.4 Aktivasyon işlevi	12
2.5.5 Çıkışlar	13
2.6 Yapay Sinir Ağının Yapısı	13
2.6.1.Giriş katmanı	13
2.6.2 Gizli katman	13
2.6.3. Çıkış katmanı.....	14
2.7 Yapay Sinir Ağı Türleri.....	14
2.7.1 İleri beslemeli ağlar	15
2.7.2 Geri beslemeli ağlar.....	15
2.8 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Türleri	16
2.8.1 Danışmanlı öğrenme.....	16
2.8.2 Danışmansız öğrenme.....	18
3. HABERLEŞME KABLOLARI	19
3.1 Çift Bükümlü Kablolar	19
3.1.1 UTP kablo (kalkansız bükülmüş çift/ unshielded twisted pair).....	20
3.1.2 STP kablo (kalkanlı bükülmüş çift/ shielded twisted pair)	21
3.2 CAT 6A U/FTP Data Kablosu.....	21
3.2.1 CAT 6A Yapısı.....	22
3.3 Data Kabloları Elektriksel Parametreleri.....	23
3.3.1 Düşük frekans (LF) testi parametreleri.....	23
3.3.1.1 Direnç	24
3.3.1.2 Direnç dengesizliği	24
3.3.1.3 Kapasite	25
3.3.1.4 Kapasite dengesizliği.....	25

3.3.2 Yüksek frekans (HF) testi parametreleri	25
3.3.2.1 NEXT (Near-end crosstalk).....	27
3.3.2.2 PS-NEXT (Power-sum next).....	28
3.3.2.3 Empedans	29
3.3.2.4 RL (Return Loss).....	31
3.3.2.5 IL (Insertion Loss).....	32
3.4 Data Kablosu Üretim Prosesi Etkileri	33
3.5 Data Büküm Makinesi (Hattı)	34
4. CAT 6A U/FTP DATA KABLOSUNUN YÜKSEK FREKANS	
PARAMETRELERİNİN YSA İLE TAHMİNİ.....	37
4.1 Değişken Seçimi	37
4.2 Veri Toplama.....	39
4.3 Sinir Ağı Yapısının Seçimi.....	54
4.4 Yapay Sinir Ağı'nın Eğitimi.....	59
4.4.1 Data büküm hattı-4 (DBH-4) makinesi verileri ile ilgili çıkışlar için seçilen yapay sinir ağlarının eğitimi, testi ve sınanması	60
4.4.2 Data büküm hattı-5 (DBH-5) makinesi verileri ile ilgili çıkışlar için seçilen yapay sinir ağlarının eğitimi, testi ve sınanması	77
4.5 YSA Eğitim Sonuçları	88
4.5.1 DBH-4 makinesi eğitim sonuçları	94
4.5.2 DBH-5 makinesi eğitim sonuçları	98
5. SONUÇLAR.....	102
6. KAYNAKLAR.....	105
ÖZGEÇMİŞ	110

Çizelge 2.1 : Sayısal bilgisayarlar ve yapay sinir ağlarının bazı özellikleri.....	8
Çizelge 3.1 : CAT 6A kablosu elektriksel özellikler (20°C) (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	23
Çizelge 4.1 : Modelde giriş olarak kullanılan parametreler	38
Çizelge 4.2 : Modelde çıkış olarak tahmin edilen parametreler	38
Çizelge 4.3 : DBH-4 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler	40
Çizelge 4.4 : DBH-4 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam).....	41
Çizelge 4.5 : DBH-4 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler	42
Çizelge 4.6 : DBH-4 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devam)	43
Çizelge 4.7 : DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler	44
Çizelge 4.8 : DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam).....	45
Çizelge 4.9 : DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam).....	46
Çizelge 4.10 : DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam).....	47
Çizelge 4.11 : DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam).....	48
Çizelge 4.12 : DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler.....	49
Çizelge 4.13 : DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)	50
Çizelge 4.14 : DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)	51
Çizelge 4.15 : DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)	52
Çizelge 4.16 : DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)	53
Çizelge 4.17 : Ağın giriş ve çıkış parametreleri	59
Çizelge 4.18 : DBH-4 ve DBH-5 makinelerinin eğitim sonuçları	90
Çizelge 4.19 : DBH-4 ve DBH-5 makinelerinin tahmin sonuçlarının doğrulukları.....	91
Çizelge 4.20 : DBH-4 Yapay sinir ağlarının karakteristik empedans çıktılarının MAPE değerleri ve ağın başarısı	94
Çizelge 4.21 : DBH-4 Yapay sinir ağlarının RL çıktılarının MAPE değerleri ve ağın başarısı	95
Çizelge 4.22 : DBH-4 Yapay sinir ağlarının NEXT çıktılarının MAPE değerleri ve ağın başarısı	96
Çizelge 4.23 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans target, output, hata ve hata yüzdeleri	98
Çizelge 4.24 : DBH-5 Yapay sinir ağlarının karakteristik empedans çıktılarının MAPE değerleri ve ağın başarısı	99
Çizelge 4.25 : DBH-5 Yapay sinir ağlarının RL çıktılarının MAPE değerleri ve ağın başarısı	99
Çizelge 4.26 : DBH-5 Yapay sinir ağlarının NEXT çıktılarının MAPE değerleri ve ağın başarısı	100
Çizelge 4.27 :DBH-5 Makinesi mavi-beyaz per empedans target, output, hata ve hata yüzdeleri	101

Şekil 2.1 : Bir sinir hücresi	5
Şekil 2.2 : Bir sinir hücresinin yapay modeli (Uslu 2016)	6
Şekil 2.3 : Yapay sinir ağı bileşenleri.....	11
Şekil 2.4 : Kullanılan aktivasyon fonksiyonları; (a) Birim basamak fonksiyonu, (b) Doğrusal fonksiyon, (c) Hiperbolik tanjant fonksiyon, (d) Sigmoid fonksiyon	12
Şekil 2.5 : Yapay sinir ağı katmanları	14
Şekil 2.6 : İleri beslemeli ağlar	15
Şekil 2.7 : Geri beslemeli ağlar	16
Şekil 2.8 : Danışmanlı öğrenme modeli (Güzel 2018)	16
Şekil 2.9 : Danışmansız öğrenme modeli (Güzel 2018).....	18
Şekil 3.1 : Bükülü çift kablo.....	19
Şekil 3.2 : Cat 5 UTP kablo (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	20
Şekil 3.3 : CAT 6A STP kablo (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır).....	21
Şekil 3.4 : Cat 6A U/FTP kablo yapısı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	21
Şekil 3.5 : Cat 6A U/FTP dairesel kesit (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır).....	22
Şekil 3.6 : RCKE test cihazı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	24
Şekil 3.7 : Üzerinden akım geçen tel.....	24
Şekil 3.8 : Network analyzer test cihazı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır).....	25
Şekil 3.9 : CAT 6A U/FTP data kablosu konnektör takılı hali (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	26
Şekil 3.10 : Kablonun alt ve üst uçlarının network analyzer test cihazına bağlantısı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır).....	26
Şekil 3.11 : Turuncu ve mavi perlerin NEXT girişimleri.....	28
Şekil 3.12 : Cat 6A U/FTP kablo NEXT ölçümü (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	28
Şekil 3.13 : PS-NEXT girişimleri.....	28
Şekil 3.14 : Cat 6A U/FTP kablo PS-NEXT ölçümü (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	29
Şekil 3.15 : Giriş empedans devresi	30
Şekil 3.16 : Cat 6A U/FTP kablo giriş empedansı ölçümü (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	30
Şekil 3.17 : Kablo içerisinde RL yansımaları.....	31
Şekil 3.18 : Cat 6A U/FTP kablo RL ölçümü (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır).....	31
Şekil 3.19 : Cat 6A U/FTP kablo IL ölçümü (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	33
Şekil 3.20 : Data büküm makinesi-5/DBH-5 (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır).....	35
Şekil 3.21 : Mor yay ve mor yay teknik dökümanı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	36
Şekil 4.1 : Data kablosu üretim ve kalite kontrol prosesi	38
Şekil 4.2 : Yapay sinir ağı Toolbox (NNTool) penceresi.....	55
Şekil 4.3 : Yapay sinir ağı Toolbox veri seçim penceresi	55
Şekil 4.4 : Eğitim, test ve sınam (training, test, validation) verilerinin rastgele ayrıştırılmasının yüzdelerinin seçimi	56
Şekil 4.5 : Ağ mimarisi ve gizli katman sinir hücresi sayısı seçimi	57
Şekil 4.6 : Eğitim penceresi.....	58

Şekil 4.7 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz empedans değeri veri ve ağ seçimi.....	60
Şekil 4.8 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değerin % olarak dağılımı/ bölümü.....	61
Şekil 4.9 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri neural network yapısı	62
Şekil 4.10 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri ağ çıktısı regresyon değerleri.....	62
Şekil 4.11 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri için hata histogramı	63
Şekil 4.12 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri için ağın çıktı kayıtlarının yapılması	64
Şekil 4.13 : DBH-4 makinesi turuncu-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	65
Şekil 4.14 : DBH-4 makinesi yeşil-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	66
Şekil 4.15 : DBH-4 makinesi kahve-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	67
Şekil 4.16 : DBH-4 makinesi mavi-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	69
Şekil 4.17 : DBH-4 makinesi turuncu-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	70
Şekil 4.18 : DBH-4 makinesi yeşil-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	71
Şekil 4.19 : DBH-4 makinesi kahve-beyaz RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması..	72
Şekil 4.20 : DBH-4 makinesi mavi-turuncu NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	73
Şekil 4.21 : DBH-4 makinesi turuncu-yeşil NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	74
Şekil 4.22 : DBH-4 makinesi yeşil-kahve NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	75
Şekil 4.23 : DBH-4 makinesi kahve-yeşil NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	76
Şekil 4.24 : DBH-5 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	78
Şekil 4.25 : DBH-5 makinesi turuncu-beyaz per empedans değeri ağ seçimi, eğitimi ve sınaması	79
Şekil 4.26 : DBH-5 makinesi yeşil-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	80
Şekil 4.27 : DBH-5 makinesi kahve-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	81
Şekil 4.28 : DBH-5 makinesi mavi-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	82
Şekil 4.29 : DBH-5 makinesi turuncu-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	83
Şekil 4.30 : DBH-5 makinesi yeşil-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	84
Şekil 4.31 : DBH-5 makinesi kahve-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	85

Şekil 4.32 : DBH-5 makinesi mavi-turuncu NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	86
Şekil 4.33 : DBH-5 makinesi yeşil-kahve NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması	87
Şekil 4.34 : İkili büküm (Double Twist) DBH-4 makinesi (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	93
Şekil 4.35 : Üçlü büküm (Triple Twist) DBH-5 makinesi (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)	93
Şekil 4.36 : DBH-4 Makinesi karakteristik empedans performans sütun grafikleri	94
Şekil 4.37 : DBH-4 Makinesi RL performans sütun grafikleri	95
Şekil 4.38 : DBH-4 Makinesi NEXT performans sütun grafikleri.....	97
Şekil 4.39 : DBH-5 Makinesi karakteristik empedans performans sütun grafikleri	99
Şekil 4.40 : DBH-5 Makinesi RL performans sütun grafikleri	100



SİMGELER DİZİNİ

A	: Zayıflama Değeri
AST	: Kablo Özü (bükülü) Toplayıcı Kabini
AWG	: Amerikan Kablolama Ölçü Birimi
β	: Faz Sabiti
CRT	: Kablo Özü (bükülü) Çekici ve Büküm Kabini
dB	: Desibel
DBH-4	: Data Büküm Hattı-4 Makinesi
DBH-5	: Data Büküm Hattı-5 Makinesi
e_k	: k. Nöronun Hatası
$f(u)$	: Aktivasyon Çıkış Fonksiyonu
FFT	: Hızlı Fourier Dönüşümü
GTSD	: Makara Boşaltıcı ve Büküm Kabini
HF	: Halojensiz
HF	: Yüksek Frekans
IL	: Insertion Loss
L	: Uzunluk
LAN	: Yerel Alan Ağı
LM	: Levenberg-Manquardt
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MSE	: Ortalama Kare Hatası
N	: Yapay Sinir Ağına O Anki Tekrar (iterasyon) Sayısı
NEXT	: Near-End Crosstalk
$Output_i$	: Ağına i. Tahmin Değeri
P_s	: Girişteki Sinyalin Gücü
P_d	: Alıcı Uçtaki Sinyal Gücü
PVC	: Polivinil Klorür
PS-NEXT	: Power-Sum Next
R	: Regresyon
R^2	: Korelasyon
RCKE	: Direnç ve Kapasite Ölçer
RL	: Geri Dönüş Kaybı
RMSE	: Hataların Karesinin Ortalamasının Karekökü
SSerror	: Hataların Kareleri Toplamı
SStotal	: Gerçek Değerlerin Sapmalarının Kareleri Toplamı
SRT	: İzole Çekici Ünitesi
STP	: Kalkanlı Bükülmüş Çift
θ_j	: Eşik Değeri
$\tan \beta$	: Faz Açısının Tanjantı

$Target_i$	: i. Gerçek Çıktı Değeri
$Target_{ort}$	: Gerçek Çıktı Değerlerin Ortalaması
TRLB	: Folyo Boşaltıcı Ünitesi
UTP	: Kalkansız Bükülmüş Çift
V_i	: Aktivasyon Fonksiyonu Girişi
V_{ort}	: Ortalama Hata Değeri
W	: Ağırlıklar Matrisi
W_{ij}	: j. Gizli Sinir Hücresi İle i. Çıktı Sinir Hücresi Arasındaki Ağırlık
X	: YSA Giriş Matrisi
YSA	: Yapay Sinir Ağları
y_k	: k. Nöronun Çıkışı Değeri
Z_{in}	: Giriş Empedansı
z_k	: Yapay Sinir Ağı İstenilen Çıkış Değeri
Z_L	: Yük Empedansı

ÖNSÖZ

Aylar süren yoğun, verimli ve güzel bir çalışmanın sonuna gelmiş bulunmaktayım. Tezimin son satırlarını yazarken hem emek verdiğim çalışmamın güzel şekilde sonuçlanmasının mutluluğunu hem de akademik anlamda, bir adım daha ileri gitmenin verdiği gururu ve sevinci bir arada yaşıyorum.

Yüksek lisans öğrenim hayatımın son basamağı olan bu tezimde, Yapay Sinir Ağları üzerine geniş kapsamda bilgi verirken, uygulama anlamında Reçber Kablo A.Ş.'nin ürün çeşitleri içerisinde yer alan CAT 6A U/FTP data kablosunun, yüksek frekans parametrelerinin tahmin modeli için, farklı iterasyonlar ile en iyi yaklaşım gösteren model üzerine çalışmalarımı tamamlamış olmanın mutluluğu içerisindeyim.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca, bilgi ve fikirlerini benimle paylaşan, anlayışlı her konuda yardımları ile yol gösterici olan değerli hocam Prof. Dr. Hafız ALİSOY'a, araştırmalarım sırasında, bilgi, öneri ve deneyimlerini aktararak; kendisinin yoğunluğuna rağmen kıymetli vaktinden bana ayıran yol gösterici hocam Doç. Dr. Reşat MUTLU'ya ve tüm hocalarıma emeklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimimi destekleyen ve tezimi AR-GE Merkezi Projesi kapsamında tamamlanmasına imkan veren, Genel Müdürümüz Sn. Keleş REÇBER Bey'e ve Üretim Genel Müdür Yardımcımız Sn. Hasan REÇBER Bey'e, Satış Pazarlama Genel Müdür Yardımcımız Sn. Fahrettin REÇBER Bey'e ve Mali İşler Genel Müdür Yardımcımız Sn. İmam REÇBER Bey'e minnettarlığımı ifade etmeliyim.

Elbette, bu çalışmanın gerçekleşmesi sırasında tüm çalışmalarımda bana manevi anlamda destek olan Reçber Kablo mesai arkadaşlarıma, verilerin toplanması sırasında, mavi yaka çalışma arkadaşlarıma yardımlarından dolayı teşekkür borçluyum. Bu süreç içerisinde yanımda olan ve adını sayamadığım tüm arkadaş ve dostlarımın var olduğunu bilmek mutluluk verici.

Her şey bir tarafa, beni bu günlere getirirken sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilerek yetiştiren ve benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, sonsuz güvenleri ile bu hayatta karşıma çıkabilecek en büyük şansım olan canımdan çok sevdiğim ailem; rahmetli babam Osman ÖZTÜRK'e, annem Sevgi ÖZTÜRK'e ve ablam Pınar ÖZTÜRK'e en derin duygularıyla teşekkürlerimi sunarım. İyi ki varsınız...

Mayıs 2019

Pelin ÖZTÜRK
(Elektronik ve Haberleşme Mühendisi)

1. GİRİŞ

Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik nöronlardan ilham alan “perceptron” denilen yapay nöronlardan oluşmaktadır (Bose and Liang 1996, Haykin 2004). Birden fazla katmana sahip olabilirler. Yapay Sinir Ağları bilgiyi paralel olarak işleyebilir ve bu özellik ağı büyük bir tahmin kabiliyeti kazandırmaktadır (Bose and Liang 1996, Haykin 2004). Modelleri tanıma, sistemleri modelleme, sınıflandırma, öngörü, regresyon yapma, zaman serileri bulma, tahmin ve optimizasyon yapma becerilerine sahiptirler (Bose and Liang 1996, Haykin 2004). Doğada ve mühendislikte karşılaşılan pek çok problem doğrusal olmayan niteliktedir. YSA doğrusal olmayan problemlerin üstesinden gelebilir. YSA elektrik devreleri veya bilgisayar programlarında çalıştırılabilir olarak bulunabilir. VEKA, Statistica, Python, Matlab gibi programlar YSA ile yapılan işlemler için kullanılabilir. YSA MATLAB™ araç kutusu (nntool) bu amaç için ucuz ve kullanımı kolay bir paket programdır.

YSA kullanarak, üretim süreçlerinin, ürünlerin kalitesi üzerindeki etkisi incelenebilir (Andersen and Cook and Karsai and Ramaswamy 1990, Dhingra and Rao 1992, Monostori and Prohaszka 1993, Garrett and Case and Hall and Yerramareddy and Herman and Sun 1993, Rajagopalan and Rajagopalan 1996, Cho and Leu 1998, Brasquet and Cloirec 2000, Park and Hwang and Kang and Yeo 2000, Nagesh and Datta 2002, Tehran and Maleki 2011, Nasouri and Bahrambeygi and Rabbi and Shoushtari and Kafrou 2012, Kumar and Chauhan and Bist 2013, LIU 2015, Chauhan and Yadav and Arya 2018, Khayya 2018). CAT 6A Haberleşme Kabloları, veri iletişimde yaygın olarak kullanılır. Bu kabloların modellenmesi, analitik, bilgisayar modelleri kullanılarak veya sayısal olarak yapılabilir. (Celozzi and Felizian 1990, Komisarek and Chamerberlin and Sivaprasad 1993, Kirawanich and Islam and Yakura 2006), (Kirawanich and Islam and Yakura 2006), (Cecchi and Leger and Miu and Nwankpa 2011), (Nevosad and Lafata and Jares 2013), (Lafata 2015), (Nevosad and Lafata 2016), (Hoshmeh and Schmidt 2017), (Joffe and Axelrod 1994, Im and Werner 1993, Diakun and Derewiany 1993, Piper and Prata 1996, Roden and Gedney and Paul 1996, Shao and Nitta and Mutoh 1999, Poltz and Gleich and Josefsson and Lindstrom 2000, Umek 2000). Ayrıca, bu kablolar kesirli mertebeden diferansiyel denklemler kullanarak ta modellenmektedir (Shang and Fei and Yu 2013, Yan and Zhu and Xu and Ren and Wang and Sun 2014, Liang and Liu 2015). Chen (1998)’te İngiliz çift bükümlü telekom modeli verilmiştir. Bükümlü çiftlerin yayılım sabitinin modellenmesi ve gigahertz frekanslarında sıcaklığa bağımlılığı Nevosad and Lafata tarafından (2016)’da yapılmıştır.

Elli bükümlü çift bakır kablo için FEXT ve NEXT ölçüm sonuçları Musa, Zamani, Asrokin, Hashim, Said ve Abidin tarafından (2015)'de verilmiştir. Gigahertz frekansları için metalik kabloların basit zayıflama modellerini Lafata (2015)'de verilmiştir. Lafata (2013)'de bir uzak uç metalik kablo modeli verilmiştir. Çoklu giriş ve çoklu çıkış (MIMO) sistem konsepti, yüksek hızlı dijital bağlantılara ulaşmak için metalik kablolardaki çapraz karışma gürültüsünü modellemek için kullanılmıştır (Lafata and Vodrazka 2009).

Yapay Sinir Ağları, tekstil ve makine mühendisliği gibi alanlarda üretimde başarıyla uygulanmıştır (Andersen and Cook and Karsai and Ramaswamy 1990, Dhingra and Rao 1992, Monostori and Prohaszka 1993, Garrett and Case and Hall and Yerramareddy and Herman Sun 1993, Rajagopalan and Rajagopalan 1996, Cho and Leu 1998, Park and Hwang and Kang and Yeo 2000, Brasquet and Le Cloirec 2000, Nagesh and Datta 2002, Tehran and Malek 2011, Nasouri and Bahrambeygi and Rabbi and Shoushtari and Kafrou 2012, Kumar and Chauhan and Bist 2013, LIU 2015, Khayyat 2018, Chauhan and Yadav and Arya 2018). Güç iletim hatları ve kabloları YSA'larla harmonikler dikkate alınarak modellenmiştir (Gacemi and Boudour 2011, Gacemi and Boudour 2012). YSA'lar, mikrodalga devrelerinin optimizasyonu ve modellenmesinde başarıyla kullanılmaktadır (Xu and Yagoub and Ding and Zhang 2002, Devabhaktuni and Chattara and Yagoub and Zhang 2003, Rayas-Sánchez 2004, Smail and Bihan and Pichon 2012).

Bu çalışmada, YSA'lar, düşük frekanslı elektriksel parametreleri ve bazı üretim parametrelerini giriş olarak alarak, yüksek frekanslı elektriksel test parametrelerini tahmin etmek için kullanılacaktır. CAT 6A kablosu iyi zayıflama ve gürültü özelliklerine sahiptir. Piyasada yaygın olarak kullanılmaktadır. CAT 6A kablolarının yapımında kullanılan bükümlü çift kablolar, bir ayırıcı ve bazen kalkan olarak adlandırılan bir veya iki kalkanla yapılmaktadır. Bükümlü çift ortak kapasitans değerleri, büküm prosesi sonrasında ölçülmektedir. Farklı renkli bükümlü çiftler, birim uzunluk başına farklı ortak kapasitanslara sahiptir. Birim uzunluk başına düşen dirençler de aynı şekilde iken, bunlara ek olarak direnç ve kapasite dengesizlikleri değerlerinin de ölçümü yapılmaktadır.

Üretilen CAT 6A kablosunun, bükümlü çift parametreleri, üretim sürecinin karmaşıklığı düşünüldüğünde, boyutların, üretim parametrelerinin ve fiziksel parametrelerin doğrusal olmayan fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonlara büküm yapıları ve fazla müdahale edilemeyen sınır koşulları nedeniyle açıkça ifade edilememektedir yani bilinmemektedirler. Bükümlü çift kabloları ve CAT 6A kablolarını modellemek için moment metodu, sonlu farklar veya sonlu elemanlar gibi sayısal metotlar kullanılabilir (Komisarek and Chamerberlin and Sivaprasad

1993, Roden and Gedney and Paul 1996, Liu 2006, Buccella and Feliziani and Manzi 2007, De Araujo and Pitner and Commens and Mutnury and Diepenbrock 2008). Bununla birlikte, bu sayısal modellemeler, kablonun üç boyutlu yapısından dolayı oldukça zaman ile emek gerektiren ve pahalı paket programlar gerektiren çözümlerdir. Bu nedenle, deney sonuçları ile kablo modellemek literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Im and Werner 1993, Diakun and Derewiany 1993, Belkhelfa and Lefouili and Drissi 2015, Tatematsu and Rachidi and Rubinstein 2017). Kablo sektöründe, müşteriler tarafından istenen üretilen kabloların standartları karşılayıp karşılamadıklarını gösteren ve çoğu zaman şartnamelerle üretici firmadan yapımını istedikleri testler vardır. Bu yüzden üretici firmalarda, kabloların yoğun bir şekilde test edilip, ardından sevkine yani piyasaya çıkmasına onay verilir. Çalışma frekansları dikkate alındığında, üretilen bir CAT 6A kablosunun karakteristik empedansı 100 ± 5 ohm arasında olması istenir. CAT 6A kablolarının izolasyonu için polietilen kullanılır. CAT 6A kablolarının üretim prosesi, üretim sıcaklığına ve hat hızı gibi nedenlerden dolayı zordur. Yani CAT 6A kablo üretimi basit bir adım değildir. Sıcaklık, birim uzunluk başına düşen kapasite değeri, hat hızı gibi üretim parametrelerinin sürekli izlenmesi önemlidir. Bir kablo üretildiğinde, proses ve kablo fiziksel parametrelerinin, değişmesi nedeniyle hesaplanan veya hedeflenen parametreler arasında farklar olabilmektedir. Bazen üretimi ilk defa yapılacak olan kabloların, proses ve ürün özellikleri deneme ve yanılma yöntemi ile bulunmakta yani ayarlanmaktadır. Çünkü genellikle üretim süreçleri için analitik bir model yoktur. Bir kablo deneme yanılma sonucu üretildiği zaman, nihai kablo parametreleri, gerekli elektriksel ve mekanik özelliklerin standartları karşılayıp karşılamadığı ölçüm sonucu kontrol edilerek bulunur (Reçber Kablo Datasheet. 2019). YSA kullanarak, bir ürün için gerekli deneme ve numune sayısı azaltılabilir. Böyle bir yöntem, kablo üretim süresini ve üretim maliyetini düşürür. Bu ürün kataloğu (Reçber Kablo Datasheet. 2019) modelleme için kullanılacak olan YSA'nın giriş ve çıkış parametrelerini belirlemek için de kullanılabilir. Haberleşme kabloları, bükümlü çift kablolar kullanılarak yapılır. Bükümlü çift kabloların düşük frekans elektriksel parametreleri, büküm prosesinden sonra ölçülür. Kablonun mekanik ve yüksek frekans parametrelerinin ölçüm sonuçları ise nihai ürüne yapıp, nihai ürünün (bu çalışmada CAT 6A kablosunun) istenen standartları karşılayıp karşılamadığını yüksek frekans testi ile belirlenir.

Bu çalışmada CAT 6A veri kablosunun deneysel verileri Reçber Kablo A.Ş. tarafından sağlanmıştır. MatlabTM programı ve YSA uygulamaları bu çalışmada gerekli YSA'larını oluşturmak, deneysel verileri eğitmek, test etmek ve doğrulamak için kullanılmıştır. Reçber Kablo Şirketi'nin sağladığı veri eğitim, test ve sına (doğrulama) kümesi diye ayrılmıştır. Bu

eğitim seti kullanılarak CAT 6A kablosunun yapıldığı bükümlü çift kabloların düşük frekans elektriksel parametreleri (direnç ve ortak kapasitans), üretim sırasındaki ortam sıcaklığı, hatve değeri, makine kalıp/ekipman değeri, ölçüm frekansı giriş olarak kullanılan bir YSA eğitilmiştir. CAT 6A kablosunun çıkış değişkenleri olarak, Near-end cross talk (NEXT) değeri, Karakteristik Empedans değeri ve Geri Dönüş Kaybı (RL) değeri alınmıştır. Her bir çıkış için ayrı bir YSA eğitilmiştir. YSA performansı, test ve sınama setleri kullanılarak incelenmiştir. YSAların tahminleri ve ölçülen veriler karşılaştırılmıştır. Bazı düşük frekans ölçüm parametreleri ve bazı üretim parametrelerini giriş olarak alan bu YSA'lar Karakteristik empedans, RL ve NEXT gibi yüksek frekans test parametrelerini iyi bir şekilde tahmin edebildiklerini gösterilmiştir.

Bu tez şu takip eden şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde, Yapay Sinir Ağları kısaca açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, haberleşme kabloları üzerine bilgi verilmiş olup, CAT 6A Kablosu kısaca anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, CAT 6A Kablosunu modellemek için kullanılan Yapay Sinir Ağları hakkında bilgi verilmiş, Reçber Kablo A.Ş şirketi tarafından sağlanan deneysel verilerle bu ağların eğitimi, testi ve sınaması yapılmıştır ve YSA sonuçları ve başarımına dair gerekli açıklamalar yapılmıştır. Tez sonuçlar bölümü ile sonlandırılmıştır.

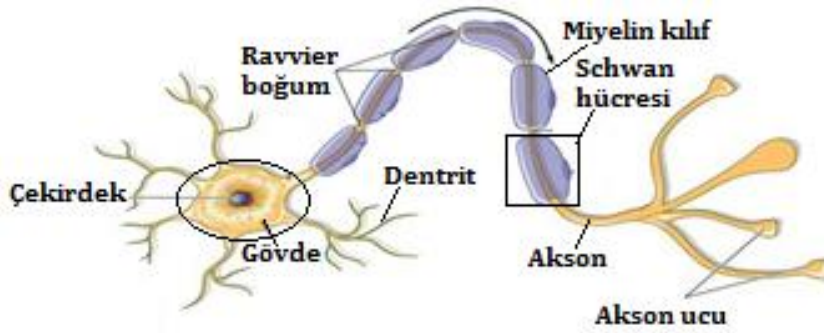
2. YAPAY SİNİR AĞLARI

Bu kısımda Yapay Sinir Ağları üzerine genel bir bilgi verilmiştir.

2.1 Tanım

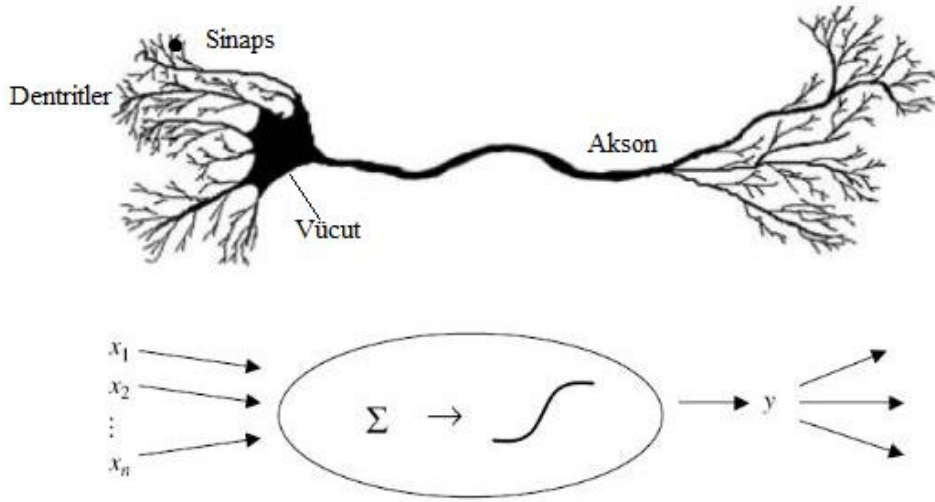
Yapay Sinir Ağları, en genel tanımıyla, insan beyninin çalışma prensibinden yola çıkılarak geliştirilmiş bilgi işleme modelidir. Bu model paralel bilgi işleme üzerine kurulmuş, öğrenme, genelleme yapabilme ve veri sınıflandırma becerilerine sahiptir. Yapay sinir ağlarının en önemli özelliği kompleks sistemlerin önceki bilgilerinden hareketle, örnek üzerinde öğrenme metodu ile probleme çözüm getirebiliyor olmasıdır.

İnsan beyinde yaklaşık 10 milyar sinir hücresi bulunmaktadır. İnsan beyindeki nöronların birbirleriyle yaptığı bağlantı sayısının ise yaklaşık 60 trilyon civarında olduğu tahmin edilmektedir. İnsan duyu organlarına gelen bilgiler, giriş olarak nöronlara iletilirler. Taşıyıcı sinirler gelen sinyallerin işlenip merkezi sinir sistemine ulaşmasından sorumludur. İşlenen bu sinyaller sonucunda tepki sinyalleri üretilir. Daha sonra bu sinyaller organlara iletilir. Bu sayede duyu organlarından alınan bilgiler sinir sistemi aracılığıyla tepki organlarına ulaşmış olur. (<http://www.biyolojiportali.com/konu-anlatimi/9/14/Sinir-Sisteminin-Yapi-Gorev-ve-Isleyisi-Sinir-Sistemi-1>.) Şekil 2.1’de bir sinir hücresi modeli ve bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Bir sinir hücresi

İnsanların düşünme, algılama, sorgulama ve öğrenme gibi metotları birbirlerinden farklılık gösterir. Bunun sebebi ise kişilerin her birinin beyin yapısındaki öğrenme ve algılama farklılığıdır. Karşılaşılan olaylarla ilgili olarak kimi insanda ses kimi insanda görüntü kiminde ise tat ve koku ön plana çıkmaktadır. İnsanlar yaşadığı olgu ve olayları kendilerine yakın olan yanlarıyla algılar ve bilincinde onu canlandırır.



Şekil 2.2. Bir sinir hücresinin yapay modeli (Uslu 2016)

Teknik anlamda yapay sinir ağları, kendisine girdi seti olarak verilen bilgilere karşılık olarak Şekil 2.2’de gösterildiği gibi bir çıktı üretebilmektedir. Bunu gerçekleyebilmesi için ağın önceden belirlenmiş örneklerle eğitilmesi gerekmektedir. Bundan sonra ağ veriler için genelleme yapabilir ve karar verebilir seviyeye ulaşır. Daha sonra bu elde edilen yetenek ile çıktılar belirlenebilir.

Yapay sinir ağlarının öğrenebilme yeteneğinin olması diğer modellere göre onu yararlı ve çekici kılmaktadır. Aynı zamanda model uyarlanabilir ve esnek bir yapıya sahiptir. Bunu şu şekilde somutlaştırmak istersek, ağın yapısı ve öğrenme kuralları aynı kalarak, öğretim gereçlerini değiştirerek öğrenme gerçekleyebiliriz.

2.2 Tarihsel Gelişim ve Geleceği

İnsan beyninin yapısı ve çalışması hakkındaki çalışmalar binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. İlk olarak yapay nöron, 1943 yılında Warren MCCulloch isimli bir sinir hekimi ile bir matematikçi olan Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu ağ elektrik devresiyle modellenmiş olup, insan beyninin hesaplama yeteneğinden ilham alınmıştır.

Bundan bir sonraki çalışma ise 1949 yılında Hebb tarafından, sinir ağları modeli için temel sayılacak Hebb Kuralı ortaya atılmıştır. Hebb Kuralı yapay sinir ağlarının faydalarından biri olarak gösterilebilecek, bağlantı sayısı değiştirilse bile ağın öğrenme yeteneğinin olduğunu öngörmekteydi.

Daha sonra 1957 yılında ise Frank Rosentblatt'ın çalışmaları sonucunda gerçekleşen, "Perceptron" ile yapay sinir ağları alanındaki çalışmalar hız kazanmıştır. Burada konusu geçen Perceptron, tek katmanlı eğitilebilen, beyin işlevlerinin modelleyebilmek amacıyla keşfedilen, tek bir çıkışa sahip yapay sinir ağıdır. O dönemlerde Yapay Sinir ağları üzerine çalışma 1963 yılında Widrow'un geliştirdiği ters sarkaç denetleyicisi olmuştur.

1972 yılına gelindiğinde iki farklı alanlarda faaliyet gösteren nöropsikolojist Anderson (Anderson, 1972) ve elektrik mühendisi Kohonen (Kohonen, 1972), çağrışimli bellek konusunda yaklaşık olarak birbirlerinin aynısı çalışmalarını yayınlamışlardır.

Yapay sinir ağları üzerine çalışmalarına devam eden bilim insanları, 1980'lere gelindiğinde 10 yıla yakın sıkıntılı sürecin sonunda güzel sonuçlar almaya başlamışlardır. Ardından devam eden çalışmalara Kohonen 1982 yılında "Kendi kendine öğrenme nitelik haritaları" isimli yayını ile bir yenisini eklemiştir. (Kohonen, 1982). Aynı yıl içerisinde Hopfield ise modeli matematik analizlerini kullanarak ortaya koymuştur. (Hopfield,1982a). Hopfield ağıının bilgisayar yazılımı ile yaygın olarak kullanımı ile çözülmesi zor problemlere çözüm üretilebileceğini göstermiştir.

Rumelhart ve McClelland 1986'da, geriye yayımlı öğrenme algoritmasını çok katmanlı ve karmaşık ağlar için ortaya koymuştur. 1987 yılında Elektrik Elektronik Mühendisliği Enstitüsü'nün (IEEE) ilk uluslararası konferansını sinir ağlarını konusu üzerine yaklaşık 2000 kişinin katılımıyla gerçekleştirmiştir.

Yapay Sinir Ağlarının geleceği için, dünyada birçok araştırma devam etmektedir. Ağıın eğitilme süreleri fazla zaman aldığı için daha verimli ve zamana bağlı değişen model ve algoritmalar üzerine çalışmalar devam etmesi öngörülmektedir. Ayrıca silikon malzeme ile, silikon sinir ağı geliştirilmesi hedeflenmektedir.

2.3 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

Yapay sinir ağları kendi kendine öğrenme düzenekleri olup, bir programcı gibi yüksek yetenek gerektirmez. Aynı zamanda bu ağlar bilgiler arasında ilişkiler kurarken ezberleme yeteneğine de sahiptir. Sayısal bilgisayarlar genelde algoritmaya dayalı aritmetik işlemlerde hızlıken; yapay sinir ağları en iyi değeri tahmin etme gibi işlerde başarılıdır.

Sayısal bilgisayarlar ile yapay sinir ağlarının bazı özellikleri Çizelge 2.1'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sayısal bilgisayarlar ve yapay sinir ağlarının bazı özellikleri

Sayısal Bilgisayarlar	Yapay Sinir Ağları
Tümdengelimli usavurma: Çıkış üretmek için giriş bilgilerine bilinen kurallar uygulanır.	Tümevarımlı usavurma: Giriş ve çıkış bilgileri (eğitim ve test kümesi) verilir, kuralları kullanıcı koyar.
Hesaplama merkezi, eş zamanlı ve ardışıldır.	Hesaplama toplu, eş zamanlı ve öğrenmeden sonra paraleldir.
Bellek paketlenmiş, hazır bilgi depolanmış ve yer adreslenebilir.	Bellek ayrılmıştır, dahilidir ve içerik adresleyebilir.
Hata toleransı yoktur.	Eğer bilgi, gürültülü veya kısmi ise kurallar bilinmiyorsa ya da karışıkta hata toleransı uygulanabilir.
Hızlıdır.	Yavaşdır.
Bilgiler ve Algoritmalar kesindir.	Yapay sinir sistemleri deneyimden yararlanır.

2.3.1 Paralellik özelliği

Yapay sinir ağları, birbirleriyle bağlantılı birçok nörondan oluşur. Eş zamanlı olarak çalışan bu nöronlar karmaşık problemleri çözme işlevlerinin üstesinden başarı ile gelmektedir. Bağımsız olarak sadece kendileri ile ilgili kısımlara işlem yapan sinir hücreleri ile paralellik özelliği ön plana çıkmaktadır. Ağın çalışması sırasında nöronlardan herhangi birine gelebilecek zarar doğrultusunda, nöron fonksiyonunu kaybetse bile sistem güvenli bir şekilde çalışmasına devam edebilmektedir. Bu durum paralellik özelliğinin bir avantajı olarak sayılabilir.

2.3.2 Doğrusal olmama

Kompleks problemlerin çözümünde kullanılan yapay sinir ağları için, doğrusal yöntemler yetersiz kalmaktadır. Bu modelin temel işlem elemanı olan nöronun doğrusal olmaması, yapay sinir ağlarının doğada karşılaşılabilecek her türlü problemin çözümünde kullanılabilmesini sağlamaktadır.

2.3.3 Öğrenme ve genelleme özelliği

Yapay sinir ağlarını diğer sayısal bilgisayarlardan ayıran en önemli özelliği öğrenme özelliğidir. Ağa, giriş verilerinin girilmesi veya giriş verilerine karşılık gelen çıkış verilerinin öğrenme için sağlanması gerekmektedir. Yapay sinir ağları için öğrenme süreci şu şekilde ilerler; model öncelikle sistem giriş ve çıkış verileri arasındaki ilişkiyi belirler. Bu ilişkilendirmeyi ağırlık katsayılarının elde edilme süreci ile tamamlanır. Öğrenme özelliği, yapay sinir ağlarının problem çözme yeteneğini ortaya çıkaran unsur olurken, aynı zamanda uygulama kolaylığı sağlamaktadır.

Sistem eğitim süresinde kullanılan verilerden elde edilen tecrübeler ile genelleme yaparak, eğitim anında hiç karşılaşmamış olduğu girişlere çıktılar üretebilir. Bu yapay sinir ağlarının genelleme özelliğidir ama eğitim dışı veriler için başarımı çok iyi olmayabilir.

2.3.4 Hata toleransı

Yapay sinir ağlarının paralellik özelliğinde belirtildiği gibi, hücrelerin birbirine bağlanma şekillerinden dolayı paralel yapıya sahiptir. Ağın sahip olduğu tüm bilgi ve bağlantılar bu yapının üzerine dağılmış şekildedir. Bu sebeple ağın bazı hücre veya bağlantıların işlevini yitirmesi ile ağ bütün fonksiyonlarını kaybetmez. Sadece fonksiyonunu yitiren nöron sayısı oranında performans kaybına yol açmaktadır. Bu özelliği ile diğer yöntemlere göre, hatayı tolere etme yeteneği güçlüdür.

2.3.5 Uyarlanabilme özelliği

Yapay sinir ağlarının karşılaştıkları probleme göre ağırlıkları uygun olarak ayarlanarak problemin çözümü sağlanmaktadır. Yani verilen verilerin değişimlere göre yine yeniden eğitilebilirler. Değişimler devamlı olduğu sürece eğitim gerçek zamanda da devam edebilir ya da sürdürülebilir. Bu özelliği sayesinde işaret işleme, sınıflandırma, örnek ve sistem tanıma gibi birçok alanda kullanımını kolaylaştırmaktadır.

2.3.6 Donanım ve hız

Yapay sinir ağlarının sahip olduğu paralel yapısı sebebiyle ancak çok büyük ölçekli (VLSI) entegre devre teknolojisi ile gerçekleştirilebilmektedir. Donanım özelliğini ön planda tutan işlevleri arasında bilgiyi seri işleme kabiliyeti ve örnekleri tanıma, YSA'nın günümüzde kullanım alanlarını arttırmaktadır.

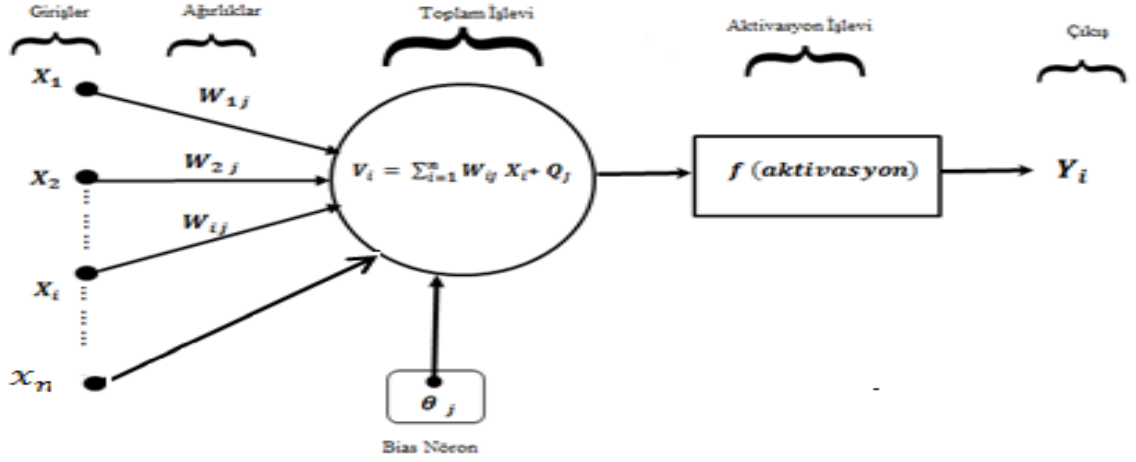
2.4 Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Yapay sinir ağları verilerin çok sayıda ve karmaşık bir yapıda olduğu problemlerin çözümünde kullanılır. Girişlerin ilişkilendirilemediği, kuralların yeterince kolay uygulanamadığı problemlerde diğer klasik yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar çıkarmaktadır. Yapay sinir ağları kullanılarak makinelere sınıflandırma, tahmin etme, optimizasyon, desen tanıma ve genelleme yapma gibi kabiliyetler kazandırılmıştır. Ayrıca veri ilişkilendirme alanlarında kullanımı mevcuttur. Öğrenme ile bir sistem veya modelde karşımıza çıkabilecek arızaların tarifi söz konusu olmaktadır. Tıp biliminde kanser hastalarının kanserli hücre sayısının takibinde, tıbbi cihaza bağlı hastaların sinyallerinin analizinde, ayrıca askeri alanda nesne ve hedeflerin izlenmesinde kullanılmaktadır. Ürünlerin kalite süreç analizinde, el yazısı tanıma, fotoğraf tanıma gibi kullanımı farklı sektörlerde karşımıza çıkmaktadır. Veri tahmininde, yapay sinir ağları girdi değerlerinden bir çıktıyı ön görmek için kullanılır. Bu kullanım alanına örnek olarak döviz kuru tahmini verilebilir. Sınıflandırma alanında ise bir sistemin giriş değerlerini sınıflamada kullanılır. Örnek olarak, farklı zambak türlerinin çiçek boyutlarına göre sınıflandırılmasıdır. Bir sistem üzerinde tespit edilen hataların sınıflandırılması diğer bir kullanım alanına örnek gösterilebilir. Ayrıca yapay sinir ağları veri ilişkilendirmekte de kullanılır. Ağın öğrenmiş olduğu bilgilerinden yani sahip olduğu ağırlıkları kullanarak eksik olan bilgileri tamamlamaktadır.

2.5 Yapay Sinir Ağı Modelinin Temel Bileşenleri

Bir yapay sinir ağı hücresinde sırası ile girişler, ağırlıklar, bunları bir formül çerçevesi içerisinde toplama işlevi, aktivasyon işlevi ve çıkışlar bulunmaktadır. Bu yapılar paralel işler. Yapay sinir ağları düğüm denilen birçok basit sinirlerden oluşmaktadır. Kısaca modelin çalışma prensibi şu şekildedir;

Nörona girişi yapılan veriler, ağırlıklar ile çarpılır, ardından bu çarpımlar ve Bias değeri toplanılarak aktivasyon fonksiyonu girişi hesaplanır. Bu değer kullanılarak aktivasyon fonksiyonu hesaplanır. Şekil 2.3’de Yapay sinir hücresinin temel bileşenlerine yer verilmiştir. “ θ_j ” bir sabittir. Bias veya eşik değeri olarak isimlendirilir.



Şekil 2.3. Yapay sinir ağı bileşenleri

2.5.1 Girişler

Girişler $X=[X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_n]$ yapay sinir ağlarına çevreden gelen bilgilerdir. Bu bilgiler dış ortamdandır, çevreden veya diğer nöronlardan gelebilmektedir. Girişler rastgele birden fazla girdiyi içerebilmektedir.

2.5.2 Ağırlıklar

Ağırlıklar $W=[W_{1j}, W_{2j}, W_{3j}, \dots, W_{ij}, \dots, W_{nj}]$ yapay sinir ağında, nörona giriş olarak gelen bilgilerin etkisini ve şiddetini göstermektedir. Ağırlığın ölçütü, girişin yapay sinir ağına bağlanma kuvveti ile doğru orantılıdır. Girişler gibi ağırlıklarda rastgele seçilirken, girişlere uygun olması önemlidir.

2.5.3 Toplama işlevi

Toplama işlevi V_i 'nin, yapay sinir ağlarındaki görevi, sinir hücresine gelen girişler ile her bir girdi bilgisinin kendine ait ağırlıkları ile çarpımının toplamıdır. Ayrıca bu toplama, eşik değeri adı verilen bias nöronun (θ_j) toplanması ile elde edilir. Bu toplam bize, hücrenin net giriş bilgisini vermektedir. Toplama işlevinin çıkışı bir sonraki adım olan aktivasyon işlevinin girişidir. Aktivasyon fonksiyonu girişi yani toplama işlevi 2.1 denkleminde verilmektedir.

$$V_i = w_{1j} x_1 + w_{2j} x_2 + \dots + w_{ij} x_i + \dots + w_{nj} x_n + \theta_j \quad (2.1)$$

2.5.4 Aktivasyon işlevi

Aktivasyon işlevi $f(u)$, çıkıştan önceki son adımdır. Toplama işlevi sonrası elde edilen bilgileri, çözümleyerek uygun çıkış bilgisi üretme işlevidir. Bu fonksiyonlar yerine göre doğrusal olabildiği gibi doğrusal olmayanları ile de karşılaşılmaktadır. Tasarımı yapılan ağa en uygun aktivasyon fonksiyonu denenerek seçilebilir.

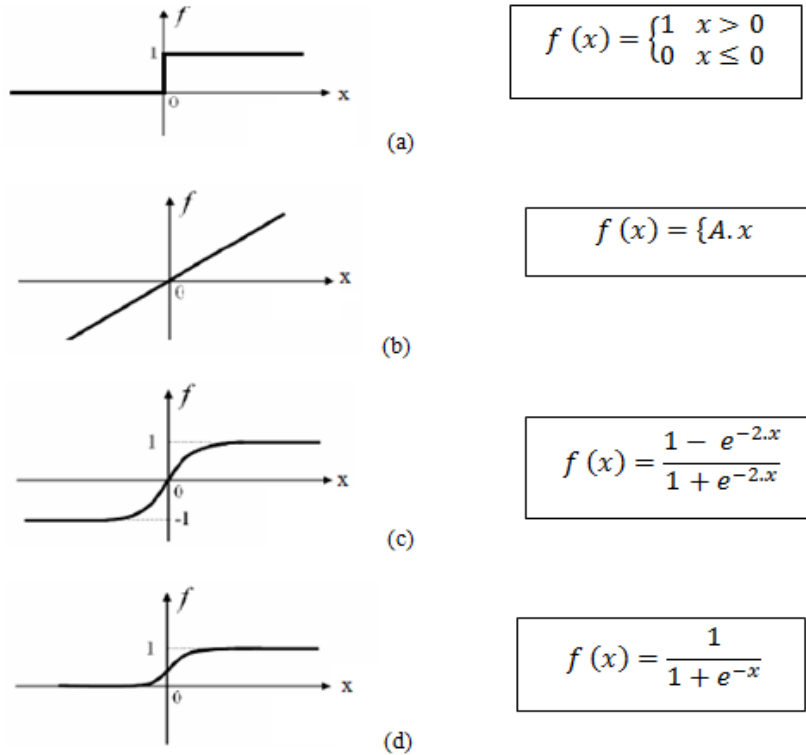
Aktivasyon çıkışı denklem 2.2’de verildiği gibidir.

$$f(u) = f(\sum_{i=1}^n W_{ij}X_i + \theta_j) \quad (2.2)$$

Yapay sinir ağlarında, aktivasyon işlevinin temel görevi doğrusal olmayan durumlarda da öğrenme işlemini yerine getirmesidir. Çünkü ağa eğitim için verilecek girişler gerçek hayattan alınan verileri içerecektir. Bu girişlere örnek olarak görüntü, ses, yazı vb. verilebilir. Bu tip doğrusal olmayan girişler ile ağın öğrenmesi daha güçlü hale gelmiş olacaktır.

Bazı aktivasyon fonksiyonları içerisinde en sık kullanılan sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonudur. Kullanılan her aktivasyon fonksiyonunun kendine has avantaj ve dezavantajlar içermektedir.

Doğrusal, birim basamak ve bazı sık kullanılan aktivasyon fonksiyonlarına Şekil 2.4’de yer verilmiştir.



Şekil 2.4. Kullanılan aktivasyon fonksiyonları; (a) Birim basamak fonksiyonu, (b) Doğrusal fonksiyon, (c) Hiperbolik tanjant fonksiyon, (d) Sigmoid fonksiyon

2.5.5 Çıkışlar

Aktivasyon işlevinin ardından oluşturulan bilgilerin aktarıldığı ortamlardır. Bu ortamlar genellikle çıkış olarak dış çevre diye bilinirken, bilgilerin diğer sinirlere geçiş yapabileceği unutulmamalıdır. Yani bir sinirin çıktısı, diğer binlerce bir diğer sinire giriş olabilmektedir. Burada altını çizdiğimiz en önemli nokta, bir sinir hücresine birden çok giriş bilgisi vermemize karşın, bize yalnızca bir çıktı vermesidir.

Nöron çıkışı şu şekilde verilebilir:

$$y_i = f(u) \quad (2.3)$$

$$y_i = f(W \cdot X + \theta_j) \quad (2.4)$$

Formülde yerine konulursa, nöronun matematiksel modeli şu şekilde bulunur.

$$y_i = f(\sum_{i=1}^n W_{ij}X_i + \theta_j) \quad (2.5)$$

Burada, X : Girişler matrisi, W : Ağırlıklar matrisi, i : giriş sayısı, θ_j : Eşik değeridir.

2.6 Yapay Sinir Ağının Yapısı

Yapay sinir ağları, katmanlar halinde bulunan düğüm adı verilen çok sayıda yapı ögesinden meydana gelir. Bu bağlantılar ve düğümler farklı şekillerde sıralanmış ve oluşmuş olabilirler. Yapay sinir ağlarının yapısı gereği katmanlar paralel şekilde ağı meydana getirmektedirler. Giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere 3 ayrı başlık altında toplanmıştır.

2.6.1. Giriş katmanı

Bu katman sadece taşıyıcıdır. Bilgiler hiçbir işlem görmeden, bir sonraki alt katmanlara iletilirler. Yapay sinir ağlarında giriş katmanı, çevresinden aldığı bilgileri girdi olarak alan ve girdi sayısı kadar nöron içeren yapının bir parçasıdır.

2.6.2 Gizli katman

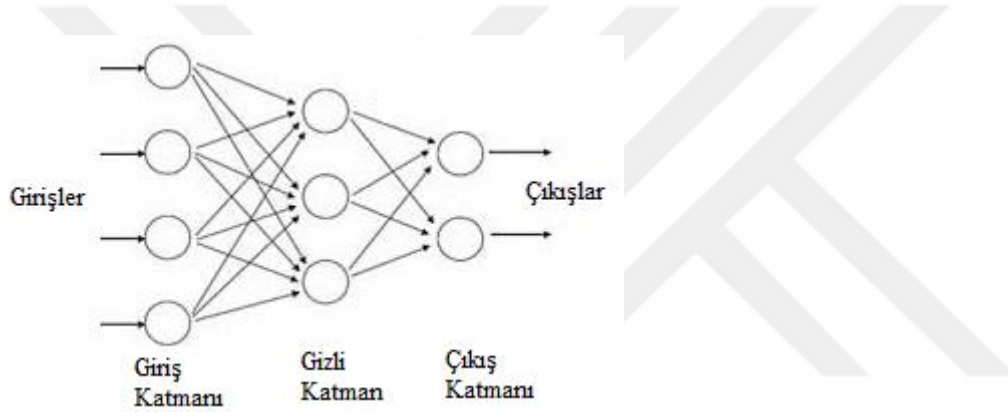
Giriş katmanından aktarılan bilgiler ara katmana gelir. Yapay sinir ağında üzerinde çalışılan etkinliğe göre gizli katman sayısı değişkenlik göstermektedir. Birden fazla ara katmana sahip yapılara rastlanırken, sadece giriş ve çıkış katmanlarından oluşan çeşitleri de mevcuttur. Ara katman sayısı ve ara katmanın içerdiği nöron sayısı bir önceki ve bir sonraki katmanda yer alan nöron sayılarından farklıdır. Bu katmanda yapılan ağırlıklandırma işleminin

doğru yapılması, doğru çıktıya götürecektir. Doğru ağırlıkların bulunması ağıın eğitimi ile olur. Ağıın hesaplama işlemleri bu katmanda yapılmaktadır. Deneme yanılma yöntemi ile en iyi sonuç veren katman sayısı belirlenip ona göre problem çözümünde kullanılabilirliğine bakılmaktadır.

2.6.3. Çıkış katmanı

Çıkış katmanında, saklı katmandan gelen bilgiler işlenmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda çıktı üretilir. Her ağıın sadece bir çıkış katmanı bulunur. Yapılan işleme göre birden fazla çıkış değeri hesaplanabilmektedir. Bu katmanda yer alan hücre sayısı ulaşmayı istediğimiz çıktı sayısına eşittir.

Şekil 2.5'te genel bir yapay sinir ağı katmanlar verilmiştir.



Şekil 2.5. Yapay sinir ağı katmanları

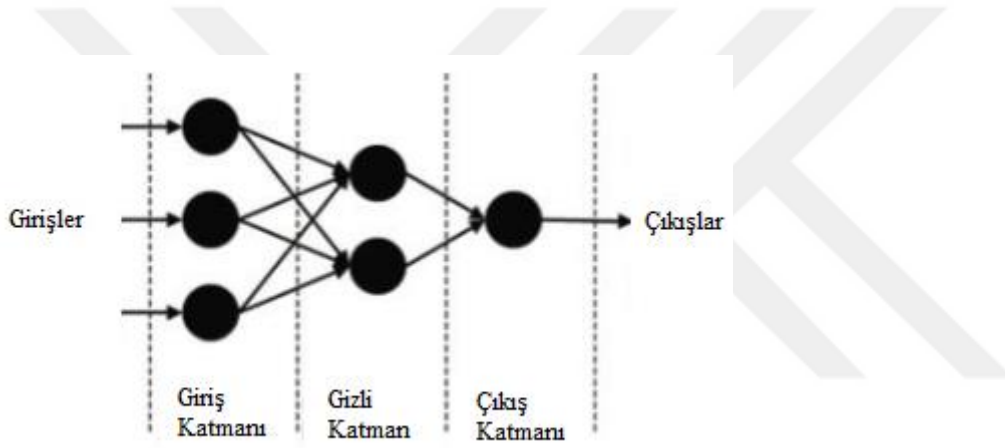
2.7 Yapay Sinir Ağı Türleri

Yapay sinir ağlarında, çeşitlerin belirlenmesi sinir hücrelerinin bağlantı şekillerinin bilinmesi ile sağlanır. Öğrenme algoritması ile en iyi sonucu verecek şekilde ağıın yapısında ve ağırlıklarında değiştirmeler olmaktadır. Yapay sinir ağları farklı problemlerin çözümü için geliştirilmiş olsa da, kullanılan ağ çeşitlerini iki ayrı başlık altında sınıflamak mümkündür. Bunlar ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlardır.

2.7.1 İleri beslemeli ağlar

İleri beslemeli ağ türünde sinir hücreleri, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönde, sıralı ve düzgün şekildedir. Katmanlar arası bağ sadece kendinden bir sonraki ile olur. Bu tür yapay sinir ağlarında bilgiler, giriş katmanından alınır. Ara katmanda işlem görüp çıkış katmanından çıkarlar.

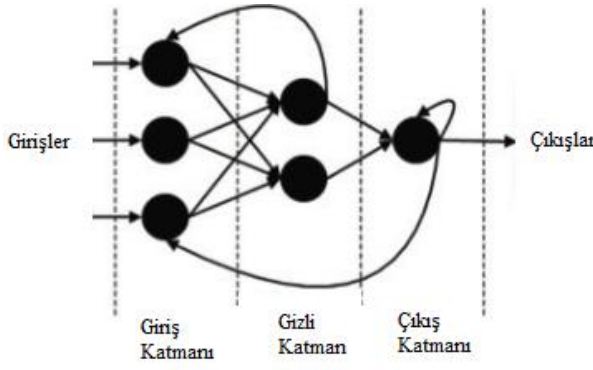
İleri beslemeli ağlar tek yönlü oldukları için, ağ içerisinde işlemi yavaşlatacak döngülere yer verilmez. Bu sayede ağın çalışması ve sonuç vermesi hızlıdır. Her katman kendi ağırlıkları ile işlem gören sinir hücrelerini, kendinden bir sonraki ara katmana veya çıkış katmanına iletilirler. Böylelikle ağın çıktısı belirlenmiş olur. Şekil 2.6'da ileri beslemeli bir ağ yapısı görülmektedir.



Şekil 2.6. İleri beslemeli ağlar

2.7.2 Geri beslemeli ağlar

Geri beslemeli ağ türünde, kendinden bir sonraki nöron katman beslenirken ayrıca önceki ve kendi katmanı içerisinde yer alan nöronlara da giriş olarak verilebilir. Bu sayede girişlerin ileri beslemenin dışında geri besleme ile aktarılması sağlanmış olur. Bu tür ağlar yapısı gereği dinamik davranış sergilemektedir. Bu davranış modeli şu şekilde ifade edilebilir; elde edilen çıkış bir önceki girişin aynası iken, aynı zamanda o anki çıkışa da bağlıdır. Geri beslemeli ağlar, ileri beslemeli ağlara oranla daha yavaş sonuç verirler. Buna rağmen bu döngü ile eğitimin başarısı arttırılmış olur. Geri beslemeli ağ yapısı Şekil 2.7'de görülmektedir. Bu ağ türüne örnek olarak kullanımı yaygın olan Hopfield ve Elman ağları verilebilir.



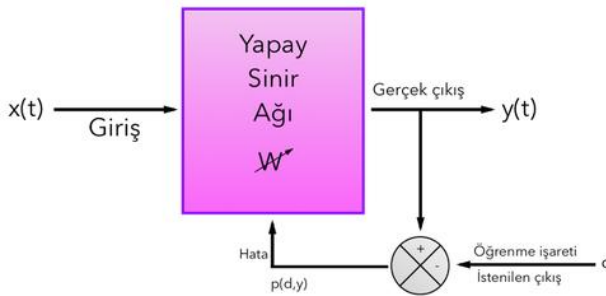
Şekil 2.7. Geri beslemeli ağlar

2.8 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Türleri

Yapay sinir ağlarının gelişiminden itibaren çeşitli öğrenme algoritmaları üzerine çalışılmıştır. Bu algoritmalar iki ayrı başlık altında toplanabilir. Bu öğrenme türleri danışmanlı ve danışmansız öğrenmedir. Öğrenme ağın ağırlıklarını modelin çözüm sürecine göre güncelleyip değiştirmesidir. Ağın öğrenme kuralları ile bu değişiklikler sonucunda belli olmaktadır. Böylece çözümünü öğrendiği problem için, ilk defa karşılaştığı problemlere doğru sonuçlar üretebilmektedir. Öğrenme aşamasını başarı ile geçen model test aşamasına tabii tutulur. Eğitimi tamamlanan yapay sinir ağının model çerçevesinde ürettiği sonuçlar değerlendirilir, doğruluğu test aşaması ile sağlanmış olmaktadır.

2.8.1 Danışmanlı öğrenme

Eğitim ve test kümesi oluşturulan bir veri yığınının, modeli eğitim kümesi üzerinden oluşturularak test kümesi ile performansının incelenmesidir. Böylece hiç tanımadığı verileri tahmin etmekte yaygın olarak kullanılır. Bu öğrenme türünde ağdan beklenen gerçek çıktı ile tahmin edilen model çözümü ile karşılaştırılmasına dayanır. Ağın çıktısı bir danışman metodu ile bulunmuş olur. Şekil 2.83’de danışmanlı öğrenme modeline yer verilmiştir.



Şekil 2.8. Danışmanlı öğrenme modeli (Güzel 2018)

Geriye yayılım (Backpropagation) öğrenme algoritması, hatanın azaltılması için ağırlıkların sürekli değiştirilerek, ağıın çıktı üretmesi işlemidir. Üretilen çıktılar, ağdan istenilen performansın elde edilene kadar tekrarlanmaktadır. Bu algoritma ile amaç, ortaya çıkan ya da çıkabilecek hataları, eğitim anında geri yayılım ile yani çıkış katmanından giriş katmanına doğru hatayı yaymaktır. Böylece hatanın minimize olması sağlanmış olmaktadır.

Ağın eğitimin sırasında n. tekrarında k. nöronun çıkış değeri y_k , istenilen çıkış değeri z_k ile tanımlanırsa, ağın hatası e_k , şu şekilde tanımlanabilmektedir:

$$e_k(n) = z_k(n) - y_k(n) \quad (2.6)$$

Denklem (2.6)'dan hareketle, anlık hata denklemi yani hataların karelerinin toplamı:

$$v(n) = \frac{1}{2} \sum_j e_k^2(n) = \frac{1}{2} \sum_{j \in c} (z_k - y_k(n))^2 \quad (2.7)$$

ile ifade edilmektedir.

Denklemden c, ağın sahip olduğu nöron sayısını belirtmektedir. Ağda karşımıza çıkan anlık hata değerleri toplanarak, ağdaki hücre sayısına bölümü ile ortalama hata değeri bulunmuş olmaktadır. Ortalama hata değeri ise,

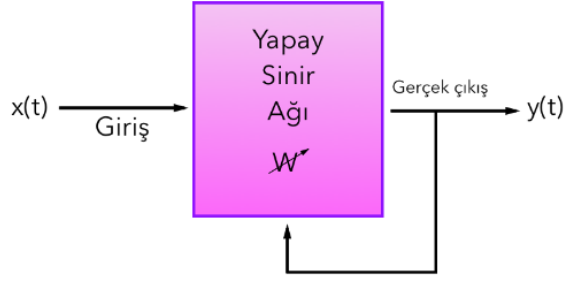
$$V_{ort} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N v(n) \quad (2.8)$$

denklemleri ile verilebilir.

Bu tezde, Yapay sinir ağının eğitimi, Levenberg- Marquardt (LM) Backpropagation algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Levenberg- Marquardt (LM) Backpropagation algoritması, geriye yayılım algoritmaları içinde en sık kullanılan çeşididir. Sonuca göre optimizasyon sağlar. Bunu da ağırlıklarını güncelleyerek sağlar. Matlab programı Toolbox araç kutusunda yer alan algoritmadır. En hızlı geriye yayılım göstermesine rağmen diğer algoritmalarından daha fazla bellek gerektirmektedir. Bu algorithmada parametre ve ağırlık güncellenme işlemlerini, hata vektörü ile Jacobian matrisini kullanarak gerçekleştirmektedir.

2.8.2 Danışmansız öğrenme

Bu öğrenme türünde, ağın girişleri üzerinden işlem yapılmaktadır. Herhangi bir çıkış bilgisi ağa verilmez. Ağın kendi kendine öğrenmesi sağlanır. Bu nedenle danışmansız öğrenme adı verilmiştir. Modelin cevabının doğruluğu hakkında yorum yapılamaz. Girişe göre çıkış izlenerek modelin başarısı görülmüş olur. ayrıca şekil 2.9 de modele ait döngüye yer verilmiş. Şekilden de görüldüğü üzere, danışmansız öğrenme çeşidi, sadece girişleri referans aldığı için, danışmanlı öğrenmeye göre daha hızlı çalışmaktadır.



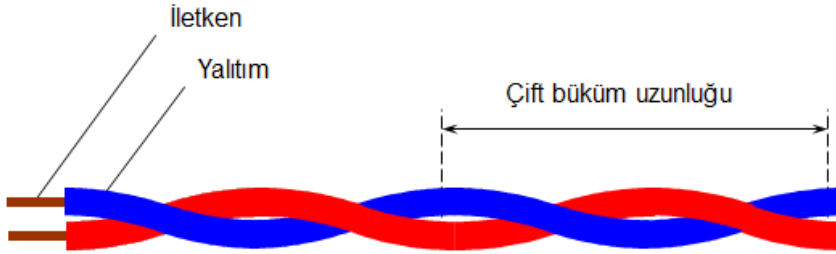
Şekil 2.9. Danışmansız öğrenme modeli (Güzel 2018)

3. HABERLEŞME KABLOLARI

LAN (Local Area Network) yani Yerel Alan Ağı denilen bağlantı şekli, birbirine yakın bilgisayarlar ve sistemler arasında hızlı veri alış verişini sağlamak için kullanılmaktadır. Kurulumu ve kullanımının kolay olması nedeniyle en çok tercih edilen ağ tipidir. Günümüzde LAN teknolojisi adı altında Ethernet, Ring, Token ve FDDI gibi başlıca ağ topoloji ortamları bulunmaktadır. Ethernet'in yapısının anlaşılır ve basit olması aynı zamanda ucuz olması nedeniyle kullanımı yaygındır. Ethernet ilk zamanlarda koaksiyel kablo ile kullanılmaya başlanmıştır. Koaksiyel kablo üzerinden iletilen Elektromanyetik Sinyaller her iki yönde yayılabilmektedir. Ancak koaksiyel kablonun yarı duplex olması onun dezavantajıdır. Yani verinin alındığı sırada aynı zamanda veri iletimi gerçekleşmemektedir. Tek yönde sinyal aktarımı söz konusudur. Bundan dolayı veri iletiminde bükülü çift kabloların tasarım ve kullanımına geçilmiştir.

3.1 Çift Bükümlü Kablolar

Çıplak haldeki iletkenin her birinin üzeri yalıtım malzemesi ile kaplanarak çiftler halinde bükülmesi ile elde edilir. İzole çiftlerinin birbirine dolanmış olmasındaki amaç, hem kendi aralarında olan hem de dış ortamdan gelebilecek gürültüleri azaltmaktır. Böylece kabloda elektromanyetik alanın etkisinin sebep olduğu bozulmaları en aza indirme hedeflenmiştir.



Şekil 3.1. Bükülü çift kablo

Data Kabloları kategori olarak aşağıdaki gibi çeşitlenmiştir.

Cat 1: 1985'te zil teli, telefon hatları gibi zayıf akım sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

Cat 2: 4 Mbps hızında fonksiyonlarını yerine getirecek ve veri transferini sağlayan sistemlerde kullanılır.

Cat 3: 16 MHz'lık bir frekans bandı sağlayabilir. 10 Mbps hızında veri gönderebilir. Cat 1 kabloların yerini alarak bazı telefon hatlarında kullanımı devam etmektedir.

Cat 4: Saniyede 16 Mbit'lik veri taşıma kapasitesine sahiptir ve 20 MHz'lik bir frekans geçişine elverişlidir.

Cat 5/ Cat 5e: Günümüzde yerel ağ bağlantıları için kullanımı en yaygın kablo türüdür. Frekans geçişi 100 Mhz'e elverişlidir. 100 Mbps'lık veri taşımaktadır. 90 m üzeri miktarlarda kullanımı önerilmemektedir.

Cat 6: Bilgisayar ağları ve sistemlerinde yaygın kullanımı olan, yaklaşık 1 Gbps veri taşıma kapasitesine sahiptir. 250 Mhz'lik frekansa kadar iyi performans sunabilmektedir. Cat 5 ve Cat 5e'nin yerini almıştır.

Cat 6a: Bu kablo tipi tıpkı Cat 6 gibi 1 Gbps ve üstü veri taşıma ve iletim kapasitesi vardır. 500 Mhz'lik bant genişliği ile veri geçişine elverişlidir. Yapı olarak Cat 6 tipine göre daha kalındır.

Cat 7: Bu kablo tipi diğerlerine kıyasla daha fazla bant genişliği ve yüksek aktarım hızına sahiptir. 1 Gbps ile 10 Gbps aralığında veri aktarım performansı sunmaktadır. Aynı zamanda bant genişliği 600 Mhz'dir. Diğer kablo tipleri ile karşılaştırıldığında dış etkenlerden daha az etkilenen kablo türüdür. Tam olarak performansın sağlanması için özel TERA konnektörü ile kullanılması gerekmektedir.

Cat 8: Hız ve performans olarak diğer tiplere göre daha fazla veri transferi sağlamak adına geliştirilmeye ve üretim çalışmalarına başlanmış piyasa yavaş yavaş girmekte olan data kablo ürün tipidir.

İki tip çift bükümlü kablo söz konusudur. Bunlar UTP ve STP kablolardır. Takip eden kısımlarda haklarında daha fazla bilgi verilecektir.

3.1.1 UTP kablo (kalkansız bükülmüş çift/ unshielded twisted pair)

Bu tip kabloların metalik kalkanları yoktur. Bu durum kabloyu küçük çapta fakat elektriksel girişime karşı korumasız kılar. Çiftler arasındaki büküm elektriksel gürültüye ve elektromanyetik alana karşı bağışıklığın iyileştirilmesine yardımcı olur. Koruyucusuz olması nedeniyle çevresinin yani çapının küçük olması, uygulama esnasında avantaj sağlamaktadır. Reçber Kablo Şirketi tarafından üretilen bir Cat 5 UTP kablo görseline Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Cat 5 UTP kablo (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)

3.1.2 STP kablo (kalkanlı bükülmüş çift/ shielded twisted pair)

Bu kablo tipi; UTP kablo tipine benzerken aynı zamanda her bir çiftinde ek olarak folyo ve ilave bir bakır örgü veya dışta folyo ile kaplanmıştır. Bu durum kablonun daha uzun mesafelerde daha yüksek iletim hızlarında çalışabilirliğini desteklemektedir. Ekranlama sayesinde kablolardaki sinyallerin, dış ortamdan gelebilecek elektromanyetik parazitlenmeyi alması önlemektedir.

Ekranlama, harici bir parazite neden olmaktadır. Bu gürültüyü engelleme topraklama ile sağlanmaktadır. Kablo uygun şekilde topraklanmadığı takdirde ekranlı bükümlü çift kablo (STP) kablonun gürültü engelleme işi tehlikeye girebilir. Reçber Kablo Şirketi tarafından üretilmiş koruyuculu bir kablo numunesinin görseli Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. CAT 6A STP kablo (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

Bu tezde, Yapay Sinir Ağları kullanılarak Cat 6A tipi data kablosunun parametre tahminleri yapılacaktır. Bu nedenle takip eden kısımda CAT 6A Data Kablosu özelliklerine detaylı olarak değinilecektir.

3.2 CAT 6A U/FTP Data Kablosu

Bu kablo tipi, Cat 6 kablosundan daha iyi performans elde edilmesi adına geliştirilen kablodur. Cat 6a’daki “a” harfi “Artırılmış” kelimesini ifade etmektedir. Cat 6 kablosunun bant genişliğinin iki katını destekler niteliktedir. Bu kablo tipinde bant genişliği 500 MHz’e kadar çıkmaktadır. Bununla birlikte kablo daha fazla veri taşıyabilmektedir. Ekranlı olması nedeniyle çevreden gelen ya da çevreye yayılan parazitleri en aza indirmektedir. Uygulamanın verimliliği kablo seçiminde önem arz etmektedir. Şekil 3.4’de Reçber Kablo Şirketinin ürettiği bir CAT 6A Kablonun görseli verilmiştir.



Şekil 3.4. Cat 6A U/FTP kablo yapısı (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

3.2.1 CAT 6A Yapısı

Data kablo izolesinde en yaygın kullanılan malzeme katı PE (Polietilen)'dir. Cat 6A kablo tipi üretiminde “fiziksel köpürtme” teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknoloji, izolasyon prosesinde ekstruder içerisinde bulunan PE malzemenin belirli bir ısıda eriyik haline getirip, içerisine gaz enjekte edilerek köpürtülen izolasyondur.

Bu izolasyon sistemi, üç ayrı katmandan oluşmaktadır. Bunlar; alt, orta ve üst katman diye isimlendirilmektedir. Alt ve üst katman solid yapıya sahip iken, orta katman köpükten oluşmaktadır. Her bir katmanın kendine özgü görevleri vardır. Üst katman genellikle renklidir. Bu katman izolasyonda yer alan köpük katmanının koruması için önemlidir. Alt katmanın iletkenine surlyn denilen malzeme ile yapışması sağlanarak, iletken nemden korunmuş olmaktadır.

Fiziksel köpürme ile hedeflenen yüksek ve homojen köpürmenin sağlanmasıdır. Köpürmenin sabit tutulması ile PE'nin, dielektrik sabitinin değeri düşürülerek istikrarlı bir kapasite (sığa) hedeflenmektedir. Böylece karakteristik empedans değeri değişimleri azaltılmış olur. Bununla birlikte yüksek frekans test çıktıları olan Empedans ve Geri dönüş kaybı değerlerinde iyi bir performans elde edilir. Köpük katmanında homojen ve kalıcı dağılan baloncuklar sayesinde kablo kalitesi yıllarca korunmaktadır.

Fiziksel Köpüklü izolasyon ile sağlanan avantajları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kablonun elektriksel özelliklerini uzun süre koruyabilmesi
- Neme karşı dayanıklılık ve su geçirmezlik
- Potansiyel olarak daha az yer kaplayan ince tasarımlı mekanik sağlamlık.

Referans alınan standart çerçevesinde, dizaynı gerçekleştirilmiş olan 23 AWG Cat 6A U/FTP Data Kablosu için konstrüksiyonu Şekil 3.5'te verilmiştir. Kablonun düşük ve yüksek frekans elektriksel özelliklerine ise Çizelge 3.1'de yer verilmiştir. (<https://www.recber.com.tr>)



Şekil 3.5. Cat 6A U/FTP dairesel kesit (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)

Çizelge 3.1. CAT 6A kablosu elektriksel özellikler (20°C) (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)

DC Direnç	max.	74 Ω /km
Direnç Dengesizliği	max.	2%
İzolasyon Direnci	min.	2 G Ω x km
Kapasitans	nom.	43 pF/m
Kapasite Dengesizliği	max.	1500 pF/km
Karakteristik Empedans	@ 100 MHz	100 $\pm$ 5 Ω
Transfer Empedansı	@ 1/10/30 MHz	50/100/200 m Ω /m
Kuplaj Zayıflaması	min.	55 dB (Tip 2)
Yayıma Hızı	-	79%
Yayıma Gecikmesi	nom.	420 ns/100 m
Sinyal Gecikmesi 100 MHz	nom.	7 ns/100 m
Test Gerilimi	-	1000 V
Çalışma Gerilimi	max.	125 V

Kablolar için iletken ölçü birimi olan AWG hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

AWG (American Wiring Gauge) : Kelime anlamı olarak Amerikan Kablolama Ölçü Birimi'dir. Kablo içerisinde yer alan iletkenin tel çapının ölçüsüdür. AWG değeri tel çapı ile ters orantılıdır. Yani bu değer ne kadar büyük olursa, tel çapı o kadar küçülmektedir. AWG değeri küçük ölçülü bir kablo (yüksek bakır çaplı), bakır hat boyunca daha az direnç gösterir ve böylece verinin daha uzak mesafelere gitmesine imkan sağlar.

3.3 Data Kabloları Elektriksel Parametreleri

3.3.1 Düşük frekans (LF) testi parametreleri

Data Kablolarının 500 Hz ile 2000 Hz aralığındaki düşük frekansta RCKE isimli test cihazı ile ölçümleri yapılmaktadır. Her tip ürün, kendine özgü standardı karşılayan spesifikasyon değerlerince hazırlanan formatlarda test yapılır. Düşük frekans parametreleri olarak; direnç, kapasite, direnç dengesizliği ve kapasite dengesizliği ölçümleri yapılmaktadır. Bu parametreler bir alt bölümde anlatılmıştır.

Şekil 3.6'da Data kablolarında düşük frekans test parametrelerinin ölçümü sağlanan RCKE (direnç ve kapasite ölçer) isimli test cihazı gösterilmiştir. Bu tezde kullanılan Yapay Sinir Ağlarında düşük frekans test parametrelerinden sadece direnç ve kapasite girişi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.6. RCKE test cihazı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)

3.3.1.1 Direnç

Elektriksel direnç, belirli bir malzemenin uygulanan voltaj için akım akışına karşı gösterdiği bir özelliktir. Bu malzeme bir iletken, tel veya ekran olabilir. Hesaplanan bir iletkenin direnci, çeşitli etkenlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, iletkenin cinsine, kalınlığına ve uzunluğuna göre değişir. Direnç uzunluk ile doğru orantılı değişmektedir. Direncin artması, uzunluğun arttırılması ile olmaktadır. Birimi ohm Ω 'dur. Şekil 3.7'de üzerinden akım geçen telin, direnç hesabında kullanılacak değerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Üzerinden akım geçen tel

Direnç şu şekilde formülize edilmektedir;

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.1)$$

3.3.1.2 Direnç dengesizliği

Direnç dengesizliği, data kablolarında per olan çiftlerin dirençleri arasındaki farktır. Çiftler arasındaki DC direnç dengesizliğini hesaplamak için, çiftin her telinin dirençleri bireysel ölçülür. Aradaki fark değer olarak verilir. Bu değerın sıfır ve/veya sıfıra yakın olması istenir. Yüzde olarak direnç dengesizliği denklem 3.2'de verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} + R_{\min}} \%100 \quad (3.2)$$

3.3.1.3 Kapasite

Kapasite (Kapasitans), yalıtkan malzemenin biriktirmiş olduğu elektrik enerjisinin bir ölçüsüdür. Testlerde her bir perin kapasitesi ölçülmektedir. Ortak kapasitans değeri; iletken çapına, iletkenlerin birbiri arasındaki uzaklığa ve en önemlisi izole malzemenin sahip olduğu dielektrik sabitine bağlıdır. Genellikle kablolarda kapasite değerinin düşük olması istenir.

3.3.1.4 Kapasite dengesizliği

Kapasite dengesizliği, data kablolarında per olan çiftlerin kapasite değerleri arasındaki farktır. Çiftler arasındaki kapasite dengesizliğini hesaplamak için, çiftin her telinin kapasiteleri bireysel ölçülür. Aradaki fark değer olarak verilir. Bu değerın sıfır ve/veya sıfıra yakın olması istenir.

3.3.2 Yüksek frekans (HF) testi parametreleri

Data kablolarının yüksek frekans ölçümleri Network Analyzer isimli test cihazı ile yapılmaktadır. Bu cihaz kullanılarak, 2 GHz'e kadar güvenilir ve hızlı bir şekilde Cat 5'ten Cat 8'e kadar olan tüm Lan kablolarının ölçümü yapılmaktadır. Cihazın görseline Şekil 3.8'de yer verilmiştir.



Şekil 3.8. Network analyzer test cihazı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)

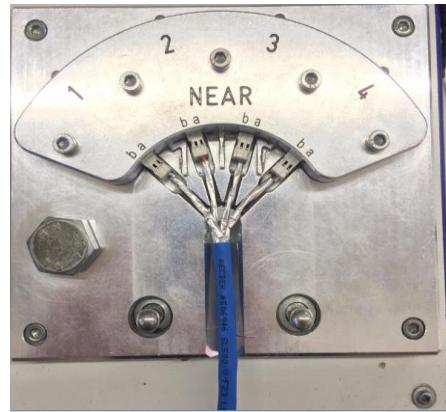
Ölçüm için hazırlanan kablonun uçlarına konnektör takılması işlemine Şekil 3.9’da yer verilmiştir.



Şekil 3.9. CAT 6A U/FTP data kablosu konnektör takılı hali (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

Network Analyzer, gönderen ve alıcı uçların bağlanması için iki ayrı porta sahiptir. Bunlar kablonun yakın ve uzak ucunu temsil eder. Bu uçlar birbirine balunlar ile bağlanmıştır. Balun, bükümlü bir çiftte sinyal göndermek veya almak için kullanılan iki yönlü pasif bir cihazdır. Balunun gönderici olarak görevi normal bir sinyali, genliğin yarısına düşürüp, pozitif ve negatif (ters) sinyallere dönüştürür. Alıcı olarak ise, orijinal sinyali orijinal genlikle yeniden yapılandırır. Kablo ölçümü testi esnasında, veri iletimi sırasında dış bozuklukları en aza indirmek için kullanılır.

Ölçüme hazır, CAT 6A U/FTP Data Kablosunun Network Analyzer test cihazına, yakın ve uzak uç olarak bağlantısı Şekil 3.10’da yer verilmiştir.



Şekil 3.10. Kablonun alt ve üst uçlarının Network Analyzer test cihazına bağlantısı (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

LAN Kabloları için elektriksel parametrelerinin karakteristikleri, belirli standartlar çerçevesinde tanımlanmıştır. Her bir kablo tipine özgü limitler standartlarda belirtilmiş olup bazıları şu şekilde belirtilebilir:

IEC 61156-5+A1: Kablolar-Sayısal haberleşme için çok damarlı ve simetrik çiftli/dörtlü kablolar-Bölüm 5: 1000 Mhz' e kadar olan simetrik çiftli/dörtlü kabloların İletim karakteristikleri-Yatay zemin kablolama-Kısım özellikleri

ANSI/TIA-568-C.2: Ticari Bina Telekomünikasyon Kablolama Standardı- Bölüm 2: Dengeli Bükümlü Çift Telekomünikasyon Kablolama ve Bileşenleri

ISO/IEC 11801: Bilgi teknolojisi-Müşteri binası için genel kablolama-Bölüm 1: Genel gereksinimler.

EN 50173: Bilgi Teknolojisi. Genel kablolama sistemleri. Genel Gereksinimler.

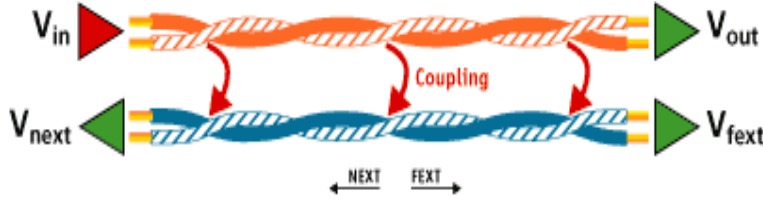
NEXT, PS NEXT, Empedans, RL (Return Loss) ve IL (Insertion Loss) gibi yüksek frekans kablo elektriksel parametrelerin ölçümü yapılmaktadır. Bu parametrelere ilerleyen bölümde ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

3.3.2.1 NEXT (Near-end crosstalk)

NEXT, tüm olası per kombinasyonları için ölçülen bir kablo performans parametresidir. LAN kablolarında bir çiftten gönderilen işaretin, diğer bükülü tele etki eden sinyal bozucu etkisidir. Bu değer desibel (dB) olarak ifade edilir. Kabloda yüksek frekanslar daha fazla parazit yarattığından bu etki iletim frekansına göre değişir. NEXT parametresinin desibel olarak değeri ne kadar yüksek olursa, rahatsız edici karışım o kadar az olur.

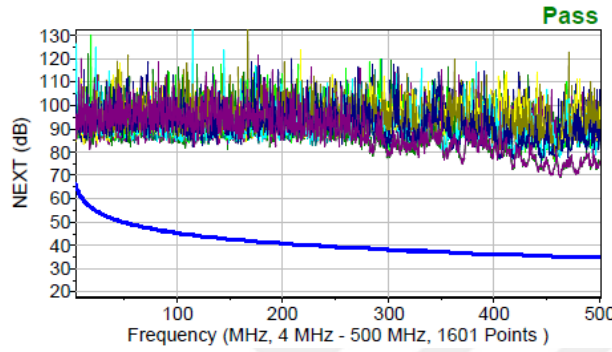
İletim hatlarında yaşanan sinyal kaybı seviyesi her frekansta değişiklik gösterebileceğinden, kablonun belirtilen çalışma frekansı aralığında kablonun performansı test edilmelidir.

Çift bükümlü kablolar, NEXT hatalarını ortadan kaldırmaya ya da sinyal bozucu etkiyi en aza indirmede etkilidirler. Her bir çiftin farklı büküm oranları vardır. Bunun sayesinde çiftlerin bitişik çiftlerden sinyal alması önlenmiş olur. İzolelerin büküm adımlarına hatve (adım aralığı) denilmektedir. Turuncu ve mavi perlerin (çiftlerin) birbirine olan etkisi yani NEXT girişimine Şekil 3.11'de yer verilmiştir.



Şekil 3.11. Turuncu ve mavi perlerin NEXT girişimleri

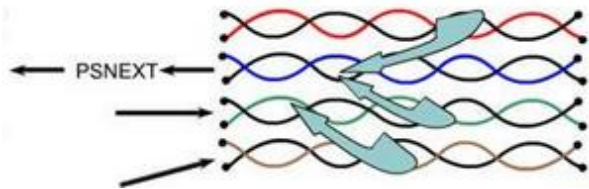
Network Analyzer Test Cihazında bir Reçber Cat 6A U/FTP Kablosunun NEXT ölçümüne Şekil 3.12’de yer verilmiştir.



Şekil 3.12. Cat 6A U/FTP kablo NEXT ölçümü (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

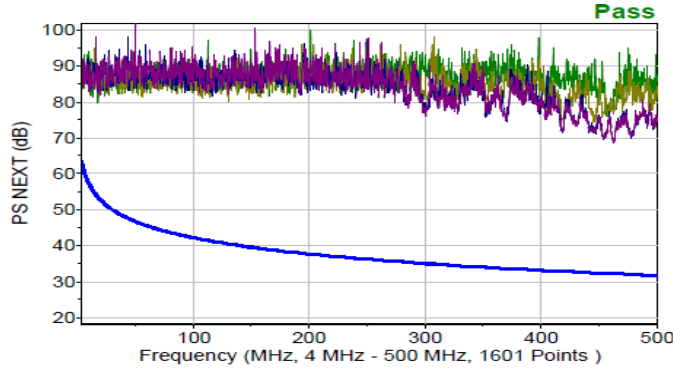
3.3.2.2 PS-NEXT (Power-sum next)

Dört çiftli bir Data kablosu için, her çift diğer üç çiftten gelen parazite maruz kalmaktadır. Power-Sum NEXT, tek bir bükülü çiftin yakın ucunda, diğer bütün bükülü çiftlerden gönderilen işaretlerin meydana getirdiği sinyal bozucu etkisidir. Birimi desibel (dB) olarak ifade edilir.



Şekil 3.13. PS-NEXT girişimleri

Network Analyzer Test Cihazında Reçber Cat 6A U/FTP Kablosunun PS-NEXT ölçümüne Şekil 3.14’de yer verilmiştir.



Şekil 3.14. Cat 6A U/FTP kablo PS-NEXT ölçümü (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

3.3.2.3 Empedans

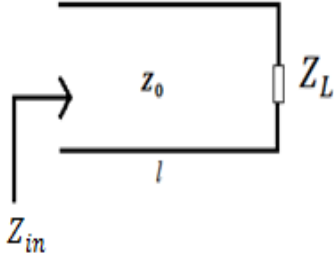
Bir kabloya yüksek frekanslı bir sinyal uygulandığı zaman, elektrik sinyal kaynağı, empedansla karşı karşıya kalır. Kablo üzerinden geçen akıma karşı koyan indüktans, kapasitans ve rezistans değerlerinin eşdeğeri, empedans değerini vermektedir. Birimi Ohm’dur. “Ω” simgesi ile gösterilir. Data kablolarında frekansa bağlı olarak (karakteristik) empedans değeri değişkenlik gösterirken, istenilen karakteristik empedans değeri her durumda 100 Ω’dur.

Her tip kablo belirtilen çalışma frekans aralığında, standartta tanımlanmış olan alt ve üst limitler çerçevesinde 100 Ω karakteristik empedans değerini sağlamalıdır. İstenilen 100 Ω değerinin sağlanmadığı durumlarda, kablonun kullanıldığı sistemler ve donanım arasında empedans uyumsuzluğu yaşanır. Ayrıca bu durum sinyal ve hız kayıplarına yol açmaktadır. Empedans değeri, iletkenin çapına, iletkenler arası mesafeye ve kablonun izole malzemesinin dielektrik özellikleri gibi fiziksel parametrelere göre belirlenmektedir.

Karakteristik empedansta yaşanan ani değişimler sinyal yansımalarına neden olurken, hat üzerinde kayıplara yol açmaktadır. Ağın düzgün çalışması hat boyunca sabit bir empedans ile sağlanmaktadır. Data kablolarının uygulama ve döşeme sırasında keskin dönemeç ve bükülmeler empedans değerinin değişmesine neden olabilmektedir.

Kablonun Karakteristik Empedans değeri şu formül ile hesaplanır:

$$Z_c = \frac{V_0}{I_0} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} \quad Z_0 = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} \quad (3.3)$$



Şekil 3.15. Giriş empedans devresi

Giriş Empedans değeri ya da hat başı görünür empedans değeri şu formül ile hesaplanır:

$$Z_{in} = \frac{Z_L + j Z_0 \tan \beta l}{Z_0 + j Z_L \tan \beta l} \quad (3.4)$$

Z_{in} : Giriş Empedansı

Z_0 : Karakteristik Empedans

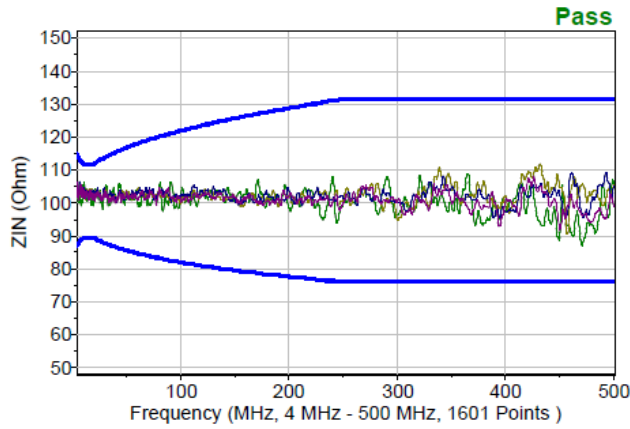
Z_L :Yük Empedansı

β : Faz Sabiti

l : Uzunluk

$\tan \beta l$: Faz açısının tanjantı

Network Analyzer Test Cihazında Reçber Cat 6A U/FTP Kablosunun Empedans ölçümüne Şekil 3.16’de yer verilmiştir.

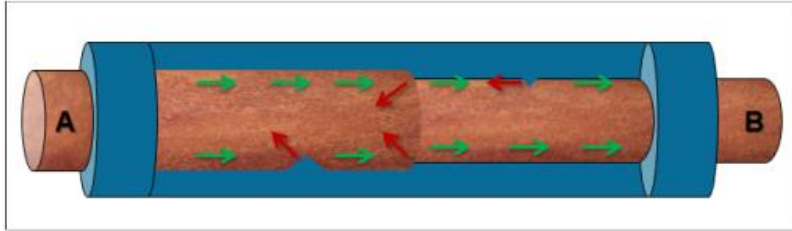


Şekil 3.16. Cat 6A U/FTP kablo giriş empedansı ölçümü (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

3.3.2.4 RL (Return Loss)

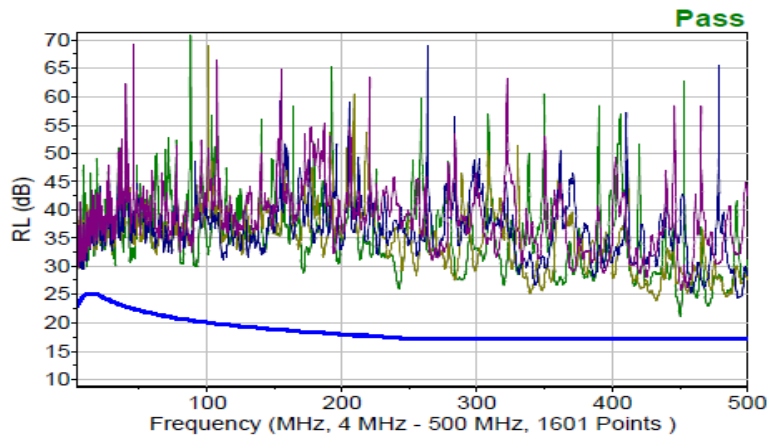
Return Loss (RL), bir diğer deyişle geri dönüş kaybı; bükülü çiftteki sinyal yansımalarının toplam gücünü göstermektedir. Başka bir tanımla iletilen bir verinin, iletim hattı boyunca bir kısmının geri yansıyarak sinyalin kayıplara uğramasının bir ölçüsüdür. Kablonun performansı açısından önemli bir parametre olarak bilinir. Return Loss desibel (dB) cinsinden ölçülür. Data kablolarında geri dönüş kayıpları, empedans uyumsuzluklarından meydana gelmektedir. Pratik olarak empedans uyumsuzluk problemleri RL problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Geri dönüş kaybı, aşağıda görseldeki gibi sinyalin A noktasından B noktasına iletimi sırasında, hattın yüzey ve çap kaynaklı değişkenliklerinin meydana getirdiği geri yansımaların toplamıdır. Bir kablo içerisinde meydana gelebilecek RL yansımalarına Şekil 3.17’de yer verilmiştir.



Şekil 3.17. Kablo içerisinde RL yansımaları

Frekansa göre büyük ölçüde değişkenlik gösteren RL, aynı zamanda karakteristik empedans değerindeki değişikliğin nedenidir. Kablo içerisinde yer alan bakırın saflığı, perlerin büküm kalitesi, dış kılıfın sıkması/gevşekliği ve kılıf malzemesi (HF, PVC) kablonun RL değerini etkileyen parametreler arasında sayılabilir. Network Analyzer Test Cihazından alınan Reçber Cat 6A U/FTP Kablosunun RL ölçümü Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Cat 6A U/FTP kablo RL ölçümü (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

3.3.2.5 IL (Insertion Loss)

Dijital veya analog olan herhangi bir sinyalin gücündeki azalma, zayıflama olarak tanımlanır. Zayıflama doğrusal değer olarak çıktı vermektedir. Kablo uzunluğu ile zayıflama ters orantılıdır. Kablo uzunluğu ve sinyal frekansı ne kadar fazla olursa, kayıp yani zayıflama o oranda yüksek olmaktadır. Bu kayıp desibel cinsinden ölçülmektedir. Zayıflama aynı zamanda attenuation olarak diye de isimlendirilir.

Zayıflama değerinin düşük çıkması iyi bir performans göstergesi olarak kabul edilir ve bu durum bağlantı performansının çok daha iyi olduğunu göstermektedir. Kablonun zayıflama değerini etkileyen bazı faktörler aşağıda sıralanırken, proses çekim şartlarına bağlı olarak kablo giriş sinyalinin genliği ile karşılaştırıldığında, çıkış sinyalinin genliğinin azalması zayıflamayı göstermektedir.

Zayıflamayı etkileyen bazı parametreler;

- * Bakır Çapı
- * İletken/İzole kalınlığı
- * İzolede kullanılan malzemenin kompleks dielektrik sabiti
- * Büküm Per Hatvesi
- * Kablo yapısının ekranlı olması/olmaması şeklinde sayılabilir.

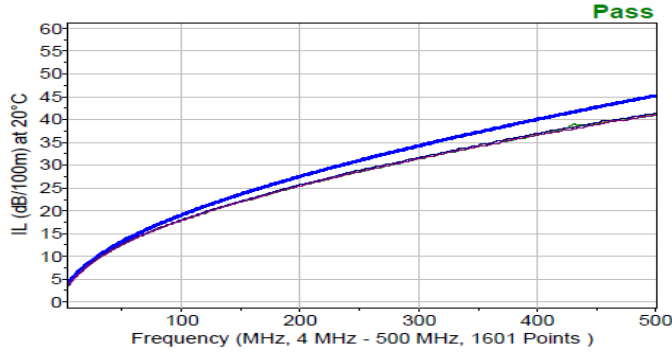
Zayıflama değerinin ölçümü yapılırken en önemli faktör ölçüm yapılan ortamın sıcaklığıdır. Ayrıca pratik olarak edinilen bilgi doğrultusunda zayıflama değeri, metre bağımlı bir yüksek frekans test parametrelerinden biridir. Ölçümü yapılırken 100 metre referans alınarak ölçümü yapılmaktadır.

Hat üzerinde yaşanan zayıflamanın üstesinden gelebilmek için belirli aralıklarla tekrarlayıcı yerleştirilebilmektedir. Tekrarlayıcılar uzun mesafelerde kablo üzerinden iletmek istediğimiz sinyalin gücünü artıran elektronik devrelerdir.

Zayıflama (3.5) numaralı denklemle ifade edilmektedir. Burada P_s , bir sistemin girişteki sinyalin gücünü ifade ederken; P_d , alıcı uçtaki sinyalin gücünü göstermektedir.

$$A = 10 \log_{10} (P_s / P_d) \quad (3.5)$$

Network Analyzer Test Cihazından alınan Reçber Kablonun ürettiği Cat 6A U/FTP Kablosunun IL ölçümüne Şekil 3.19’da yer verilmiştir.



Şekil 3.19. Cat 6A U/FTP kablo IL ölçümü (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)

3.4 Data Kablosu Üretim Prosesi Etkileri

Data kablosu üretim süreci beş ayrı proses adımından meydana gelmektedir. Bunlardan ilki bakırın girdi olarak kullanıldığı İzolasyon prosesidir. Ardında büküm prosesidir. Ardından bükülü yarı mamul Cat 6A S/FTP ürün tipi için örgü prosesine girerken, teze konu olan Cat 6A U/FTP ürünü ise kılıf operasyonu ile devam etmektedir. Kılıfı tamamlanan ürünler müşterinin istediği metraja (20 m, 100 m, 305 m vb.) uygun olarak kesimleri gerçekleştirilmektedir. Metraj operasyonunda kangal diye ifade edilen 305 m’lik boylarda ya da makaralarda sevk olmaktadır. Ardından sevke hazır makaralar sipariş miktarına göre ambalajlanmaktadır.

Bakırın inceltilmesinden itibaren başlayan üretim serüveni metraj operasyonu ile son bulmaktadır. İzolasyon prosesinde, bakır tel belirli bir çap değerine sahip yalıtkan ile izole edilerek, istenilen elektriksel kapasiteye sahip olması sağlanır. Bu prosesin çıkışında referans alınan %100 kalite oranı daha sonraki proseslerde yarı mamul, işlem gördükçe % olarak değer kaybetmektedir. Kalite olarak ölçülebilir yüzdesinden değer kaybetmemesi istenilir. Kablonun elektriksel özelliklerinin korunduğu ve proses şartlarında bozulmanın en az olduğu üretim şartlarının sağlanması, ürün için performans hedefidir.

Üretimin yanı sıra kalite kontrol süreci, tüm proseslere eşlik etmektedir. Hammaddelerin giriş kontrollerinden başlanarak, nihai ürünün son kontrol testlerine kadar elektriksel ve fiziksel ölçümler yapılmaktadır. Üretimde son teknoloji makinelerde ürünlerin ölçümlerinin yapıldığı bu tezde kullanılan verileri sağlayan Reçber Kablo’da, ölçüm değerlerini anlık ve sürekli olarak makine hafızasında kayıt altına cihazlar bulunmaktadır.

İzole hattında bulunan Hızlı Fourier Dönüşümünün kullanıldığı FFT (Fast Fourier Transform) ile sinyaller zaman alanından frekans alanına geçmektedir. Bu sistem ile üretimi yapılan izolenin kaçınıcı metresine denk gelen bir uygunsuzluğun olup olmadığını sürekli olarak izleme imkanı sunmaktadır. Ayrıca bu proseste iletken ve izole çap, izolenin ovalitesi (dairesellikten sapma), kapasite, merkez ve izole üzerinde açıklığın tespit edildiği spark (kıvılcım) cihazı yer almaktadır. Bunların yanında iletken % uzama değerinin belirtilen limitler içerisinde olmalıdır. İzolede karşılaşılabilen minör uygunsuzluklar/deformasyonlar kablunun elektriksel performansını olumsuz etkilemektedir. İzolenin makine üzerindeki kontrolleri bu ölçüm sistemleri ile takip edilmektedir. Bu sistemler sayesinde izole kalitesi yüksek ve kararlı tutulmaktadır. Böylece anlık değişimler görülüp ve müdahale edilebilir olmaktadır. Ayrıca bu tip ölçüm cihazlarının verileri takip edilerek, veriler istatistiksel proses kontrol metodları ile analiz edilerek, gerekli düzeltici faaliyetler gerçekleştirilip gerekli bakım ve makine kontrolleri yapılmaktadır.

Büküm operasyonu kontrolleri düşük frekans testi, büküm yüzeysel kontrollerini içermektedir. Kılıf operasyonu sırasında ürün dış çapı, kılıf uzama ve mukavemet değerleri ölçülmektedir. Ayrıca ürün üzerine yazılmış olan markalama ve spark kontrolleri yapılmaktadır. Kılıfın sıkılığı/bolluğu ürün üzerine etki edeceği için kontrol edilen parametreler arasındadır. Aktarma sırasında kabloda meydana gelebilecek kırılma, istenmeyen fazla gerginlik ürünün performansını önemli derecede düşürmektedir. Son olarak nihai mamul haline gelen ürünlere, düşük ve yüksek frekans testleri yapılarak ürünün kalitesi kontrol altında tutulmaktadır.

Data kablosunun üretim süreci boyunca proseste meydana gelebilecek herhangi bir problem, ciddi anlamda yüksek frekans ölçümlerinde uygunsuzluklara yol açabilmektedir.

3.5 Data Büküm Makinesi (Hattı)

Data büküm makinesi altı ayrı bölümden oluşmaktadır. Bunlar GTSD-1, GTSD-2, SRT, TRLB, CRT ve AST'dir. GTSD-1 ve GTSD-2 denilen bölümler data kablosuna ait her bir izolenin yüklendiği bölümlerdir. Birinci bölümde mavi ve turuncu damarlar yer alırken; ikinci bölümde yeşil ve kahve damarlar yer almaktadır. İzole üzerinde istenilen belirli ve sürekli bir tansiyon (gerginlik) vardır. Bu tansiyonun doğruluğu ve sürekliliği Loadcell adını verdiğimiz sensör ile sağlanır. Bu kabinlerde her bir renk izole, beyaz rengi ile per olmaktadır. Ürüne yol verme sırasında, ürün rotasında belirtilen hatve değerleri (büküm adım aralığı) makineye set edilir. Büküm her bir perin (çift izole) hatve değerine göre sağlanmaktadır.

Bir sonraki adımda SRT denilen bölüme geçer. Bu bölüm çekici olarak görev yapar. Per olan izolelerin kasnak yardımıyla bir sonraki bölüme geçmesini sağlar. TRLB ise folyonun atıldığı bölümdür. Folyo katlama aparatının kullanıldığı operasyonda her bir perin üzerine bireysel folyo atılmaktadır. Folyo ölçüleri, üründen ürüne değişkenlik göstermektedir. Aynı zamanda per ve grup mühreleri makinenin bu bölümünde yer almaktadır. Per ve grup mühreleri izolenin çapına göre değişkenlik göstermektedir. Mühre perlenen izoleyi sıkarak belli bir noktada tutması için kullanılmaktadır. Mührelerin, ürünü çok sıkması veya gevşek bırakması elektriksel özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle ürüne uygun mühre seçimi önemlidir.

Bu bölümün çıkışında belirlenen grup büküm hatvesine göre dört per bir araya gelmektedir. Bu işlem bir adım sonraki CRT adı verilen bölümde yer alan motor sayesinde sağlanmaktadır. Grup büküm, CRT’de yer alan motor sayesinde gerçekleşir. Aynı zamanda bu kısımda bükümlü kablonun gerginliği ayarlanır. Bu gerginlik yüzde olarak belirlenen “Mor Yay” isimli yay ile sağlanır. Aynı zamanda kablodaki yay tansiyonu da denilmektedir. Bu ayar üründen ürüne ve makine tipine göre farklılık gösterebilmektedir. Mor yayın istenilen gerginlikte olup olmadığı makine içerisinde yer alan analog sensör yardımıyla doğrulanır. Belirli bir gerginliğe ulaşan bükümlü kablonun 1000’lik diye adlandırılan büyük bir makaraya sarılır. Son olarak AST bölümü, toplayıcı olarak işlem yaparak yani büyük makaralara sararak, büküm operasyonu tamamlanmış olmaktadır.

Şekil 3.20’de Data Büküm Makinesi yer almaktadır. Şekil 3.21’de ise Mor Yay ve bu yayın özelliğine yer verilmiştir.



Şekil 3.20. Data büküm makinesi-5/DBH-5 (Reçber Kablo’nun izni ile kullanılmıştır)



TENSION ENROULAGE AST1000R
WINDING TENSION AST1000R
AUFWINDUNGSSPANNUNG AST1000R

Ressorts dans berceau CRT350RN
Springs in CRT350RN cradle
Feder im Trger

Ressort / spring / Feder	Couleur / color / Farbe	Consignes position pantin (%) Dancer position (%) Tnzer Position		
		30 %	50 %	70 %
CB35525	ORANGE	4,2	5,2	6,2
CB35526	VERT / GREEN / GRÜN	7,0	9,0	11,0
CB35527	BLEU / BLUE / BLAU	9,0	11,0	13,0
CB35529	NOIR / BLACK / SCHWARZ	10,0	13,0	16,0
CB35530	BLANC / WHITE / WEISS	13,0	16,5	20,0
CB35524	GRIS / GREY / GRAU	14,0	18,0	22,0
OPTION				
CB36107	ROSE / PINK / ROSA	24	33	43
CB36108	JAUNE / YELLOW / GELB	30	42	53
CB36109	ROUGE / RED / ROT	34	50	65

Şekil 3.21. Mor yay ve mor yay teknik dökümanı (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)

4. CAT 6A U/FTP DATA KABLOSUNUN YÜKSEK FREKANS PARAMETRELERİNİN YSA İLE TAHMİNİ

Bu bölümde, CAT 6A U/FTP haberleşme kablosunun yüksek frekans parametrelerini tahmin eden yapay sinir ağı modellerini uygulamanın nasıl ve ne şekilde gerçekleştiği hakkında bilgi verilecektir. Yapılan çalışmalar, ağın tasarımından başlanarak detaylıca anlatılacaktır. Deneylerle seri üretimden modelin tahmin ettiği çıktılar verilecek olup, süreç anlatılacaktır.

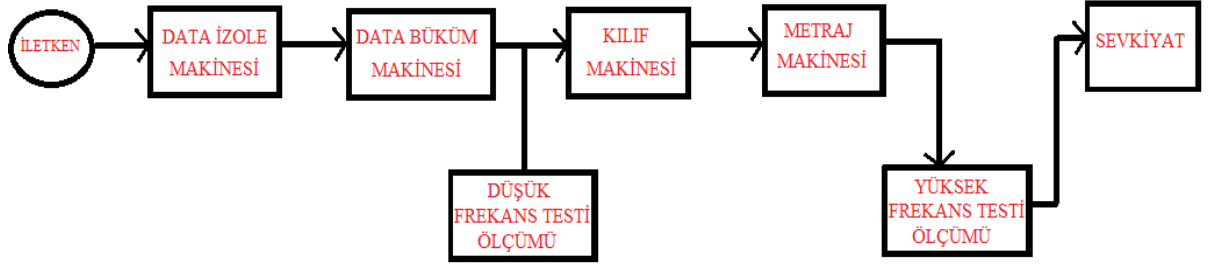
Tez yazarının çalıştığı Reçber Kablo A.Ş firmasında üretimi gerçekleşen data kablolarının nihai mamul haldeki elektriksel sonuçların üretim etkenlerine göre çok fazla değişkenlik göstermektedir. Müşterinin isteği üzerine istenilen çalışma frekanslarına göre ürün dizaynları gerçekleştirilmektedir. Makine çalışma hızları, bazı makine ve üretim parametreleri, üretilen ürünün elektriksel performansında etkisi olmaktadır. Bu etkiler çok fazla değişkenliğe neden olmaktadır.

Tez konusu olarak, Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanarak, üretilen bu haberleşme kablolarının yüksek frekans parametrelerinin tahmini seçilmiştir. Giriş parametre değerlerine bağlı olarak YSA (tahmin) modeli ile üretilen kablonun yüksek frekans test parametrelerinin (çıkış değerlerinin) tahmini/bulunması hedeflenmiştir.

Modelde kullanılan ağın tasarımı sırasında gerçekleşen adımlar şunlardır; Öncelikli olarak modelde kullanılacak olan giriş parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen parametrelerin içerdiği veriler kabloların üretimi esnasında ve elektriksel ölçümler sonrasında toplanmıştır. Veriler eğitim, test ve sınaması kümesi olarak bölünüp, yapay sinir ağı modeli seçilerek bu ağın Matlab programı ile eğitim, test ve sınaması sağlanmıştır. Eğitim sonrası yapay sinir ağı sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.1 Değişken Seçimi

Bu modelde kullanılan girişler belirlenirken, Reçber Kablo Ar-Ge ve Bakım Yöneticilerinin tecrübeleri referans alınmış, fikir alışverişinde bulunulmuştur. Gerçekleştirilecek olan model üzerinde giriş olarak, en çok etkiye sahip olan parametreler seçilmiştir. Data kablolarının üretim süreci Bölüm 3’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bir CAT 6A Data Kablosunun üretim prosesi Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere düşük frekans testi ölçümleri, büküm sonrasında ve kılıflama işlemi öncesinde yapılmakta olup kayıt altına alınmaktadır. Tahmin edilmesi hedeflenen çıkış parametreleri ise bitmiş ürüne yapılan yüksek frekans test parametrelerini içermektedir.



Şekil 4.1. Data kablosu üretim ve kalite kontrol prosesi

Tez çalışmasında kullanmak üzere belirlenen giriş parametreleri (proses, üretim ekipmanları ve kablounun düşük frekans test parametreleri) Çizelge 4.1’de yer verilmiştir.

Çizelge 4.1. Modelde giriş olarak kullanılan parametreler

Proses ve Makine	Seçilen Girdi Parametreleri
1. İzolasyon	- İletken çap - İzole çap
2. Büküm/Makine	- Hatve Değeri - Mor Yay - Grup ve Per Mühre
3. Düşük Frekans Parametreleri	- Direnç - Kapasite
4. Ölçüm/Ortam Değişkenleri	- Sıcaklık - Frekans

Tez çalışmasında kullanmak üzere ölçümleri yapılan data kablolarının metreden bağımsız yüksek frekans test parametreleri, çıkış olarak belirlenmiştir. Bu parametrelere Çizelge 4.2’de yer verilmiştir.

Çizelge 4.2. Modelde çıkış olarak tahmin edilen parametreler

Seçilen Çıkış Parametreleri	
1.Yüksek Frekans Parametreleri	- NEXT - Empedans - RL

İzole prosesinden alınan veriler set edilen iletken ve izole çap değerleridir. Her bir izole makarası 25.000-26.000 metre arası izole üretimini gerçekleşmektedir. Bu izolelerin her bir metresinin iletken ve izole çapının sabit değerde geldiği kabul edilerek, bu değişkenlik tezde göz ardı edilmiştir. Bunun yanında, izolede meydana gelebilecek merkez kaçıklıkları, izolenin içermiş olduğu köpük oranı ve izole kapasitesinin üretim sırasındaki standart değerlerinden sapmaları göz ardı edilmiştir. Yani izolasyon Prosesinden izolenin stabil geldiği varsayılmıştır.

Üründen ürüne ve dizayna göre değişkenlik gösteren ve AR-GE deneyimi gerektiren “Büküm Hatve Değeri” Reçber Kablo’nun isteği üzerine veri çizelgelerinde yer verilmemiş olup, Know-How bilgisi olarak saklı tutulmuştur. Yapay Sinir Ağı modellerinde büküm hatve değerinin giriş parametresi olarak kullanılmasına izin verilmiş ama tezde paylaşılmaması istenilmiştir.

4.2 Veri Toplama

Modelde kullanılacak olan verilen toplanma işlemi, CAT 6 A U/FTP ürünlerin siparişinin alınması ve üretime girilen iř emri ile sağlanmaktadır. Her bir verinin kayıt altına alınması izolasyon sürecinden başlayarak nihai ürün haline gelinceye kadar yapılan süreci adım adım kapsamaktadır. Büküm makine girdi parametreleri, düşük frekans test ıktıları ve yüksek frekans test ölçümleri sırasıyla kayıt altına alınmaktadır.

Üretimi yapılan ürünlerin verileri, büküm operasyonunda aynı işi yapan fakat dizayn olarak küçük farklılık bulunan Data Büküm Hattı-4/DBH-4 ve Data Büküm Hattı-5/DBH-5 makinelerinden alınmıştır. Bu veriler, makine bazlı olarak ayrı ayrı tutulmuştur ve ayrı ayrı kullanılmıştır.

DBH-4 Makinesi giriş ve çıkış parametrelerine ait veriler bir sayfaya sığmayacağından dolayı çok sayıda çizelgeye bölünmüş ve izelge 4.3, izelge 4.4, izelge 4.5, izelge 4.6’da verilmiştir. Aynı şekilde DBH-5 Makinesi için de verilere izelge 4. 7, izelge 4. 8, izelge 4. 9, izelge 4.10, izelge 4.11, izelge 4.12, izelge 4.13, izelge 4.14, izelge 4.15, izelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.3. DBH-4 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler

GİRİŞLER																			
Sıra No	Frekans	İletken Çapı	İzole Çapı	Mor yay	Grup Mühre	Per Mühre	Direnç								Ortak Kapasitans (Per Kapasitans)				Ortam Sıcaklığı
		Tüm damarlar aynı	Tüm damarlar aynı				Mavi	MB	Turuncu	TB	Yeşil	YB	Kahve	KB	M-MB	T-TB	Y-YB	K -KB	
1	4	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
2	10	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
3	16	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
4	31,25	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
5	62,5	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
6	100	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
7	250	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
8	400	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
9	500	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,34	76,33	75,93	75,88	76,25	76,2	75,73	75,72	43,57	42,83	43,22	43,31	26
10	4	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
11	10	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
12	16	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
13	31,25	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
14	62,5	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
15	100	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
16	250	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
17	400	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
18	500	0,555	1,305	40	5,7	2,9	76,51	76,47	76,16	76,02	76,39	76,36	75,86	75,86	43,50	42,88	43,50	43,50	25
19	4	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
20	10	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
21	16	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
22	31,25	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
23	62,5	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
24	100	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
25	250	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
26	400	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
27	500	0,555	1,305	40	6	3,15	74,9	74,96	74,43	74,82	74,85	74,82	74,29	74,39	41,13	41	41,3	41,32	20
28	4	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
29	10	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
30	16	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
31	31,25	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
32	62,5	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
33	100	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
34	250	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
35	400	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
36	500	0,537	1,26	40	5,7	3	80,63	80,77	80,26	80,34	80,57	80,6	80,13	79,99	42,54	41,75	42,36	41,75	22
37	4	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
38	10	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
39	16	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
40	31,25	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
41	62,5	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
42	100	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
43	250	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
44	400	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
45	500	0,555	1,305	42	6	3	75,52	75,58	75,03	75,1	75,48	75,43	75,01	74,89	41,68	41,4	42,1	41,45	19
46	4	0,555	1,305	47	6	3	76,43	76,66	75,91	76,06	76,4	76,56	75,84	76,14	43,01	42,4	43,3	42,08	20
47	10	0,555	1,305	47	6	3	76,43	76,66	75,91	76,06	76,4	76,56	75,84	76,14	43,01	42,4	43,3	42,08	20
48	16	0,555	1,305	47	6	3	76,43	76,66	75,91	76,06	76,4	76,56	75,84	76,14	43,01	42,4	43,3	42,08	20
49	31,25	0,555	1,305	47	6	3	76,43	76,66	75,91	76,06	76,4	76,56	75,84	76,14	43,01	42,4	43,3	42,08	20
50	62,5	0,555	1,305	47	6	3	76,43	76,66	75,91	76,06	76,4	76,56	75,84	76,14	43,01	42,4	43,3	42,08	20

Çizelge 4.4. DBH-4 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam)

Sıra No	Frekans	İletken Çapı	İzole Çapı	Mor yay	Grup Mühre	Per Mühre	Direnç								Ortak Kapasitans (Per Kapasitansı)				Ortam Sıcaklığı
		Tüm damarlar aynı	Tüm damarlar aynı				Mavi	MB	Turuncu	TB	Yeşil	YB	Kahve	KB	M-MB	T-TB	Y-YB	K-KB	
51	100	0,555	1,305	47	6	3	76,4	76,7	75,91	76,1	76,4	76,6	75,84	76,1	43,01	42,4	43,3	42,1	20
52	250	0,555	1,305	47	6	3	76,4	76,7	75,91	76,1	76,4	76,6	75,84	76,1	43,01	42,4	43,3	42,1	20
53	400	0,555	1,305	47	6	3	76,4	76,7	75,91	76,1	76,4	76,6	75,84	76,1	43,01	42,4	43,3	42,1	20
54	500	0,555	1,305	47	6	3	76,4	76,7	75,91	76,1	76,4	76,6	75,84	76,1	43,01	42,4	43,3	42,1	20
55	4	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
56	10	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
57	16	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
58	31,25	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
59	62,5	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
60	100	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
61	250	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
62	400	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
63	500	0,555	1,305	42	6	3	76,4	76,5	75,72	76	76,3	76,3	75,58	75,8	42,09	41,3	41,7	41,6	19
64	4	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
65	10	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
66	16	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
67	31,25	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
68	62,5	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
69	100	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
70	250	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
71	400	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
72	500	0,555	1,305	47	6	3	76,1	75,9	75,58	75,5	75,9	76	75,49	75,4	42,85	42,2	42,9	42	21
73	4	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
74	10	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
75	16	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
76	31,25	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
77	62,5	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
78	100	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
79	250	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
80	400	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
81	500	0,555	1,305	47	6	3	76	76,1	75,5	75,7	75,9	75,8	75,33	75,4	42,8	42,2	42,3	42	21
82	4	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
83	10	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
84	16	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
85	31,25	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
86	62,5	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
87	100	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
88	250	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
89	400	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
90	500	0,555	1,305	47	6	3	74,9	75,1	74,46	74,6	74,9	75	75,32	74,5	42	42	42,4	42,4	22
91	4	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
92	10	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
93	16	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
94	31,25	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
95	62,5	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
96	100	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
97	250	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
98	400	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21
99	500	0,555	1,305	47	6	3	75,4	75,6	75,01	74,8	75,4	75,4	74,78	75	42,51	42	42,2	42,3	21

Çizelge 4.5. DBH-4 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler

Sıra No	ÇIKIŞLAR																			
	NEXT DEĞERLERİ												EMPEDANS				RL (Geri Dönüş)			
	mavi turuncu	mavi yeşil	mavi kahve	turuncu mavi	turuncu yeşil	turuncu kahve	yeşil mavi	yeşil turuncu	yeşil kahve	kahve mavi	kahve turuncu	kahve yeşil	ZC Mavi	ZC Turuncu	ZC Yeşil	ZC Kahve	RL Mavi	RL Turuncu	RL Yeşil	RL Kahve
1	99,18	97,52	101,66	95,19	89,42	100,81	93,39	87,1	99,3	88,74	90,6	93,01	100,9	100,64	100,58	98,49	39,66	32,02	36,09	32,09
2	87,30	87,63	90,63	92,91	92,63	106,22	91,29	90,27	91,76	85,31	93,70	94,12	102,16	102,81	101,86	100,61	36,39	35,6	37,26	45,2
3	88,96	89,39	91,89	95,01	96,69	93,05	85,61	89,52	95,26	105,12	91,29	93,44	101,72	102,10	101,67	100,34	38,42	37,05	38,43	43,62
4	95,08	95,09	95,43	96,51	96,00	86,80	100,95	93,57	90,85	98,79	93,97	91,59	101,79	102,35	101,86	101,03	38,38	37,82	39,61	45,36
5	97,59	96,84	96,34	95,48	93,99	89,60	94,11	95,78	89,92	94,09	102,36	87,57	99,92	101,23	99,88	100,42	48,57	43	43,86	52,2
6	104,18	92,25	105,59	98,97	95,73	93,07	92,14	99,87	92,76	96,90	102,66	92,55	101,71	102,98	102,43	101,51	41,42	35,97	37,06	42,28
7	101,39	95,27	94,42	92,78	91,56	85,54	96,91	95,98	87,36	88,84	90,28	83,03	99,77	101,45	100,73	97,31	39,51	42,24	44,82	35,13
8	104,26	102,01	91,95	90,75	95,68	93,66	96,40	92,82	84,18	94,13	97,76	80,80	102,28	96,60	97,08	98,25	38,00	30,47	31,59	37,12
9	91,35	87,89	90,52	88,14	88,87	93,48	89,27	90,78	85,18	90,73	99,96	82,47	99,95	99,81	100,85	95,31	42,14	32,84	41,22	29,29
10	91,35	97,27	93,20	90,07	93,73	96,92	88,97	92,35	100,61	96,35	104,59	89,41	101,04	99,83	100,26	98,98	40,46	33,63	39,51	33,29
11	92,40	94,60	94,48	90,32	89,76	95,85	85,66	92,68	90,96	95,33	85,80	84,54	101,54	101,65	101,77	101,25	39,18	37,00	37,67	38,82
12	96,44	93,44	84,70	94,36	92,76	92,40	88,57	92,10	92,33	93,10	89,84	88,95	101,37	100,94	101,13	100,08	40,52	39,73	40,91	42,05
13	90,05	90,57	92,50	90,84	94,12	94,14	92,70	88,95	116,58	90,49	90,62	98,33	101,40	100,98	100,96	100,64	42,52	45,03	41,80	41,05
14	95,17	97,15	95,53	111,99	88,52	97,29	103,34	89,55	94,24	89,27	92,49	91,12	100,55	101,14	101,00	99,50	50,13	44,27	45,82	51,46
15	103,21	96,09	95,38	99,33	87,16	98,81	89,53	96,29	88,85	90,10	93,04	89,81	100,55	101,33	99,85	100,08	46,58	38,98	37,99	61,16
16	103,46	89,33	99,02	96,87	88,73	81,10	85,72	93,44	88,81	97,17	82,58	85,19	98,17	97,91	99,66	97,82	40,68	39,41	33,03	39,15
17	93,97	84,66	98,60	87,37	90,83	88,87	97,86	89,68	83,80	99,68	88,37	85,82	107,18	99,66	99,10	96,36	28,49	38,75	46,09	32,45
18	93,97	93,39	92,95	88,29	86,57	88,40	105,47	89,88	77,68	106,80	89,99	78,30	102,08	100,56	94,60	99,47	39,71	31,55	31,12	42,95
19	93,97	98,1	91,62	88,32	101,01	95,97	93,38	91,6	106,5	92,3	98,95	98,4	110,3	108,14	107,95	106,7	25,04	26,14	26,33	28,08
20	93,97	100,6	90,03	86,97	91,64	99,26	94,61	103,45	98,39	87,43	98,8	94,13	106,2	103,95	103,51	105,5	28,43	31,19	29,94	30,21
21	93,97	90,52	89,44	96,97	89,06	95,04	89,7	99	92,63	96,7	83,96	94,54	103,3	103,61	102,25	103,7	33,85	32,61	33,26	32,1
22	93,97	88,92	101,35	106,8	95,18	92,35	103,1	102,52	105,2	98,52	98,08	94,57	104,1	103,5	104,37	102,7	33,26	33,44	32,92	33,24
23	93,97	95,03	88,93	93,88	90,57	111,15	95,18	90,18	106	110,1	88,45	96,56	107,6	103,73	103,32	103,5	28,7	33,6	35,43	35,18
24	93,97	87,76	98,36	90,56	90,73	100,48	97,05	89,81	96,54	101,2	102,85	88,3	107,3	104,33	103,44	105,9	28,97	33,42	32,05	29,88
25	93,97	75,03	89,19	90,78	92,42	88,95	77,58	88,96	79,1	92,02	92,66	83,18	104	102,32	108,88	105	33,19	35,52	26,83	31,28
26	93,97	83,56	84,07	75,1	88,09	91,36	81,67	87,01	80,95	81,03	98,5	77,53	106,5	102,51	104,19	102,3	28,79	26,41	31,88	32,52
27	93,97	95,87	81,21	74,41	85,1	83,55	98,96	85,23	83,67	80,99	83,96	81,56	110,9	98,92	100,94	99,21	24,8	35,93	36,31	41,07
28	93,97	101,75	91,08	105,99	88,58	102,63	101,01	91,91	103,25	92,74	96,62	108,82	99,34	105,33	101,80	103,87	32,62	28,14	33,10	28,61
29	93,97	102,72	89,31	107,07	97,14	86,11	90,41	89,04	88,83	86,82	95,32	94,71	104,68	104,70	103,74	103,32	32,72	32,73	34,47	35,12
30	93,97	96,53	86,49	97,48	94,33	93,98	83,56	91,85	94,72	96,56	107,04	98,00	100,42	104,21	102,48	102,84	53,17	33,45	37,23	36,92
31	93,97	93,97	97,79	97,09	89,34	92,28	93,49	95,41	98,42	88,53	92,12	96,78	103,79	105,44	102,96	102,62	34,40	31,38	36,22	37,78
32	93,97	95,64	92,77	95,23	95,52	99,78	94,53	95,29	92,82	96,75	91,91	91,48	103,74	103,25	102,55	102,35	37,57	33,97	36,81	38,43
33	93,97	100,16	96,80	89,44	96,70	94,67	93,29	99,01	95,28	99,70	92,47	91,64	101,41	106,35	102,01	103,02	36,54	30,22	36,27	35,34
34	93,97	98,07	91,75	88,56	87,18	98,41	95,34	103,73	92,22	96,61	95,09	85,19	100,50	105,38	101,69	101,69	38,64	31,17	35,24	40,48
35	93,97	88,79	95,54	95,98	87,34	90,56	100,87	90,09	89,66	96,95	100,16	97,64	99,94	105,44	100,36	104,13	39,40	31,53	38,10	31,34
36	93,97	92,01	97,84	85,87	89,25	97,23	94,85	93,91	76,92	96,41	89,90	76,12	100,43	102,51	104,62	104,41	32,82	34,05	29,59	28,88
37	93,97	85,83	93,25	99,87	93,71	70,78	90,23	90,24	98,84	88,2	91,4	96,13	103	105,13	104,66	104,6	30,46	28,76	28,91	28,89
38	93,97	91,94	91,07	88,73	106,99	87,47	91,86	98,64	93,68	94,87	95,02	89,32	100,4	103,39	102,51	102,1	35,58	33,02	33,45	32,7
39	93,97	96,58	93,78	91,68	95,24	89,39	89,38	93,27	94,23	94,43	95,81	92,68	99,88	101,87	101,19	101,7	41,86	36,56	36,45	38,5
40	93,97	92,32	91,66	87,08	98,3	90,22	94,53	93,48	92,36	94,95	89,11	101	100,4	103,9	102,06	102,7	49,09	33,84	39,44	36,35
41	93,97	94,21	96,81	86,09	88,82	94,41	89,04	88,49	98,97	102,9	89,38	94,99	102,5	101,61	103,1	102,3	37,66	41,72	36,23	38,26
42	93,97	94,13	89,53	85,56	94	94,95	91,51	96,43	93,02	95,5	93,14	86,54	101,9	102,76	102,91	102,4	37,54	30,72	36,1	37,1
43	93,97	99,41	93,24	93,25	91,02	89,8	89,4	87,64	85,12	93,75	91,31	89,36	100,7	98,32	99,73	101,6	49,32	39,11	44,13	38,98
44	93,97	97,49	87,66	97,65	89,58	94,64	95,23	94,85	81,95	96,26	88,56	82,18	99,14	97,68	97,94	97,17	43,74	28,66	38,57	32,79
45	93,97	91,84	93,99	82,37	91,69	93,38	93,91	105,17	81,66	90,5	91,11	83,14	96,05	106,43	103,75	101,4	33,74	28,27	25,37	42
46	93,97	92,72	88,9	96,24	97,8	105,04	88,69	101,42	95,96	89,71	95,38	103,9	101,9	103,92	101,25	103,6	29,87	28,35	30,21	28,96
47	93,97	94,49	92,25	97,57	109,8	96,65	109,1	89,3	92,41	101,5	89,45	89,01	99,11	101,15	98,75	100,2	37,42	33,96	36,19	33,84
48	93,97	98,5	105,66	90,03	91,43	92,9	88,61	94,62	88,17	86,91	98,85	89,01	100,6	100,91	98,97	100,7	44,21	41,65	39,94	38,2
49	93,97	100,6	95,52	89,09	90,28	97,97	90,43	101,69	92,6	97,27	94,05	91,89	100,1	100,45	99,24	99,96	45,25	51,42	46,27	43,48
50	93,97	93,61	93,44	87,99	93,02	92,16	103,1	88,9	88,94	93,01	91,97	95,96	101	103,22	99,91	101,7	45,22	34,5	53,07	40,83

Çizelge 4.6. DBH-4 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devam)

Sıra No	NEXT DEĞERLERİ												EMPEDANS				RL (Geri Dönüş)			
	mavi turuncu	mavi yeşil	mavi kahve	turuncu mavi	turuncu yeşil	turuncu kahve	yeşil mavi	yeşil turuncu	yeşil kahve	kahve mavi	kahve turuncu	kahve yeşil	ZC Mavi	ZC Turuncu	ZC Yeşil	ZC Kahve	RL Mavi	RL Turuncu	RL Yeşil	RL Kahve
51	86,15	86,59	94,07	90,05	88,98	99,27	88,09	95,92	100,8	99,58	90,24	94,27	101,9	101,32	99,71	101	40,6	36,99	41,4	44,57
52	86,34	89,49	93,59	89,68	89,15	96,61	95,52	89,03	87,43	90,2	96,79	85,99	100,9	100,77	98,15	99,9	33	35,43	40,1	37,21
53	90,79	91,99	95,56	90,24	89,5	98,67	98,28	84,96	84	92,85	93,42	88,41	102,2	103,83	102	106,4	28,2	34,29	33,8	27,96
54	79,99	94,67	100	82,36	80,41	93,66	102,3	80,06	84,77	93,9	87,83	85,55	94,37	98,24	96,78	94,38	30,2	40,59	33,6	30,28
55	98,37	94,24	88,08	107,29	100,29	89,79	115,4	90,87	88,94	93,89	88,89	100,2	104,8	106,26	105,6	104,7	28,1	27,56	28,4	28,65
56	92,21	89,82	93,14	94,02	91,57	92,2	95,01	89,89	89,81	91,99	96,79	111,2	101,9	102,68	102,3	101,8	35	32,1	36,3	34,89
57	88,74	86,83	96,53	92,14	88,7	91,91	97,43	96,97	89,05	101,5	96,02	90,58	100,7	101,66	100,9	100,8	40,5	36,68	38,2	41,08
58	89,31	96,45	111	87,91	96,01	101,04	85,65	87,95	91,79	95,72	89,44	92,51	99,95	103,02	99,19	101	45,6	34,64	36,4	41,58
59	100,16	98,87	96,7	94,92	87,25	97,85	96,68	95,54	96,7	89,51	105,92	89,36	98,67	102,28	101,7	101,4	42	36,56	36,8	42,64
60	86,8	94,4	98,51	91,33	89,06	92,94	99,56	90,73	97,88	91,53	89,74	99,92	101,4	97,94	100,4	100,8	38,8	36,26	49,5	47,92
61	86,82	87,66	95,84	104,5	87,3	93,64	95,63	86,01	99,63	91,29	87,53	94,46	100,2	99,41	102,3	101,2	47,8	31,07	32,1	41,88
62	92,09	92,58	92,05	96,02	85,31	88,43	86,29	93,92	88,34	100,8	92,09	84,54	99,99	105,28	94,14	100,7	35,5	31,56	27,3	39,02
63	80,65	86,69	82,49	78,36	78,93	82,59	84,22	77,59	90,67	93,96	83,26	88,13	99,42	94,26	91,83	105,1	30,3	20,48	23,6	32,03
64	94,02	88,15	93,78	93,22	96,03	90,17	92,77	89,21	95,62	92,94	97,49	90,53	102,5	104,02	102,9	104,5	29,8	28,72	29,7	28,9
65	99,22	89,38	90,1	85,44	89,22	107,21	88,86	91,6	94,05	93,4	94,2	92,37	99,96	101,08	100,2	101,5	34,8	34,06	35,4	33,64
66	96,39	90,84	90,89	85,84	107,74	86,13	91,93	89,7	104	88,94	98,08	93,71	101,2	100,19	101,4	101,2	43,8	50,64	43,4	44,01
67	93,37	100,4	104	87,5	91,14	90,61	88,92	88,84	97,52	95,98	87,12	90,14	100,9	100,28	100,8	100,2	43,6	45,09	44,2	49,17
68	92,32	93,69	98,99	96,51	94,69	93,49	97,31	91,06	95,26	103,7	97,37	95,36	100,9	100,76	101,2	101,4	46,9	42,21	43,6	40,77
69	92,63	105,9	95,6	93,36	88,54	100,84	97,55	84,49	95,61	97,76	95,97	91,5	100,9	99,97	100,5	101,5	47,3	44,46	39,8	41,04
70	95,49	92,86	102,7	94,32	91,54	114,5	103	91,62	94,41	93,17	107,95	89,09	97,83	98,03	98,51	99,55	39,1	38,8	41,6	31,82
71	110,95	86,84	87,94	94,45	84,14	90,95	101,6	82,58	80,58	107,3	82,55	86,04	102,4	100,77	102,4	103,7	37	44,93	37,2	33,86
72	84,22	99,56	86,7	84,13	90,19	86,57	117,8	87,24	78,74	85,22	84,59	78,55	95,51	101,79	99,88	101,2	31	28,12	45,4	28,21
73	90,9	96,05	96,09	97,82	97,09	97,19	92,47	94,45	89,02	89,54	91,13	89,71	107,8	106,09	105,7	105,9	26,7	27,98	27,4	28,52
74	98,6	86,88	88,87	118,62	92,34	91,06	105,5	105,94	101,3	102,5	91,1	105,4	105,3	103,7	103	103,4	30,8	32,61	32,3	33,18
75	85,52	90,67	85,8	97,57	89,87	98,24	95,04	91,25	89,2	83,06	90,52	97,37	101,9	101,18	99,73	102,3	36,1	36,22	51,6	34,94
76	91,02	100,5	89,76	84,95	103,15	94,99	108,6	94,1	93,45	90,48	94,35	92,6	105,4	102,98	101,8	102,8	31,5	36,66	39	37,06
77	87,76	99,67	87,84	93,94	97,3	96,41	100,5	88,77	98,1	102,7	89,89	90,7	105,3	103,42	102,7	103,6	31,7	34,94	37,3	34,15
78	89,62	102,2	107,3	94,25	93,05	107,59	91,91	87,33	94,54	116,8	103,18	97,46	105,1	101,7	103,8	104	31,2	40,81	34,4	33,82
79	104,67	96,99	98,8	96,74	91,94	96,81	89,22	83,82	87,46	92,45	88,97	87,29	103,5	100,65	98,04	101,5	34,9	44,8	29,8	35,01
80	104,39	90,25	109,7	88,72	92,77	99,02	88,9	95,92	84,85	93,35	93,57	83,56	100,7	99,06	94,46	101,3	30,6	40,6	28,2	37,29
81	85,77	94,86	105,4	94,01	87,59	105,23	96,85	87,37	82,64	98,53	94,67	82,83	98,1	102,83	102	102,5	28,9	31,29	33,1	31,77
82	98,92	84,63	89,9	97,02	88,63	91,42	91,2	90,5	94,4	87,29	87,05	93,46	105,4	106,22	106,3	106,2	27,5	28,17	27,9	28,36
83	95,28	88,52	93,72	94,37	91,46	88,35	100,7	91,18	93,73	95,95	93,11	109	103,7	104,67	104,5	104,5	33,7	31,22	31	31,39
84	93,09	96,69	98,6	89,25	100,51	108,01	97,66	88,98	113	89,21	98,05	94,13	102,4	102,94	102	102,1	36	35,18	37,3	35,81
85	89,75	87,87	88,17	87,29	95,07	89,57	94,41	93,37	99,3	96,15	93,93	87,52	105,3	103,9	103,1	103,4	31,3	33,21	34,2	34,9
86	87,9	102,1	101,9	88,2	88,25	95,73	91,81	87,2	105,6	91,97	99,27	98,57	98,95	104,25	103,7	103,2	45,4	32,23	34,3	35,96
87	87,41	91,42	88,93	90,14	88,25	87,58	95,25	91,22	102,3	94,47	90,11	98,41	102,4	99,81	102,4	100,8	33,6	44,87	38,6	42,2
88	94,55	90,18	91,91	94,79	86,49	94,18	90,91	94,67	84,92	102,3	91,67	93,05	100	101,19	101,6	99,81	36,8	38,19	34,1	39,34
89	89	95,17	92,4	97,25	90,01	86,51	93,13	87,92	80,38	92,77	89,71	81,75	99,35	102,3	97,1	100,4	40,5	29,6	31	34,7
90	90,95	87,81	106,5	88,4	87,78	86,84	91,19	87,67	75,02	93,7	90,05	76,09	105,7	105,55	105	98,89	31,1	27,66	28,4	42,68
91	91,45	95,75	89,25	92,99	90,89	100,91	85,63	103,43	89,81	89,52	94,6	92,66	106,9	105,89	105,6	106,4	26,6	27,77	28,6	27,88
92	105,46	84,46	93,9	90,35	91,6	92,38	88,44	89,12	109,3	92,7	102,15	93,01	104	103,41	103,9	103,5	31,8	32,48	32,4	33,68
93	100,75	100,5	88,19	84,2	98,24	99,67	90,94	95,26	85,1	91,02	92,87	96,89	101,3	100,94	100,7	101,7	37,2	35,75	38,6	35,8
94	90,88	94,82	91,78	108,76	94,39	90,28	87,38	96,69	106,8	86,15	90,04	90,49	102,6	101,32	101,2	101,9	37,7	42,33	40,2	40,29
95	110,18	90,8	93,16	87,05	89,65	85,98	94,06	94,49	97,99	98,25	89,44	97,74	101,6	101,92	102,8	102,1	38,2	37,52	35,1	39,59
96	108,28	90,3	95,66	87,86	92,51	92,71	90,73	88,47	95,03	109,8	106,32	85,73	101,6	101	100,2	100,3	41,9	41,57	43,5	56,65
97	94,26	86,71	102,4	90,64	93,66	92,21	93	84,75	95,07	93,46	94,48	89,87	101,3	101,33	100,7	101,7	42	43,38	40,1	41,29
98	93,4	87,67	94,41	101,57	87,83	88,16	87,45	86,37	92,34	92,78	86,17	93,49	99,89	97,31	100,2	99,77	32,2	36,07	29,1	50,36
99	86,84	88,44	82,61	82,84	78,56	78,63	87,24	79,66	80,16	87,05	80,57	80,68	103,8	109,35	104,7	103,2	34,1	26,69	31,9	33,32

Çizelge 4.7. DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler

GİRİŞLER																				
Sıra No	Frekans	İletken Çapı	İzole Çapı	Mor yay	Grup Mühre	Per Mühre	Direnç								Ortak Kapasitans (Per Kapasitansı)				Ortam Sıcaklığı	
		Tüm damarlar aynı	Tüm damarlar aynı				Mavi	MB	Turuncu	TB	Yeşil	YB	Kahve	KB	M-MB	T-TB	Y-YB	K -KB		
1	4	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
2	10	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
3	16	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
4	31,25	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
5	62,5	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
6	100	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
7	250	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
8	400	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
9	500	0,624	1,52	42	6,2	3,3	59,07	59,03	58,59	58,6	58,9	58,89	58,53	58,48	44,44	44,12	44,72	43,82	25	
10	4	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
11	10	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
12	16	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
13	31,25	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
14	62,5	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
15	100	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
16	250	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
17	400	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
18	500	0,624	1,48	42	6,2	3,3	58,71	58,64	58,26	58,26	58,57	58,54	58,19	58,1	43,83	42,92	43,83	43,35	24	
19	4	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
20	10	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
21	16	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
22	31,25	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
23	62,5	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
24	100	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
25	250	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
26	400	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
27	500	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,88	74,94	74,63	74,54	74,86	74,81	74,43	74,47	41,79	42,27	42,01	41,22	25	
28	4	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
29	10	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
30	16	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
31	31,25	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
32	62,5	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
33	100	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
34	250	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
35	400	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
36	500	0,537	1,26	42	5,7	3	80,02	79,97	79,42	79,61	79,78	79,55	79,37	79,12	41,48	42,01	42,01	41,53	21	
37	4	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
38	10	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
39	16	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
40	31,25	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
41	62,5	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
42	100	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
43	250	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
44	400	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
45	500	0,537	1,26	42	5,7	3	80,11	80,11	79,57	79,68	79,93	79,94	79,51	79,51	41,70	41,34	41,98	41,84	22	
46	4	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
47	10	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
48	16	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
49	31,25	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
50	62,5	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	

Çizelge 4.8. DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam)

	GİRİŞLER																			
Sıra No	Frekans	İletken Çapı	izole Çapı	Mor yay	Grup Mühre	Per Mühre	Direnç								Ortak Kapasitans (Per Kapasitansı)				Ortam Sıcaklığı	
		Tüm damarlar aynı	Tüm damarlar aynı				Mavi	MB	Turuncu	TB	Yeşil	YB	Kahve	KB	M-MB	T-TB	Y-YB	K -KB		
51	100	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
52	250	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
53	400	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
54	500	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,8	74,83	74,5	74,42	74,76	74,69	74,28	74,3	41,39	41,61	41,96	41,61	24	
55	4	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
56	10	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
57	16	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
58	31,25	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
59	62,5	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
60	100	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
61	250	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
62	400	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
63	500	0,555	1,305	42	5,8	3,15	74,94	74,94	74,45	74,58	74,7	74,73	74,39	74,37	41,88	41,53	42,05	41,62	25	
64	4	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
65	10	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
66	16	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
67	31,25	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
68	62,5	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
69	100	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
70	250	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
71	400	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
72	500	0,555	1,305	42	5,8	3,15	76,02	76,03	75,49	75,63	75,81	75,76	75,43	75,34	41,85	42	42,2	41,5	24	
73	4	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
74	10	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
75	16	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
76	31,25	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
77	62,5	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
78	100	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
79	250	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
80	400	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
81	500	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,75	59,7	59,17	59,3	58,98	59,54	58,73	59,29	43,17	42,9	43,5	42,4	18	
82	4	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
83	10	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
84	16	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
85	31,25	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
86	62,5	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
87	100	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
88	250	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
89	400	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
90	500	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,98	59,92	59,49	59,5	59,8	59,78	59,39	59,32	43,06	42,6	43,5	42,7	18	
91	4	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
92	10	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
93	16	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
94	31,25	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
95	62,5	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
96	100	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
97	250	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
98	400	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
99	500	0,624	1,48	43	6,8	3,3	60,14	60,11	59,7	59,72	59,99	59,98	59,55	59,5	43,04	41,9	43,2	42,2	18	
100	4	0,555	1,305	40	6	3	76	75,88	75,54	75,61	75,85	75,88	75,44	75,53	42,84	41,1	42,4	42,2	20	

Çizelge 4.9. DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam)

	GİRİŞLER																			
Sıra No	Frekans	iletken Çapı	izole Çapı	Mor yay	Grup Mühre	Per Mühre	Direnç								Ortak Kapasitans (Per Kapasitansı)				Ortam Sıcaklığı	
		Tüm damarlar aynı	Tüm damarlar aynı				Mavi	MB	Turuncu	TB	Yeşil	YB	Kahve	KB	M-MB	T-TB	Y-YB	K-KB		
101	10	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
102	16	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
103	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
104	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
105	100	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
106	250	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
107	400	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
108	500	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,54	75,6	75,9	75,9	75,44	75,5	42,84	41,1	42,4	42,2	20	
109	4	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
110	10	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
111	16	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
112	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
113	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
114	100	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
115	250	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
116	400	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
117	500	0,555	1,305	40	6	3	76	75,9	75,58	75,4	75,8	75,7	75,38	75,3	42,2	41,9	41,7	41,7	18	
118	4	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
119	10	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
120	16	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
121	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
122	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
123	100	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
124	250	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
125	400	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
126	500	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,77	75,6	76	75,8	75,55	75,4	42,15	42	42,1	42	20	
127	4	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
128	10	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
129	16	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
130	31,25	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
131	62,5	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
132	100	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
133	250	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
134	400	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
135	500	0,555	1,305	40	6	3	74,3	74,2	73,79	73,9	74,1	74,1	73,69	73,7	42,16	41,6	42,1	41,8	16	
136	4	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
137	10	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
138	16	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
139	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
140	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
141	100	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
142	250	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
143	400	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
144	500	0,555	1,305	40	6	3	76,2	76	75,62	75,6	76	75,9	75,46	75,5	42,26	42,1	42,7	41	23	
145	4	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22	
146	10	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22	
147	16	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22	
148	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22	
149	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22	
150	100	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22	

Çizelge 4.10. DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam)

	GİRİŞLER																		
Sıra No	Frekans	iletken Çapı	izole Çapı	Mor yay	Grup Mühre	Per Mühre	Direnç								Ortak Kapasitans (Per Kapasitansı)				Ortam Sıcaklığı
		Tüm damarlar aynı	Tüm damarlar aynı				Mavi	MB	Turuncu	TB	Yeşil	YB	Kahve	KB	M-MB	T-TB	Y-YB	K -KB	
151	250	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22
152	400	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22
153	500	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,94	76	76,3	76,3	75,78	75,8	41,91	42,3	42,1	42,1	22
154	4	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
155	10	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
156	16	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
157	31,25	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
158	62,5	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
159	100	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
160	250	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
161	400	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
162	500	0,555	1,305	40	6	3	75,3	75,2	75,74	74,8	75,1	75	74,64	74,6	42,42	42,4	43	42,4	21
163	4	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
164	10	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
165	16	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
166	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
167	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
168	100	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
169	250	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
170	400	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
171	500	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,3	75,81	76	76,3	76,1	75,74	75,6	42,72	42,4	42,6	41,8	22
172	4	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
173	10	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
174	16	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
175	31,25	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
176	62,5	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
177	100	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
178	250	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
179	400	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
180	500	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
181	4	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
182	10	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
183	16	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
184	31,25	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
185	62,5	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
186	100	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
187	250	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
188	400	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
189	500	0,555	1,305	40	6	3	75,9	76	75,4	75,6	75,8	75,8	75,42	75,4	42,13	41,4	42,8	41,7	22
190	4	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
191	10	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
192	16	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
193	31,25	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
194	62,5	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
195	100	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
196	250	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
197	400	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
198	500	0,555	1,305	40	6	3	75,8	75,9	75,14	75,3	75,5	75,6	75,21	75,2	42,54	41,8	42,5	41,4	22
199	4	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22
200	10	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22

Çizelge 4.11. DBH-5 makinesi giriş parametrelerine ait toplanan veriler (devam)

	GİRİŞLER																			
Sıra No	Frekans	İletken Çapı	İzole Çapı	Mor yay	Grup Mühre	Per Mühre	Direnç								Ortak Kapasitans (Per Kapasitansı)				Ortam Sıcaklığı	
		Tüm damarlar aynı	Tüm damarlar aynı				Mavi	MB	Turuncu	TB	Yeşil	YB	Kahve	KB	M-MB	T-TB	Y-YB	K -KB		
201	16	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22	
202	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22	
203	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22	
204	100	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22	
205	250	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22	
206	400	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22	
207	500	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76	75,65	75,6	76	75,9	75,55	75,4	42,14	41,5	42,6	42	22	
208	4	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
209	10	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
210	16	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
211	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
212	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
213	100	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
214	250	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
215	400	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
216	500	0,555	1,305	40	6	3	76,3	76,2	75,75	75,8	76	75,9	75,62	75,5	41,91	41,9	42,4	41,9	16	
217	4	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
218	10	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
219	16	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
220	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
221	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
222	100	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
223	250	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
224	400	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
225	500	0,555	1,305	40	6	3	76,4	76,4	75,8	76	76,2	76,3	75,86	75,8	42,61	41,5	42,8	42,2	22	
226	4	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
227	10	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
228	16	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
229	31,25	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
230	62,5	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
231	100	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
232	250	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
233	400	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
234	500	0,555	1,305	40	6	3	76,1	76,1	75,67	75,7	76	75,9	75,56	75,6	41,69	41,6	42,8	42,1	23	
235	4	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
236	10	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
237	16	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
238	31,25	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
239	62,5	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
240	100	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
241	250	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
242	400	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	
243	500	0,624	1,48	43	6,8	3,3	59,7	59,6	59,24	59,2	59,5	59,5	59,14	59,2	43,84	43,2	43,7	43,2	16	

Çizelge 4.12. DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler

Sıra No	ÇIKIŞLAR																			
	NEXT DEĞERLERİ												EMPEDANS				RL (Geri Dönüş)			
	mavi turuncu	mavi yeşil	mavi kahve	turuncu mavi	turuncu yeşil	turuncu kahve	yeşil mavi	yeşil turuncu	yeşil kahve	kahve mavi	kahve turuncu	kahve yeşil	ZC Mavi	ZC Turuncu	ZC Yeşil	ZC Kahve	RL Mavi	RL Turuncu	RL Yeşil	RL Kahve
1	88,84	91,84	90,46	95,23	91,23	90,36	90,54	89,08	97,54	87,33	92,45	98,64	105,95	105,01	104,78	104,28	28,00	31,52	29,26	33,46
2	94,63	92,32	95,07	85,52	88,43	91,07	90,60	90,10	92,46	90,23	93,05	86,61	99,80	99,98	98,89	100,86	38,04	36,40	36,20	39,17
3	97,14	103,06	91,64	91,69	97,75	87,90	101,40	86,45	95,38	101,95	93,35	91,82	100,47	99,12	99,84	100,17	44,50	37,99	38,14	41,38
4	92,90	97,18	93,25	87,75	95,36	92,37	91,72	88,11	91,22	94,10	98,25	85,40	100,00	99,25	99,33	100,72	48,10	44,67	40,33	42,63
5	91,84	96,88	90,11	95,38	95,70	93,69	93,64	99,26	96,21	91,00	94,32	109,17	100,24	99,00	99,10	100,05	57,15	41,82	44,40	72,39
6	95,89	94,76	96,96	97,61	93,71	92,55	100,01	87,50	89,62	87,45	92,53	87,72	99,37	98,35	97,31	98,44	43,62	41,47	36,15	41,79
7	86,14	103,27	96,94	97,62	99,75	91,37	96,22	84,41	82,16	96,16	90,37	82,42	96,29	98,45	96,41	98,19	33,57	36,80	33,34	40,59
8	100,21	109,17	103,36	100,51	103,60	100,95	103,61	92,75	84,67	91,82	95,36	85,14	97,65	98,28	96,27	98,65	32,36	30,80	32,58	43,23
9	100,63	108,71	92,38	100,48	85,46	90,68	103,64	96,19	77,87	95,05	84,86	76,47	102,32	98,30	105,25	106,94	26,71	28,89	28,83	26,33
10	95,74	95,44	100,47	94,09	90,95	90,84	100,68	95,67	96,84	115,37	94,04	99,43	107,22	102,84	106,87	101,17	29,02	36,45	29,51	42,40
11	89,22	89,40	90,15	95,00	95,66	97,29	89,64	90,33	90,06	88,89	90,34	93,20	102,46	102,74	102,17	101,07	36,20	35,82	36,06	41,10
12	83,35	96,30	86,51	93,43	91,48	90,11	90,92	88,93	91,02	98,31	97,58	88,67	101,68	102,52	101,76	101,10	39,86	36,35	37,93	40,51
13	92,97	94,08	92,30	92,34	117,18	90,11	99,41	109,60	88,58	94,77	91,09	96,97	102,01	102,34	101,92	101,19	39,46	38,16	38,77	43,32
14	88,73	101,21	104,67	99,26	93,55	95,73	93,62	101,64	90,97	92,28	94,85	102,56	100,85	101,99	100,11	99,68	40,20	39,32	39,70	46,12
15	97,80	102,67	104,93	101,48	93,07	101,43	93,83	94,39	91,60	92,46	94,21	96,45	103,23	101,37	102,08	101,83	33,65	42,50	39,75	40,83
16	95,82	93,25	94,05	99,06	97,78	92,42	96,16	92,15	90,63	99,47	101,53	97,96	103,25	100,69	104,64	100,75	33,92	36,70	32,53	41,92
17	91,81	97,28	105,86	115,92	92,09	91,87	91,14	85,16	91,59	95,70	100,49	90,67	98,81	103,05	104,09	106,83	35,21	34,59	33,95	28,55
18	92,35	92,01	104,05	104,85	99,48	88,50	110,38	96,61	91,49	107,70	86,42	88,38	103,27	95,43	96,64	105,61	30,71	31,02	33,69	31,20
19	104,67	93,55	99,57	100,17	96,21	99,58	96,59	98,25	91,41	89,11	94,46	98,20	101,08	99,76	99,89	101,49	34,85	31,38	33,67	29,26
20	85,82	92,15	105,99	88,40	98,84	96,16	89,89	124,80	93,50	89,13	91,09	93,61	104,36	100,95	100,62	102,40	32,12	37,42	36,58	35,69
21	101,95	90,87	93,44	115,50	86,54	94,35	92,07	91,68	95,57	86,69	93,64	97,78	102,16	100,08	102,14	102,26	39,21	38,99	38,12	37,11
22	90,63	98,62	96,30	93,89	97,65	91,74	109,38	92,52	94,14	87,81	91,98	98,29	103,79	100,55	102,61	101,21	34,37	39,17	36,76	39,69
23	90,13	92,22	96,44	101,50	92,96	95,49	92,25	100,72	96,44	89,02	94,56	99,33	101,79	98,91	99,23	99,59	40,50	43,76	37,44	48,82
24	89,25	92,21	98,06	91,52	92,00	93,71	92,00	114,20	102,42	95,25	88,66	90,92	101,33	96,74	98,98	98,47	42,90	35,60	37,19	41,76
25	96,61	92,58	93,43	89,06	99,11	86,01	95,60	91,91	87,51	90,10	83,98	86,82	98,08	98,71	97,54	98,67	30,90	41,81	38,00	37,77
26	92,85	88,78	94,48	88,17	90,07	91,94	98,54	102,34	80,73	100,29	99,37	82,04	103,41	97,49	95,53	105,24	30,26	30,45	32,30	30,31
27	89,90	98,70	91,74	93,95	87,30	100,55	86,51	89,17	87,06	96,03	91,67	82,88	102,63	95,09	91,62	89,49	23,53	31,76	27,07	24,68
28	95,88	91,57	97,27	93,31	92,16	91,82	96,50	104,98	99,68	100,29	87,71	97,82	109,42	106,51	106,16	107,33	25,76	27,47	27,70	27,37
29	93,33	92,37	87,56	94,31	87,30	102,49	88,89	88,25	85,72	90,76	91,87	98,21	105,49	103,00	102,62	103,52	30,65	35,11	34,69	34,20
30	110,37	88,53	90,45	90,93	89,64	97,92	87,20	87,99	88,43	87,36	96,25	88,83	104,99	102,50	102,69	103,92	31,56	35,81	34,94	33,88
31	84,87	98,50	97,00	85,86	87,94	94,23	110,53	84,57	91,14	93,83	112,98	87,21	104,79	101,82	102,92	101,72	32,47	39,43	34,92	41,31
32	94,11	101,07	94,15	90,53	97,91	102,88	91,92	104,29	94,43	91,37	90,53	109,21	103,31	102,20	100,48	101,30	35,54	38,97	38,55	43,35
33	95,79	91,41	87,02	100,76	98,25	95,90	91,90	105,68	97,97	94,32	96,88	86,78	103,08	101,08	101,47	100,68	35,71	45,36	41,62	42,39
34	81,70	92,09	107,09	83,52	91,61	90,04	96,73	89,25	86,26	86,82	107,97	87,41	107,02	100,89	99,17	99,38	28,83	47,05	41,92	35,31
35	88,07	112,91	101,68	87,82	91,33	94,79	87,69	94,66	84,56	91,13	94,94	81,00	105,15	101,26	99,73	102,09	31,19	28,84	29,49	34,28
36	88,67	88,69	100,56	88,62	90,14	94,80	91,07	90,40	81,30	99,10	89,24	81,23	100,57	102,89	105,37	91,17	28,80	33,52	31,52	26,59
37	91,96	90,77	98,61	90,52	92,64	93,35	98,07	93,56	97,51	89,18	100,12	94,52	107,84	106,40	105,76	105,05	26,59	28,19	29,20	28,67
38	93,69	89,63	90,52	89,71	93,84	98,21	99,81	87,98	98,48	102,73	95,87	96,29	103,76	103,13	102,65	101,88	32,36	33,88	34,20	35,11
39	90,76	101,24	103,97	90,18	96,95	89,62	92,55	84,90	94,66	90,62	101,02	89,72	103,24	102,09	108,45	101,94	35,15	34,22	27,06	38,91
40	91,91	89,34	95,83	98,75	88,40	89,69	97,34	87,62	100,27	90,01	96,66	87,26	102,93	103,21	100,25	102,01	36,45	35,33	33,76	37,10
41	89,02	93,67	102,06	98,99	90,69	94,00	106,72	93,99	93,84	107,07	98,75	90,62	105,04	104,42	105,73	101,92	32,18	33,18	30,91	39,71
42	98,06	101,86	90,05	93,46	100,78	96,62	101,60	96,29	94,55	100,24	106,40	96,61	104,94	102,10	102,74	100,57	32,30	36,35	36,47	50,19
43	101,45	94,58	99,56	96,74	98,14	99,77	104,08	93,40	85,11	97,08	94,86	90,40	104,70	103,28	102,62	103,26	32,21	32,20	37,09	35,88
44	89,42	93,18	93,60	93,56	91,62	90,12	97,44	88,70	82,96	100,24	87,15	86,74	108,37	103,76	104,38	105,58	27,92	33,84	30,95	31,31
45	95,29	100,81	88,35	93,37	87,71	91,13	91,52	88,72	83,96	92,86	88,02	78,77	105,68	108,13	106,52	113,53	31,13	27,00	29,37	22,18
46	103,08	96,78	92,79	97,56	91,85	97,09	102,59	97,85	90,59	104,57	105,24	96,89	106,78	105,48	104,56	104,50	27,71	29,75	28,57	30,41
47	93,95	91,74	92,10	95,55	91,33	92,02	94,77	92,91	92,58	97,03	110,14	90,03	103,27	102,95	100,94	103,38	31,83	34,82	38,73	29,61
48	95,57	92,52	88,49	90,03	89,56	89,83	88,51	92,73	91,23	93,60	96,61	98,57	101,47	102,86	100,34	101,97	35,89	33,76	40,75	38,60
49	94,29	96,64	93,30	92,91	90,74	87,28	96,98	103,68	96,75	86,32	93,00	86,95	102,98	102,47	100,39	103,48	35,16	34,71	35,50	33,32
50	98,69	98,94	95,23	92,25	91,55	104,88	94,65	94,20	90,01	92,79	94,91	96,19	104,18	101,04	95,41	100,62	33,75	30,55	31,49	46,50

Çizelge 4.13. DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)

Sıra No	ÇIKIŞLAR																			
	NEXT DEĞERLERİ												EMPEDANS				RL (Geri Dönüş)			
	mavi turuncu	mavi yeşil	mavi kahve	turuncu mavi	turuncu yeşil	turuncu kahve	yeşil mavi	yeşil turuncu	yeşil kahve	kahve mavi	kahve turuncu	kahve yeşil	ZC Mavi	ZC Turuncu	ZC Yeşil	ZC Kahve	RL Mavi	RL Turuncu	RL Yeşil	RL Kahve
51	97,58	109,71	111,79	97,51	88,70	87,21	94,60	88,38	98,63	91,57	88,36	91,71	99,01	101,20	99,44	100,32	41,42	36,00	33,15	37,80
52	96,65	93,95	97,50	89,24	94,53	98,22	94,44	96,13	90,13	94,75	104,11	87,72	100,69	94,19	99,24	97,72	48,60	30,47	33,28	35,32
53	95,09	101,91	91,72	92,64	92,64	87,77	94,41	96,11	84,85	94,32	90,45	84,59	98,44	104,01	97,52	98,30	42,08	30,63	33,76	34,50
54	96,04	89,98	99,12	90,91	86,12	85,10	94,73	93,37	81,98	91,32	84,35	80,82	102,76	88,12	102,10	95,08	27,52	21,50	39,67	30,78
55	100,43	84,77	116,87	108,62	90,28	101,26	97,94	89,19	92,35	92,29	104,62	89,90	100,73	101,08	101,72	100,91	38,82	31,49	36,24	31,48
56	94,94	95,78	96,16	93,83	95,83	89,24	91,97	91,61	89,83	91,44	89,50	85,07	102,97	102,81	103,74	101,86	34,42	36,13	33,15	37,47
57	97,66	94,00	92,18	93,20	96,10	95,22	93,68	94,01	83,91	88,12	91,52	94,41	101,93	102,35	104,12	103,06	37,67	35,06	33,18	35,00
58	93,01	91,92	94,31	94,67	101,74	101,07	90,99	96,49	96,04	93,74	87,36	91,42	102,28	101,34	104,37	102,83	35,72	36,65	32,32	36,74
59	100,84	97,90	93,85	88,65	98,30	95,08	93,56	100,24	102,60	104,24	100,27	95,87	101,45	100,09	101,62	100,37	42,85	37,76	37,53	41,84
60	89,80	97,48	96,23	94,84	103,99	108,77	109,07	93,53	90,90	98,92	99,58	116,76	100,97	99,39	99,64	99,21	43,29	41,23	38,59	42,68
61	97,73	93,87	95,20	93,28	90,37	94,12	88,39	98,97	86,35	91,12	96,91	87,19	102,25	102,40	103,68	101,82	38,13	38,00	33,71	37,44
62	92,62	104,94	93,68	91,46	90,84	93,87	90,55	90,09	89,35	98,80	95,83	95,82	96,41	101,54	101,70	101,84	27,98	37,68	33,13	35,93
63	97,25	100,51	88,29	90,84	87,58	95,78	93,05	87,15	84,92	92,68	90,68	80,90	102,67	89,92	102,07	116,39	33,60	21,61	28,43	20,76
64	93,98	97,89	91,07	92,59	99,57	102,22	96,55	89,99	97,77	94,52	97,25	94,67	101,1	100,88	99,73	101,1	35,8	30,49	35,5	30,48
65	92,52	94,83	95,19	102,39	91,2	98,78	94,28	96,59	89,03	92,32	87,16	92,27	104,2	103,83	103,4	104	33	33,96	33,7	33,76
66	97,07	87,15	96,71	99,24	87,13	92,67	100,3	100,77	99,14	95,59	100,47	92,38	103,8	103,96	103	103,5	34,2	33,36	36,1	34,95
67	101,78	96,85	91,73	89,28	96,13	93,19	102,7	91,23	93,99	96,07	88,15	92,06	102,1	101,32	102,7	103,7	39,1	36,52	34,9	34,89
68	96,56	88,92	91,94	92,57	92,27	92,54	91,58	90,34	89,22	97,1	87,46	99,36	103,9	102,26	103,7	101,2	34,2	38,77	33,4	44,62
69	91,1	100,5	91,85	99,64	94,8	108,37	90,48	91,19	105	96,24	98,54	115,3	104,6	101,37	103,5	105,9	32,7	37,02	34,1	30,01
70	89,38	87,85	113,1	101,18	95,53	88,08	92,05	100,12	88,29	90,88	100,24	91,65	98,59	96,15	100,8	101,8	29,1	31,66	33,3	41,25
71	91,13	91,91	93,16	82,88	93,04	100,38	90,47	85,02	88,99	91,03	93,02	84,95	101,3	97,92	104,6	106,8	42,3	27,76	28	26,47
72	82,31	91,48	94,99	86,83	85,79	112,51	94,64	84,11	85,39	109	99,7	85,55	95,04	93,36	101	99	31,4	23,33	26,6	35,48
73	91,96	90,51	89,59	95,96	89,55	88,99	92,78	85,85	90,11	91,82	85,93	91,56	104,2	104,36	102,9	106,8	29	28,79	29,9	27,6
74	93,7	100,3	94,86	85,29	93,4	106,14	87,43	88,12	95,27	90,33	88,49	88,9	100,9	101,04	100,1	103,4	38,7	35,26	38,3	33,01
75	90,11	93,55	108,6	91,46	91,21	90,06	104,6	97,76	94,12	87,88	88,65	85,3	101,7	98,26	99,89	100,5	41,2	40,73	49	41,64
76	94,61	89,92	97,44	86,5	95,58	92,14	100,3	93,21	99,31	89,57	93,02	93,2	101,3	102,1	99,73	104,1	43,8	36,6	52,6	32,82
77	87,32	97,09	89,61	90,37	90,73	92,63	91,98	90,19	96,45	93,47	99,69	94,76	104,1	101,6	102	103,1	33,4	40,48	39,5	36,25
78	88,86	93,13	93,72	88,14	93,84	91,02	93,38	88,23	115,3	89,11	92,92	92,33	103,7	102,06	102,6	100,9	34,2	38,45	37,4	42,46
79	94,11	103,8	91,12	95,06	94,11	96,57	98,57	88,24	87,25	98,93	91,86	85,78	104,8	97,95	103,7	101,3	30,7	39,01	34,8	35,69
80	83,14	102,9	92,04	97,48	90,11	103,41	94,71	88,5	78,72	102,2	94,23	78,6	99,16	103,87	99,25	101,7	44,9	28,35	41,2	38,43
81	84,87	89,48	95,1	82,23	81,84	94,37	83,21	80,69	81,44	90,97	86,04	80,42	105,7	102,6	99,49	109	31,1	33,34	43	26
82	89,8	91,98	92,82	108,9	87,76	106,14	90,38	102,26	98,89	90,44	93,12	97,19	101,7	102,11	101,4	101,8	30,6	29,14	30,1	30,29
83	91,34	84,1	93,67	88,17	92,65	97,2	89,36	97,24	90,34	94,33	90,48	88,48	100,1	99,74	100,2	99,02	42,8	39,19	44,5	39,23
84	90,37	91,79	85,36	95,72	98,1	96,67	90,48	95,35	96,72	87,76	90,33	92,52	102,9	101,29	100,8	100,3	36,7	43,52	44,9	53,92
85	91,26	94,61	91,18	95,98	95,55	89,31	95,15	91,35	91,4	100,8	95,76	96,86	101,7	99,99	100,7	98,94	40,9	53,63	46,8	45,44
86	91,51	92,34	94,47	86,08	93,67	92,71	94,25	87,93	105,8	94,08	101,65	107,6	100,4	101,49	99,8	100,8	49,8	40,48	49,5	47,72
87	87,03	104,1	96,37	92,99	95,84	93,24	100,9	89,28	102,8	110,3	92,36	92,45	101,2	99,28	100,4	100	41,1	48	43,6	43,38
88	96,31	98,28	88,87	90,25	93,24	102,18	101,8	89,26	97,22	102,4	102,28	88,36	101,2	98,01	99,89	100,8	35,7	39,53	41,5	43,8
89	87,58	99,49	104,2	93,53	103,16	90,8	94,33	99,2	83,79	88,02	100,66	98,23	101,2	99,03	95,91	99,48	29,1	37,66	30,3	44,41
90	87,83	97,61	113,2	86,6	86,4	98,38	100,1	88,53	83,06	97,44	106,83	84,08	102,7	94,9	100,3	102,8	29,8	31,2	35,7	37,02
91	87,52	84,85	90,1	94,81	88,9	93,31	88,83	92,83	89,95	87,85	92,99	89,94	103,7	104,69	102,6	104,1	29,7	27,92	30,6	28,93
92	88,27	87,9	97,97	94,92	96,8	89,41	94,76	98,3	88,73	109,8	89,2	92,7	101,4	102,05	101,4	101,3	42,1	35,47	43	43
93	87,39	105	103,7	86,13	88,34	96,66	90,08	91,9	101,6	91,31	88,1	98,97	104,2	102,47	102,8	101,6	33,6	37,53	37,2	42,07
94	88,18	93,11	98,3	87,09	88,24	92,23	103,3	107,15	92,76	93,4	90,66	89,86	102,1	102,31	100,5	102,7	39,6	38,73	51,2	37,1
95	87,89	88,87	93,01	82,97	95,84	101,7	91,21	96,28	99,43	93,97	87,31	96,66	100,9	100,88	100,8	101,3	41,1	45,85	47,6	40,9
96	83,95	91,6	97,14	80,8	87,54	94,37	98,17	89,85	85,78	90,94	101,56	91,95	100,7	102,9	102,6	101,2	40,3	36,76	35,4	42,5
97	86,41	89,85	90,31	83,22	100,59	92,15	96,66	89,23	86	91,99	91,02	86,68	102,8	98,29	103,6	101,1	36,3	41,25	35,1	34,12
98	90,92	86,9	94,15	84,4	91,92	89,39	97,9	94,22	83,63	90,58	102,33	94,71	100,8	99,25	99,32	104,2	46,8	46,44	45,1	30,89
99	83,38	95,35	86,49	82,87	82,75	91,02	95,72	81,85	82,39	91,32	96,2	80,41	105,5	99,88	99,54	101,8	28	34,85	32,9	34,48
100	89,72	103	95,73	101,41	98,59	88,72	91,45	90,56	88,16	90,79	99,33	96,25	103,1	107,2	104,7	103,7	29,1	27,01	28,6	29,2

Çizelge 4.14. DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)

	ÇIKIŞLAR																			
Sıra No	NEXT DEĞERLERİ												EMPEDANS				RL (Geri Dönüş)			
	mavi turuncu	mavi yeşil	mavi kahve	turuncu mavi	turuncu yeşil	turuncu kahve	yeşil mavi	yeşil turuncu	yeşil kahve	kahve mavi	kahve turuncu	kahve yeşil	ZC Mavi	ZC Turuncu	ZC Yeşil	ZC Kahve	RL Mavi	RL Turuncu	RL Yeşil	RL Kahve
101	91,65	92,42	97,1	93,03	92,75	92,08	98,56	93,13	85,46	104	104,66	93,6	100,3	104,16	102,8	101,5	39,7	31,49	33,5	35,27
102	92,53	88,7	89,67	86,64	85,87	96,8	93,56	85,71	96,13	91,52	96,14	89,79	98,31	102,16	101,4	101	38,8	36,53	38,2	38,92
103	87,8	99,16	102,5	89,44	95,09	101,68	94,4	92,64	91,22	90,29	91,39	88,5	99,52	103,71	102,9	100,4	44,9	34,11	36,5	42,9
104	91,59	91,1	96,52	84,4	92,86	90,29	107,2	91,87	97,1	93,6	90,12	103,6	100,8	101,08	104,2	100,7	46,7	42,77	33,6	44,14
105	86,71	92,53	96,65	84,25	93,64	91,83	99,35	90,74	92,95	110	97,77	85,08	100,9	101,4	101,2	98,31	44,2	43,18	36,6	38,03
106	88,6	97,82	91,28	88,61	87,14	91,91	95,39	96,53	89,43	95,76	94,68	94,81	99,68	99,18	99,3	100,1	43,9	44,58	33	36,58
107	94,66	101,9	88,07	86,65	92,5	87,33	90,84	91,59	107,6	104,4	91,96	88,01	99,4	102,55	97,77	97,84	50,1	37,69	37	36,15
108	90,41	93,81	85,1	85,93	92,92	86,89	103,6	94,78	86,12	89,15	86,46	81,78	97,96	100,72	107,3	94,68	33	27,09	28,9	31,04
109	90,53	93,84	93,09	88,69	90,82	101,82	91,4	95,67	94,2	88,05	86,58	87,66	104,3	104,77	106,6	106,5	28,3	28,5	27,3	27,85
110	91,29	85,42	92,89	97,17	95,56	94,77	96,43	97,9	92,26	97,65	88,82	97,25	101,8	101,75	103,8	103,4	40	34,7	32,7	33,19
111	94,57	89,95	90,92	89,78	86,96	102,61	87,34	91,64	92,63	105	90,93	97,35	101,1	100,88	102,1	101,3	39,2	37,52	36,2	38,64
112	90,9	95,36	101,1	87,08	96,42	104,19	90,83	110,24	95,4	85,78	97,32	92,89	103,3	101,21	105,2	103	35,7	40,46	31,4	36,42
113	88,65	90,26	91,27	92,87	85,95	91,02	91,27	100,26	96,57	97,87	103,79	96,45	104,4	101,25	102,6	101,8	32,9	44,11	37,9	40,54
114	89,56	95,33	96,95	88,38	91,82	91,98	86,92	88,58	92,11	98,61	92,56	86,44	102,8	101,77	105	104,4	36,7	37,32	32,1	33,29
115	98,54	92,31	100,7	90,27	95,64	88,43	91,94	112,92	94,58	95,96	85,52	106,3	101,3	100,87	103,5	106,8	43,6	41,66	33,7	29,58
116	89,22	87,02	92,51	91,12	88,75	103,77	90,99	87,69	79,5	90,22	82,39	79,6	98,01	100,16	99,78	102	33,5	42,28	58,5	38,88
117	78,75	82,77	88,36	77,48	80,36	83,87	86,19	83,44	78,45	85,16	83,56	80,89	105,6	97,97	116,9	104,2	23,3	29,59	21,9	29,45
118	87,64	84,3	90,23	90,13	87,11	91,04	87,23	87,51	91,45	84,49	88,06	90,19	103,4	103,71	104,4	103	28,7	28,75	28,8	29,83
119	85,31	90,48	93,01	91,97	105,72	100,02	95,4	89,58	87,76	90,51	93,76	96,69	100,5	101,05	100,1	100,1	39,1	35,16	34,8	37,92
120	87,5	90,03	86,75	90,69	89,73	90,22	94,66	88,47	95,75	101,4	100,72	93,21	101,8	100,04	102	99,68	38,3	46,6	37	40,4
121	92,76	91,39	92,41	95,03	88	88,42	89,27	94,4	99,12	91,69	90,79	99,42	100,7	99,81	102,3	99,55	40,6	51,2	38,6	44,84
122	91,14	105,3	104,1	99,71	90,69	85,43	92,38	88,49	94,07	93,68	89,08	94,71	104,8	102,1	98,86	102,4	32,2	34,52	40,1	38,13
123	88,18	95,24	111,4	83,2	95,44	97,65	87,46	88,86	99,16	97,28	92,28	103,9	102	101,08	101,5	100,5	40,1	44,28	41,2	39,73
124	94,24	91,31	108,9	90,35	92,6	89,28	101,9	99,71	87,6	90,57	93,5	83,34	101,4	102,19	100,2	101,9	41,6	36,56	48	36,76
125	91,57	91,51	88,19	90,04	87,59	95,21	90,21	89,35	82,25	95,43	98,62	80,16	99,84	99,76	101,7	102,8	31,3	48,22	41,5	30,43
126	100,2	91,17	101,7	93,57	86,23	92,67	98,16	85,62	79,35	94,7	92,82	81,06	90,76	95,4	96,22	96,41	26	31,46	28,9	34,6
127	87,67	85,86	82,46	93,09	87,44	82,83	90,91	83,57	83,58	86,8	89,5	82,62	104,5	105,22	104,5	104,6	29	27,39	28,1	28,92
128	92,31	95,51	93,92	88,75	91,87	94,7	89,2	92,01	84,83	89,16	90,25	90,27	100,8	100,97	100,9	101,2	38,8	35,24	36,6	36,02
129	90,19	97,26	88,96	94,66	92,54	89,99	105,1	93,09	89,3	97,12	89,68	96,51	102,1	101,37	102,2	101,7	39,4	36,94	37,5	38,64
130	99,81	93,39	92,52	99,8	93,56	86,18	96,23	98,94	91,36	90,3	97,37	97,97	103,2	100,78	102,8	101,5	35,9	48,22	37,2	39,45
131	95,12	105,1	87,28	96,12	88,64	88,69	100,3	93,36	92,25	96,09	92,31	109,1	102,8	105,11	104,3	103,5	37,1	31,69	33,5	34,21
132	90,54	96,34	92,85	88,44	100,9	95,77	91,06	95,89	106,2	95,66	89,44	96,13	103	103,13	102,3	102,9	36,4	35,16	35,7	36,93
133	91,3	92,37	95,83	87,49	90,63	94,3	97,23	87	82,48	106,3	99,86	83,22	102,9	99,85	101,5	101	36,6	37,29	30,6	40,8
134	105,49	95,89	95,6	91,73	90,63	92,52	91,93	98,36	79,1	89,31	90,56	79,8	101,4	99,36	102,3	99,36	42,9	49,38	37,4	34,79
135	88,51	99,27	97,78	88,99	97,12	92,16	89,71	85,42	81,92	91,62	91,21	80,05	106,4	108,04	101,6	104,5	28,2	27,94	26	28,08
136	98,29	87,73	90,14	86,74	96,55	91,24	86,57	89,74	89,13	87,78	89,65	85,11	103,9	104,21	102,7	106,3	30	29,38	29,2	28,25
137	99,6	103	91,45	93,14	92,02	93,06	91,89	91,88	92	92,08	99,68	88,41	100,3	101,59	100,6	104,9	46,6	34,12	30,6	31,16
138	100,47	95,94	85,34	89,65	99,11	89,31	97,9	87,5	87,91	96,04	91,67	88,44	105,2	99,64	98,38	105,2	31,8	38,62	35,1	31,38
139	99,82	88,49	94,79	88,7	90,56	96,53	103,1	92,56	99,86	98,81	92,85	96,08	98,99	101,81	101,3	103,5	44,2	38,9	42,8	35,15
140	94,23	91,91	103,8	86,19	108,77	103,51	102,4	91,37	102	91,46	90,48	87,28	104	100,26	102,1	104,7	33,3	39,09	39,6	32,6
141	88,71	92,12	87,32	92,04	91,16	92,8	95,22	90,43	93,06	90,62	95,08	88,6	101	100,09	100,8	100,8	41,5	43,16	44,9	47,48
142	87,4	88,04	95,65	89,05	96,5	91,22	96,91	98,5	90,88	92,72	84,11	85,03	96,56	100,32	100,7	108,1	30,4	55,57	41,2	27,43
143	82,55	87,83	96,19	87,77	101,46	97,71	91,81	93,8	77,67	90,4	96,07	75,88	105,8	102,69	98,96	97,98	29,3	34,21	33,6	32,39
144	85,59	93,83	102,3	85,98	90,84	97,98	103,2	87,77	81,06	95,06	96,71	81,32	103,3	104,66	100,8	107,5	35,7	31,25	45,9	28,75
145	88,44	86,93	88,32	93,96	84,07	85,2	82,5	94,68	85,1	87,57	102,3	89,04	105,1	103,81	103,3	107,4	28,7	29,34	29,8	27,07
146	93,56	92,33	92,45	87,66	100,07	96,03	90,4	104,35	101	90,23	87,58	98,61	102	101,77	101,8	102,1	34,1	35,38	34	32,63
147	87,97	96,1	96,68	98,5	92,87	88,86	93,42	101,75	102,7	91,19	87,89	91,7	100,1	99,81	101,2	102,6	39,1	37,57	43,6	33,45
148	92,59	89,97	91,86	94,64	90,28	93,25	86,66	94,54	108,4	94,84	96,35	92,82	101	99,14	99,03	102,3	43,5	41,77	46,2	36,19
149	93,45	89,4	97,57	87,44	90,16	88,24	92,9	90,61	95,66	98,12	90,03	103,4	101,8	102,44	107	102,6	39,7	37,35	29,1	36,1
150	85,04	94,01	96,45	88,19	86,46	105,38	93,24	93,36	104,1	94,83	91,84	99,48	101,4	101,22	101,3	103,2	33,7	35,26	30,9	32,97

Çizelge 4.15. DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)

	ÇIKIŞLAR																			
Sıra No	NEXT DEĞERLERİ												EMPEDANS				RL (Geri Dönüş)			
	mavi turuncu	mavi yeşil	mavi kahve	turuncu mavi	turuncu yeşil	turuncu kahve	yeşil mavi	yeşil turuncu	yeşil kahve	kahve mavi	kahve turuncu	kahve yeşil	ZC Mavi	ZC Turuncu	ZC Yeşil	ZC Kahve	RL Mavi	RL Turuncu	RL Yeşil	RL Kahve
151	85,22	91,03	89,44	87,97	94,04	86,43	87	96,22	89,34	88,36	88,54	85,17	101,7	100,05	102,3	100,1	33,8	34,39	29,6	34,31
152	90,37	92,23	88,21	99,47	84,86	84,46	86,46	86,53	78,73	89,15	82,76	81,63	97,06	93,97	99,38	102,6	27,5	28,37	31,6	32,58
153	91,32	104,8	87,04	90,48	98,31	96,62	92,36	82,39	85,03	89,47	86,07	82	98,06	103,46	112,9	114,6	38,6	27,01	23,5	23,35
154	95,25	106,2	112,5	95,09	99,74	90,15	99,93	106,04	92,49	93,75	98,61	90,16	101,1	102,04	100,2	103,4	32,3	29,97	33,5	28,88
155	97,46	89,02	87,6	108,52	89,98	92,74	90,45	95,43	98,29	91,38	93,83	91,52	102,3	101,87	100,5	102,5	37,9	36,42	44,8	37,07
156	85,89	87,96	95,78	96,21	95,8	89,45	86,53	90,73	88,64	91,05	99,42	107,3	102,4	101,34	102	101,6	37,6	40,81	38,2	40,14
157	93,38	101,4	97,97	87,84	91,18	92,71	104,2	91,07	111,6	94,36	94,92	106,7	101,2	101,25	101,5	102,8	41	43,58	38,5	35,39
158	91,11	88,66	100,6	90,88	94,95	97,42	89,17	87,94	93,15	94,62	92,63	89,9	102,6	101,29	101,8	102,8	37,8	43,86	40,4	37,01
159	86,86	96,62	88,19	84,71	88,42	92,28	90,91	92,26	101,8	90	88,46	91,37	101	97,67	100,2	101,7	45,6	37,1	41,5	35,48
160	84,34	101,6	109,4	87,24	108,63	90,18	96,54	113,37	81,75	96,89	90,47	87,48	98,6	101,09	98,73	98,57	31,3	34,59	39,4	41,18
161	88,51	94,06	90,02	91,98	98,47	90,79	93,61	92,89	78,93	92,25	95,98	77,92	101,3	98,92	97,51	99,72	38,2	33,99	37,7	32,66
162	75,65	84,55	93,07	75,54	86,46	85,4	88,01	84,27	81,25	91,3	83,87	79,08	95,03	98,94	96,35	95,93	31,1	39,26	32,8	29,94
163	98,51	88,21	93,33	96,31	95,29	96,32	106,8	93,23	92,91	94,07	89,17	94,53	99,86	102,28	100,3	103	33,2	29,06	33,9	29,19
164	93,3	92,37	96,98	92,04	98,98	88,43	88,78	104,13	93,13	89,97	94,05	91,6	101,5	101,63	101,4	102	39,9	38,61	39,6	37,53
165	92,9	94,05	86,79	87,67	95,88	105,26	101,7	91,3	93,76	94,49	99,17	92,9	100,5	100,98	100,5	101,7	41,5	39,89	40,2	38,56
166	90,01	98,6	95,78	94,72	98,67	98,88	89,64	85,6	92,08	101	101,61	87,08	100,6	100,84	100	101,9	50,4	46,96	53,6	40,02
167	89,66	90,68	95,92	91,92	89,03	95,35	97,82	86,64	93,46	88,02	108,43	87,7	101,2	102,31	101,6	102,8	42,7	38,43	39,2	36,93
168	88,71	95,67	90,27	92,79	101,88	95,05	95,1	90,48	90,99	92,47	96,09	103,4	100,8	100,63	101,3	101,6	48,2	45,41	39,3	39,29
169	86,29	93,57	99,89	88,05	87,86	85,2	102,5	89,1	86,15	85,75	94	84,12	99,37	103,06	103,7	102,5	42,6	35,83	30,4	33,19
170	85,57	108,1	103,7	84,1	87,66	91,46	92,57	84,03	85,23	99,78	89,57	83,33	96,97	100,89	99,05	100,7	32,7	33,86	30	42,42
171	87,7	107,6	90,36	96,93	88,54	85,92	87,68	82,17	82,37	91,91	82,87	83,57	101,2	101,57	96,31	100	31,6	40,77	23,5	38,43
172	95,06	90,5	90,95	94,87	98,65	96,17	89,32	91,59	87,43	92,09	110,08	89,7	101,3	103,15	100,4	103,4	35,4	30,73	36	28,66
173	105,28	92,53	94,95	86,4	104,1	100,63	94,14	99	98,37	90	92,1	96,8	102,9	102,91	101,8	104	36,5	35,64	39,8	33,65
174	94,78	96,83	93,52	87,88	94,67	87,74	98,87	95,53	97,24	93,23	90,02	90,49	104,2	103,91	102,3	103,9	33,4	33,52	37,8	34,22
175	94,47	98,75	97,97	85,23	99,26	93,25	89,39	91,03	87,81	101,9	94,52	87,85	102,1	102,53	101,7	103,2	38,8	36,8	41,5	36,11
176	85,84	96,96	93,39	83,75	90,44	87,64	95,52	89,29	93,6	93,72	88,26	95,43	101,9	103,56	100,2	101,3	39,2	34,39	36,8	42,84
177	83,97	87,28	87,32	85,41	94,99	88,38	92,15	93,58	105	98,23	89,62	88,06	103,7	103,3	100,1	102,6	34,7	33,27	42,8	36,71
178	84,2	90,59	102,1	81,77	94,3	95,12	93	88,57	83,15	95,35	91,05	85,44	101,6	103,55	103,2	101,5	41,7	33,83	35,2	42,15
179	85,88	90,55	90,44	89,61	85,74	95,02	90,51	98,83	77,89	89,2	93,33	76,88	98,42	101,1	101,9	98,53	41,8	31,33	35,3	31,96
180	83,28	94,32	90,92	82,76	85,02	96,78	91,05	98,93	81,33	86,31	89,95	81,81	101,3	101,47	103,8	94,04	35,7	33,17	32,6	30,22
181	85,71	92,69	90,63	89,19	91,13	86,23	93,63	95,05	85,48	85,75	88,17	89,02	101,7	103,57	99,82	102,2	33,4	28,77	33,4	30,55
182	94,86	87,18	91,74	90,36	93,44	95,65	114,1	91,42	94,61	88,53	94,98	93,26	102,1	103,83	100,7	102,8	39,3	32,91	42,1	33,68
183	100,83	92,26	94,24	89,56	89,08	93,38	94,51	92,15	90,93	89,78	85,48	92,9	102,4	102,71	100,3	101,8	36,8	36,67	39,8	40,5
184	92,29	97,79	102,4	96,3	87,62	99,55	112,8	96,36	91,69	92,44	88,54	92,5	103,6	104,38	101,3	103,2	34,6	32,79	38,8	36,13
185	90,38	94,78	98,9	95,72	94,2	94,67	98,13	94,71	94,07	94,46	97,81	95,91	104,3	101,67	101,8	102,7	32,3	35,85	38	36,55
186	88,17	102,1	93,15	96,27	100,17	91,76	96,29	89,96	90,41	93,06	100,42	98,22	102,8	104,48	100,8	101,3	37,1	33,08	46,7	43,74
187	102,5	97,61	94,79	100,76	98,03	85,61	90,95	99,67	84,63	99,61	104,56	90,32	103,8	101,4	97,6	96,77	30,4	38,72	37,3	33,48
188	98,83	94,82	98,51	93,11	85,75	88,14	98,05	87,82	80,5	91,24	89,91	83,83	102,3	103,53	100,2	104	24,3	29,89	46,9	29,36
189	83,36	99,88	90,18	84,44	81,29	92,98	98,69	82,46	79,73	94,76	84,03	80,8	100,7	109,94	96,23	99,57	36,7	24,76	30,2	31,29
190	86	87,02	88,64	91,38	85,3	92,43	83,74	89,56	96,54	85,23	86,03	85,83	101	102,99	99,72	103,7	36,1	28,48	34,1	28,45
191	87,49	91,08	93,29	83,94	93,91	93,62	90,25	92,81	95	85,59	91,4	85,5	102,2	103,62	101,8	104,2	38,2	34,61	36,2	33,23
192	95,07	94,12	86,89	90,89	100,69	90,53	90,34	90,98	100,2	95,92	90,24	99,95	102,9	103,93	100,5	104	36,2	33,57	50,6	34,14
193	90,38	100,4	88,19	94,43	92,74	99,72	96,32	85,83	88,3	99,96	96,92	93,86	102,3	101,17	101,6	103,4	38,8	42,78	39	35,34
194	93,6	94,91	94,61	90,5	107,43	91,41	93,85	97,6	98,4	101,4	96,62	89,72	102,4	101,02	102,3	104,1	36,6	45,66	36,1	33,93
195	89,39	95,02	94,13	101,21	89,16	89,47	100	86,5	96,15	89,25	90,74	97,15	101,7	101,34	102,1	103,4	36,9	43,46	37,8	35,47
196	89,2	95,76	99,57	94,37	102,19	90,14	89,3	94,77	82,6	95,46	95,93	83,1	101,2	105,8	101,8	105,2	33,2	30,85	40,3	31,14
197	87,82	100,6	99,26	92,45	95,43	122,68	91,08	92,24	80,13	90,7	95,01	81,22	106,4	100,11	102,6	110,5	25,2	47,95	37,8	25,79
198	75,13	103	99,75	78,96	89,45	101,05	96,39	82,54	87,22	92,71	88,52	86,33	90,62	91,46	99,31	92,96	25	24,42	38,7	28,24
199	93,7	89,57	85,98	83,71	89,12	86,05	87,85	85,74	95,44	87,68	82,87	88,39	107,6	107,52	103,7	105,8	27,1	27,09	29,4	28,38
200	100,69	90,24	92,98	89	88,02	92,52	91,89	90,2	87,2	94,25	91,58	89,01	101,9	102,31	99,06	101	37,1	35,99	36,5	38,62

Çizelge 4.16. DBH-5 makinesi çıkış parametrelerine ait toplanan veriler (devamı)

Sıra No	ÇIKIŞLAR																			
	NEXT DEĞERLERİ												EMPEDANS				RL (Geri Dönüş)			
	mavi turuncu	mavi yeşil	mavi kahve	turuncu mavi	turuncu yeşil	turuncu kahve	yeşil mavi	yeşil turuncu	yeşil kahve	kahve mavi	kahve turuncu	kahve yeşil	ZC Mavi	ZC Turuncu	ZC Yeşil	ZC Kahve	RL Mavi	RL Turuncu	RL Yeşil	RL Kahve
201	84,93	92,08	89,2	99,79	92,52	96,86	98,49	94,01	94,67	91,89	100,03	96,29	103,9	103,34	99,68	102,8	33,4	33,7	39,8	35,72
202	97,55	92,16	96,11	91,75	92,49	93,25	91,58	97,53	95,46	95,09	87,3	92,82	101,6	103,65	100,1	103,3	36,1	33,84	59,3	35,68
203	89,76	99,53	95,58	88,14	96,54	96,33	93,3	89,06	94,19	89,82	90,62	94,25	104,3	100,77	98,8	100,6	33,5	42,55	43,9	30,55
204	85,24	94,32	98,06	82,91	111,68	91,53	104,9	90,44	98,94	109,8	107,33	98,81	105	103,32	99,16	103,7	32,2	35,45	37,9	34,78
205	88,69	91,38	91,8	97,98	86,3	91,68	98,72	90,16	84,86	92,99	91,54	83,82	103,4	100,3	99,13	103,3	34,1	34,7	42,4	34,46
206	93,12	91,24	92,97	92,07	83,9	103,18	95,09	86,32	79,56	95,04	92,32	79,64	100,4	109,8	101,7	100,6	28,1	26,44	38,5	25,47
207	78,9	88,53	97,84	80,83	84,99	96,28	105,8	84,42	81,54	91,5	90,78	83,21	92,65	94,43	98,15	101,6	24,6	30,04	39,3	33,07
208	91,24	89,13	90,14	91,83	92,78	92,6	86,83	98,6	92,9	91,23	89,5	99,57	106	105,04	104	104,1	27,5	28,53	28,1	29,53
209	89,37	97,74	91,22	90,81	88,62	88,91	91,15	88,17	93,27	89,44	90,56	106,1	103,3	101,81	101,7	101	33,1	35,04	39,3	35,8
210	95,54	94,4	96,64	89,7	94,34	84,12	98,95	86,63	92,41	92,34	94	101,4	102	101,23	98,57	99,99	38,9	37,77	42,3	38,09
211	85,11	91,26	92,28	93,77	92,53	94,55	93,74	88,52	96,62	86,7	100,79	89,67	102,3	99,43	102,3	101,2	38,5	41,76	38,8	44,71
212	87,59	88,42	88,7	83,27	95,34	92,06	99,44	92,63	93,28	88,41	101,39	93,57	103,7	101	103,4	100,5	34,4	45,8	33,6	41,58
213	89,67	99,72	91,2	93,77	90,13	94,39	100,5	94,28	87,82	96,91	93,18	89,35	102,7	102,16	100,4	100,9	37,6	39,38	36,9	44,15
214	94,74	91,04	95,49	101,18	102,57	85,51	98,06	87,5	84,78	94,21	89,96	82,59	99,39	98,72	97,68	100,2	50,1	36,38	36,6	44,27
215	92,5	89,81	88,27	88,26	82,21	90,47	89,93	92,19	79,86	95,7	94,96	80,86	98,18	100,15	101,2	101,6	36,6	37,85	30,4	39,15
216	92,36	89,06	90,81	79,93	82,27	91,13	94,42	82,4	84,7	101,1	87,15	87,6	91,26	92,02	92,09	105,9	25,7	24,16	27,5	29,68
217	101,11	94,25	84,54	87,75	87,45	88,46	89,58	90,18	84,79	90,48	84,69	85,41	105,8	107,87	104,2	104,4	28,2	26,64	29,6	29,69
218	92,67	96,79	97,73	98	87,72	94,04	101,2	88,38	91,54	93,64	94,85	90,98	102,1	104,73	102,1	102,7	36,1	30,8	35,4	34,66
219	94,42	94,15	88,97	89,26	95,61	117,78	102,5	89,99	87,61	90,99	91,57	97,08	100,5	102,34	101,2	100,3	44	37,73	43	53,71
220	85,32	86,78	93,44	88,84	94,16	99,5	93,54	91,58	95,49	90,84	98,39	89,21	102,4	105,43	102,7	101,8	38,6	31,37	37,5	39,98
221	87,01	90,69	98,68	84,84	91,14	100,94	92,37	85,41	101	109,8	103,8	111,7	102,8	103,01	100,9	102,4	37,1	36,13	43,1	38,21
222	85,3	92,4	89,47	85,87	90,48	97,6	89,23	89,18	94,68	106,1	91,63	90,25	103	104,77	100,1	101,9	34,9	32,39	39	40,2
223	89,7	86,78	96,34	83,83	85	95,71	90,23	89,93	85,51	87,74	90,49	87,68	103,6	102,62	97,56	99	32,2	37,69	37,1	41,38
224	85,93	91,11	89,76	88,34	91,23	97,37	96,63	88,74	82,51	88,39	93,23	82,9	99,7	103,93	97,77	99,11	38,9	28,39	37,4	40,1
225	75,51	92,01	90,46	75,62	96,7	94,7	96,95	87,94	81,49	94,41	95,6	87,06	110,2	112,37	108,5	114,9	24,6	22,68	27,4	21,18
226	89,13	84,26	88,61	88,75	98,61	87,65	91,78	87,26	87,31	84,23	85,12	88,19	107,2	106,39	104	104,8	27,8	26,43	28,6	27,93
227	89,43	104,2	91,75	87,06	86,47	91,23	97,21	99,15	93,46	85,86	91,16	87,57	103	101,75	102,5	99,7	34,8	34,77	34	35
228	88,13	92,75	94,44	87,68	91,15	98,07	103,4	92,63	118,5	97	87,7	96,75	101,3	102,08	100,9	99,35	43,3	34,71	45,7	39,89
229	92,75	97,8	91,49	85,94	106,28	92,24	89,99	92,78	98,9	91,69	91,66	93,15	101,5	102,23	99,83	102,6	38,7	37,06	41,4	37,81
230	87,91	98,45	93,65	87	107,4	88,2	90,95	88,97	99,85	91,04	89,13	98,73	102,6	101,99	101,1	101,3	37,9	40,13	41,2	44,02
231	86,49	90,08	94,15	86,23	92,98	101,1	102,7	91,88	93,64	101,1	95,59	90,03	102,1	100,26	99,76	99,8	39,5	39,93	45,8	46,51
232	92,22	89,89	91,85	88,45	97,61	93,1	96,68	86,73	95,63	91,23	95,42	95,87	103	101,01	101,1	100,1	30,2	44,75	39,5	42,84
233	85,96	98,43	93,76	88,65	87,54	92	88,64	83,85	87,76	96,06	95,32	87,71	103,9	104,13	100,7	104,1	24	27,43	37,2	31,08
234	80,29	80,15	85,99	85,52	74,45	79,43	79,26	76,51	81,09	87,07	82,56	82,17	96,54	99,61	95,3	94,07	34,9	45,22	25,1	29,67
235	85,43	83,67	85,72	86,68	83,51	85,3	82,64	93,54	82,51	82,86	85,69	86,56	99,16	100,59	99,12	99,24	33,5	31,42	33,1	32,71
236	93,95	92,96	86,89	99,21	88,82	89,77	91,82	94,03	95,22	95,69	96,24	92,48	98,54	97,62	98,18	99,24	42,6	37,94	39,3	48,12
237	92,87	104,5	110,7	87,46	91,22	93,78	94,35	97,34	87,29	94,28	95,56	88,91	100,4	100,12	100,4	99,81	47,8	46,44	41,1	46,57
238	87,16	93,04	94,63	97,29	95,17	96,53	99,35	88,95	88,71	97,16	92,51	99,43	97,93	100,41	98,29	100,7	38,7	35,01	41,3	38,37
239	88,33	92,91	98,66	100,16	88,78	94,17	99,42	96,36	94,28	96,43	92,36	95,85	98,75	96,67	98,52	97,21	42,9	35,28	42,5	36,38
240	91,8	98,81	99	92,91	88,42	90,78	102,9	89,04	103,1	94,27	98,19	100,3	98,69	99,83	100,4	101,1	43,3	61,26	51,5	43,99
241	95,01	91,61	98,44	107,63	87,41	104,99	93,93	87,39	89,55	99,03	92,78	94,74	101,3	100,15	102,7	99,2	36,8	53,65	36,8	35,95
242	86,33	88,64	96,22	89,78	94,23	97,6	100,3	86,88	83,98	91,97	88,54	83,81	101,6	97,98	101,3	96,86	39,2	37,5	38,1	32,3
243	82,82	90,18	97,06	87,6	83,14	93,73	102,8	84,97	90,98	96,24	93,63	87,36	99,06	101,47	101,4	98,53	34,7	29,23	34,2	23,48

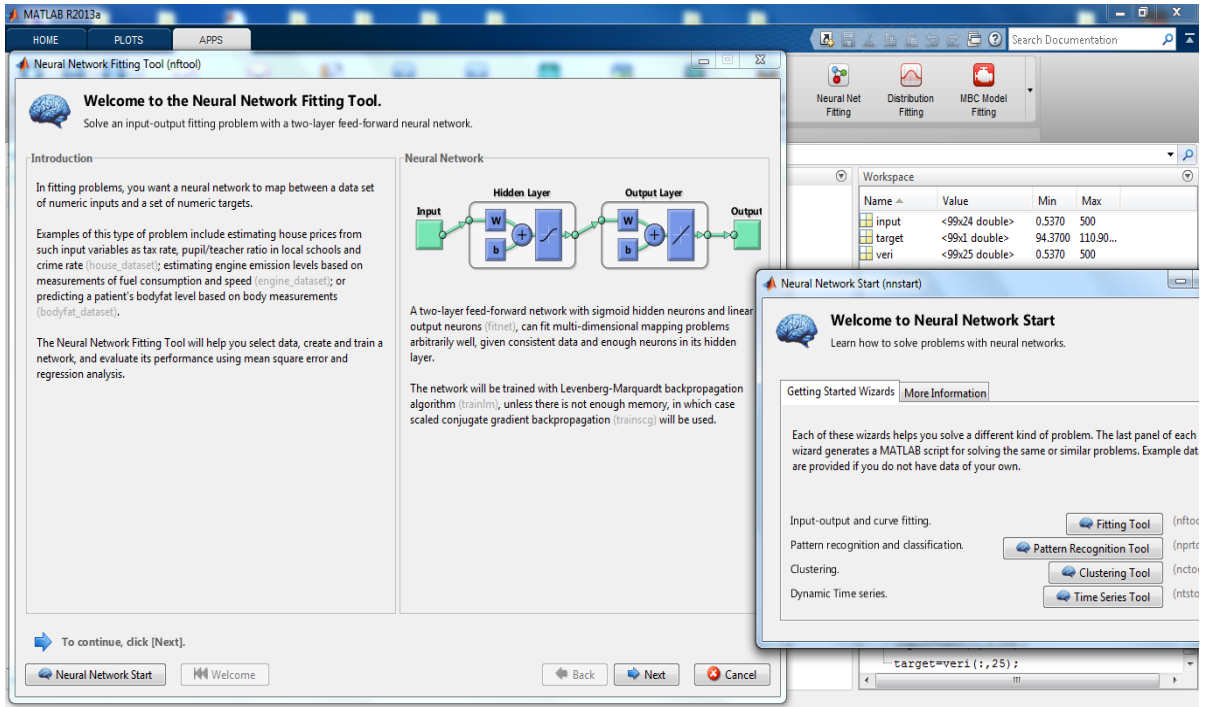
4.3 Sinir Ağı Yapısının Seçimi

Bu tez çalışmasında, CAT 6A kablolarının çıkış parametrelerinin YSA ile tahmini için, kolay ve yaygın kullanımı nedeniyle MATLAB™ programının kullanımı tercih edilmiştir. MATLAB® ile ilgili kısa bir bilgi verilecek olunursa; mühendislik alanında, sayısal işlem yapmak için tasarlanan bu programın, günümüzdeki bazı kullanım alanları şu şekilde sıralanabilmektedir:

- * Yapay Sinir Ağları
- * Modelleme ve Optimizasyon
- * Süzgeç Tasarımı
- * Görüntü ve Ses İşleme
- * İstatistik
- * Simülasyon

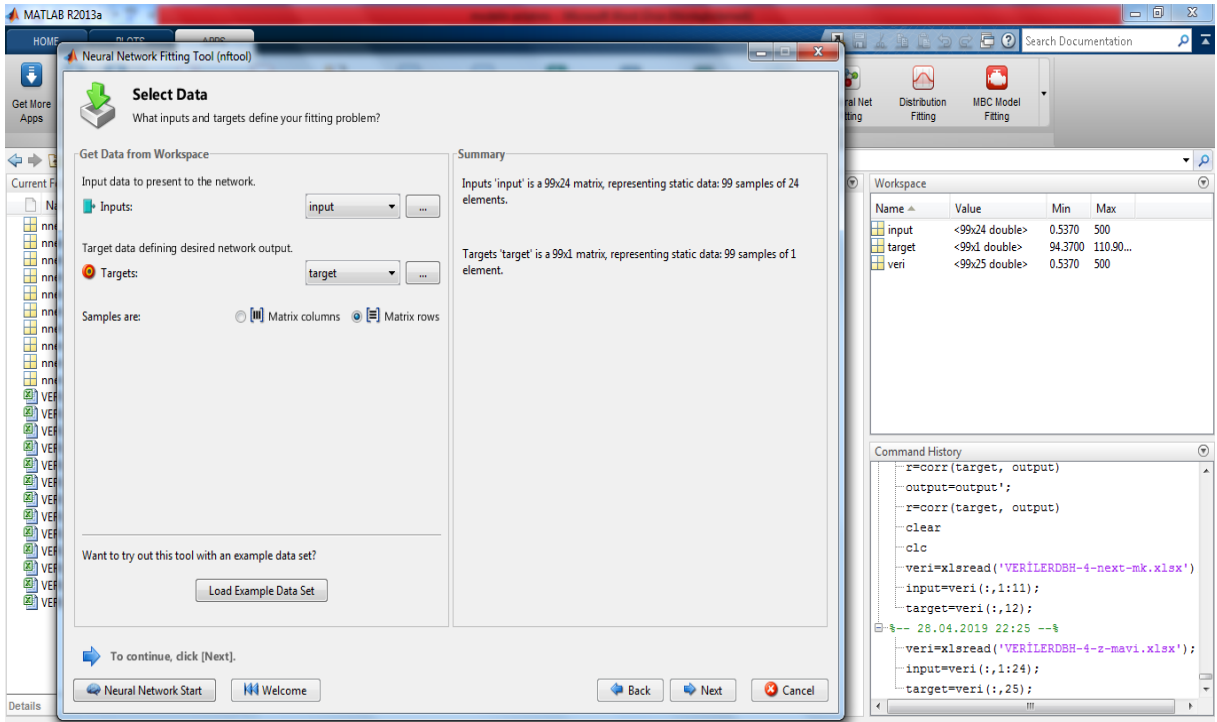
MATLAB™'in Toolbox (alet kutusu) adı verilen alt programları ise, kullanım alanlarına göre örneğin kontrol sistemleri, yapay sinir ağları gibi ilgili işlemlerin komut ve fonksiyonlarını içinde bulunduran özelleşmiş paket programlardır.

Bu tezde YSA tahmin modeli uygulamasında MATLAB™ yazılımına ait NNTool isimli alet kutusu/alt programı/uygulaması kullanılmıştır. NNTool uygulaması içerisinde, ağırlıkların hesaplanması için Levenberg-Marquardt (LM) algoritması seçilmiştir. Diğer algoritmalara göre eğitimin hızlı ve kararlı bir şekilde gerçekleşiyor olması, bu algoritmanın seçiminde tercih sebebi olmuştur. MATLAB™'in Yapay Sinir Ağları Toolbox (NNTool) penceresi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Yapay sinir ağı Toolbox (NNTool) penceresi

Yapay sinir ağlarında başlangıçtaki karşımıza çıkan veri seçim penceresi Şekil 4.3'de görüldüğü gibidir. Bu pencerede input (giriş), target (gerçekleşen çıktı/hedef), verilerin alım şekli (matrix) gibi bilgilerin seçimi yapılmaktadır.



Şekil 4.3. Yapay sinir ağı Toolbox veri seçim penceresi

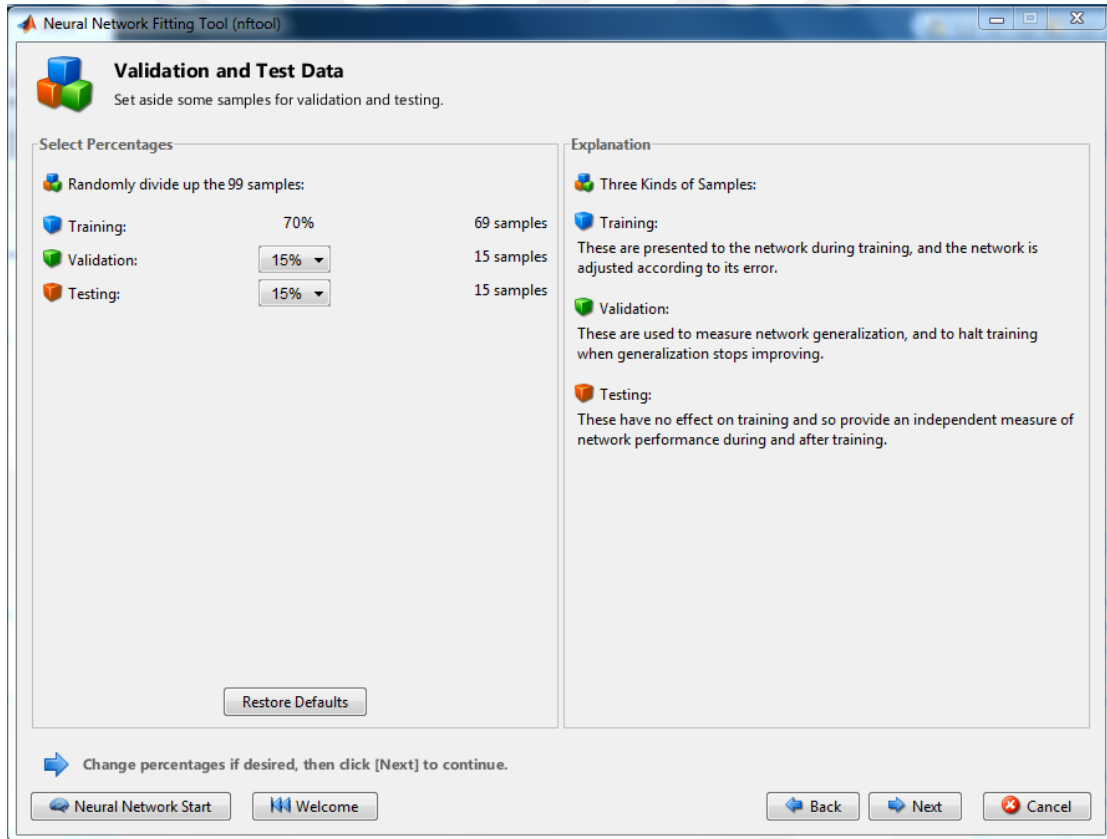
Şekil 4.4’de verilen adıma geçmeden önce şu kavramların tekrar edilmesi faydalıdır.

Eğitim Kümesi (Training Data): Eğitim sırasında kullanılan verileri ifade eder. Ağ eğitilirken bu veri kümesi ağın en küçük karelerinin ortalaması hatasını minimize edecek şekilde ağın ağırlıklarını ayarlanmaktadır.

Test Kümesi (Testing Data): Test sırasında kullanılan verileri ifade eder. Bunun için ayrılan verilen eğitim üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Bu nedenle eğitim öncesi ve sonrasında ağın performansını bağımsız olarak ölçer. Test sırasında eğitim verileri görünmemektedir.

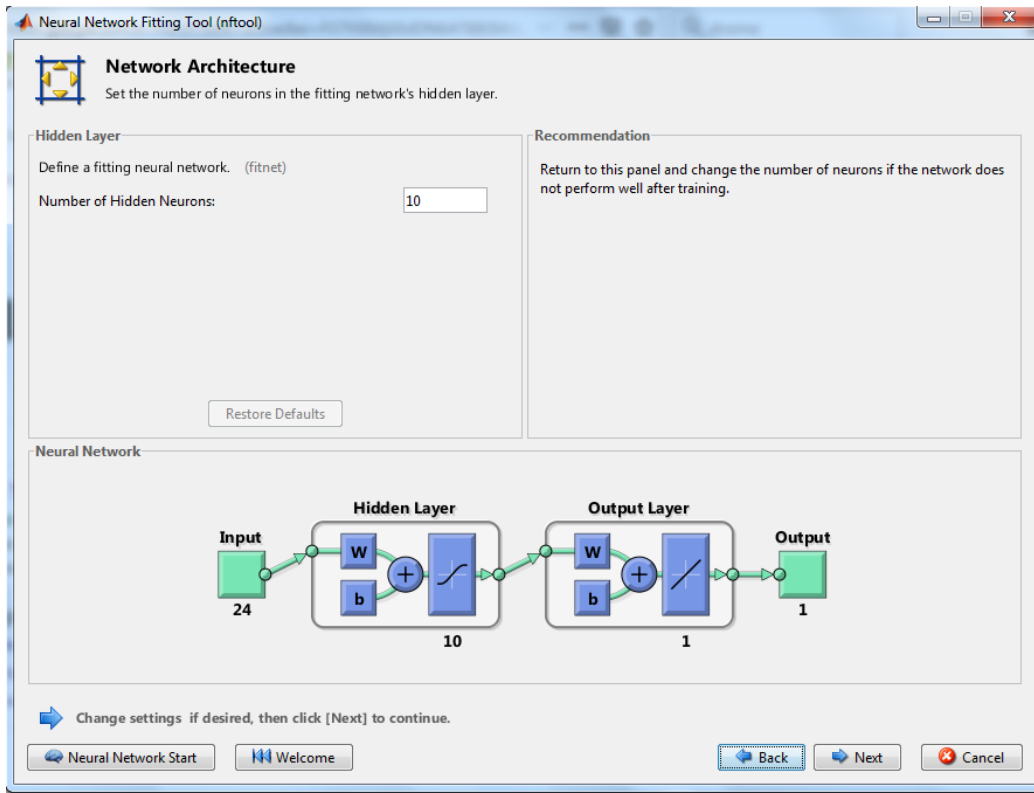
Sınama/Geçerleme Kümesi (Validation Data): Bu veri kümesi Ağın genelinin performansını ölçmek ve ağı doğrulamada kullanılır.

Bir sonraki pencerede toplanan verilerin yukarıda belirtilen tanımlara dağılımın seçimi işlemi gelmektedir. Eğitim, Test ve Sınama (Training, Testing, Validation) verilerinin rastgele ayrıştırılmasının yüzdelerinin seçimi Şekil 4.4’teki gibi grafik arabirimi kullanılarak yapılabilir.



Şekil 4.4. Eğitim, test ve sınama (training, test, validation) verilerinin rastgele ayrıştırılmasının yüzdelerinin seçimi

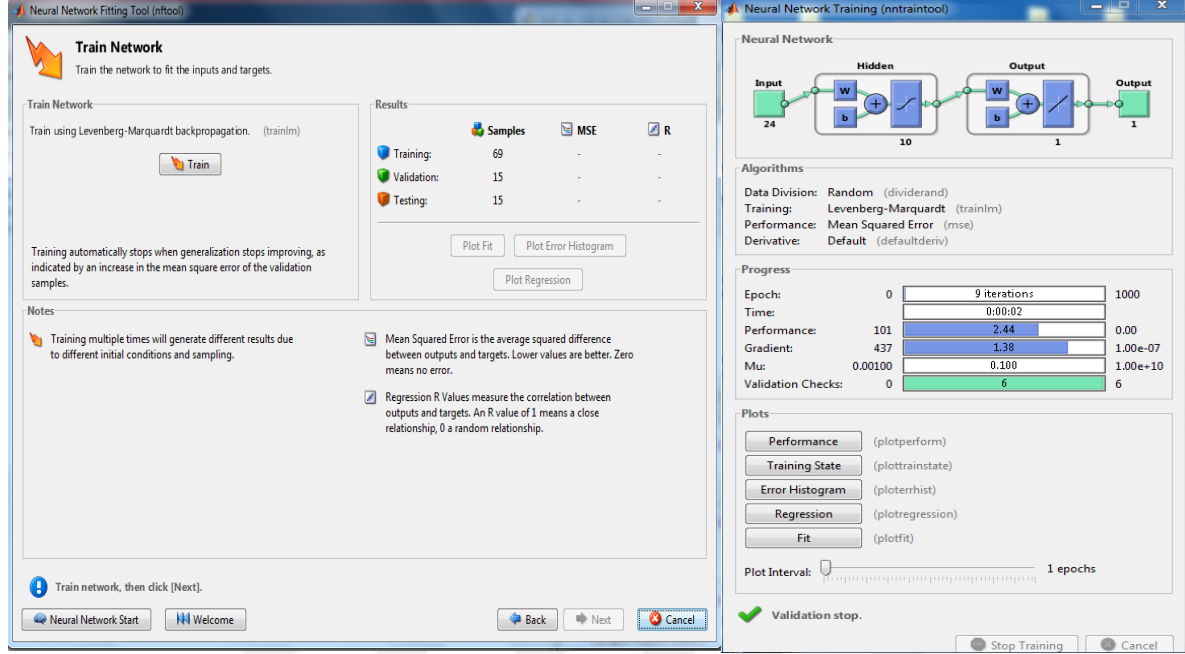
Bu tez çalışmasında, Matlab Neural Network Fitting Tool (nftool) içerisinde, Levenberg-Marquardt algoritması ile bir adet gizli katmana sahip yapay sinir ağı kullanılmıştır. Tek katmanlı model seçimindeki etken, birden fazla katmanın öğrenmeyi yavaşlatması yönündeki etkisi ve aynı zamanda fazla gizli katmanın sayısının artmasının genelde sonuca çok büyük bir katkı sağlamamasıdır. Number of Hidden Neurons değeri ise gizli katmanda bulunan gizli nöron sayısını göstermektedir. Yapay sinir ağında gizli sinir hücresi sayısı seçiminde ise, 5 sinir hücresi ile denenmeye başlanarak daha sonra bu sayı artırılmış ve model için en uygun test kümesinin elde edildiği gizli katman sinir hücresi sayısı deneme yanılma ile bulunmuştur. Modelde gizli katman sinir hücresi sayısı seçimi Şekil 4.5’de görüldüğü gibi seçilmektedir.



Şekil 4.5. Ağ mimarisi ve gizli katman sinir hücresi sayısı seçimi

Bu çalışmada toplanılan verilerde ya da YSA modelinde, toplam yirmi tane farklı çıkış parametresi bulunmaktadır. Yapay sinir ağı modeli oluşturulurken, tahmin etmek istenilen çıkış sayısı bir adet olarak seçilmiştir. Yani tüm çıkışları aynı ağdan almak yerine her bir çıkış için ayrı bir ağ eğitilmiştir.

Toplanılan verilerde ya da ağı eğitimi sırasında kullanılan giriş sayısı yirmi dört olarak belirlenmiştir/seçilmiştir. Bunun sonucu olarak giriş sinir hücre sayısı da ağ mimarisinde belirtildiği gibi yirmi dört farklı girişe bağlıdır. Ağı eğitilmesi işlemi Şekil 4.6’da görülebilir.



Şekil 4.6. Eğitim penceresi

Nftool’un sonuç olarak verdiği Regresyon (R) ve Ortalama Kare Hatası (MSE) değerleri yapay sinir ağlarında performans ölçme ve değerlendirme fonksiyonlarıdır. Bu değerler şu şekilde tanımlanmıştır:

Regresyon (R Değerleri): Çıktılar (target) ve hedefler arasındaki ilişkiyi ölçer. R değeri 1 ve 1’e yakın ise ilişkinin doğru ve yakın olduğunu, 0 veya 0’a yakın ise rastgele ilişki olduğu anlamına gelmektedir.

MSE (Mean Square Error): Hataların Karesinin Ortalaması, Ağ çıktıları (output) ve hedefler (target) arasındaki kare farklarının toplamalarının ortalamasıdır. MSE ‘nin düşük değerleri daha iyidir ya da düşük değerli olması istenir. Bu değerın sıfır olması hatanın olmadığı anlamına gelmektedir.

Ağı eğitime bir sonraki alt bölümde ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

4.4 Yapay Sinir Ağının Eğitimi

Bölüm 4.3’de belirtilen ağın seçimi ve Reçber Kablo firmasından alınan seri üretimden çıkan Cat 6A U/FTP ürünlerinin ölçümlerinden toplanan veriler ile bu ağın eğitimi bu bölümde adım adım anlatılacaktır. Eğitim iki farklı tasarıma sahip Data Büküm Hattı makinelerinin (DBH-4 ve DBH-5) ile gerçekleştirilmiştir. Düşük frekans parametreleri ve bazı makine set değerlerini giriş olarak alıp, yüksek frekans parametrelerini tahmin eden YSA modelinde Çizelge 4.17’de belirtilen giriş ve çıkış parametreleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.17. Ağın giriş ve çıkış parametreleri

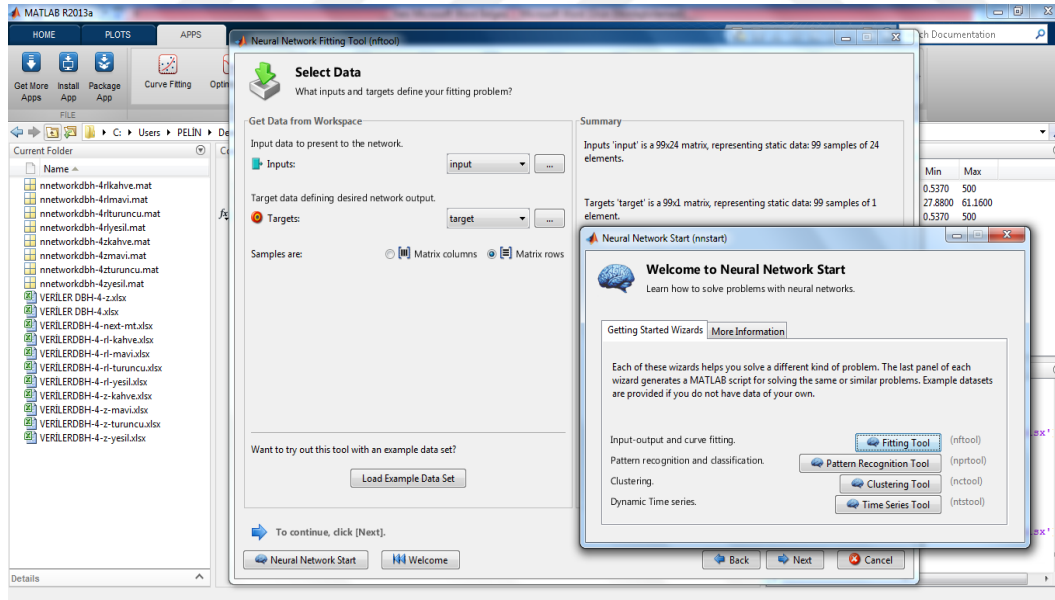
GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR	
1	Frekans	NEXT	
2	İletken Çap	1	Mavi Turuncu
3	İzole Çap	2	Mavi Yeşil
Girilen Hatve Değerleri		3	Mavi Kahve
4	Yeşil- Beyaz	4	Turuncu Mavi
5	Kahve- Beyaz	5	Turuncu Yeşil
6	Turuncu- Beyaz	6	Turuncu Kahve
7	Mavi- Beyaz	7	Yeşil Mavi
8	Grup Hatve	8	Yeşil Turuncu
9	Mor yay	9	Yeşil Kahve
10	Grup Mühre	10	Kahve Mavi
11	Per Mühre	11	Kahve Turuncu
Direnç		12	Kahve Yeşil
12	Mavi	Empedans	
13	Mavi ile perlenen beyaz	13	Mavi-Beyaz
14	Turuncu	14	Turuncu-Beyaz
15	Turuncu ile perlenen beyaz	15	Yeşil-Beyaz
16	Yeşil	16	Kahve-Beyaz
17	Yeşil ile perlenen beyaz	Return Loss (RL)	
18	Kahve	17	Mavi-Beyaz
19	Kahve ile perlenen beyaz	18	Turuncu-Beyaz
Ortak Kapasitans (Per Kapasitansı)		19	Yeşil-Beyaz
20	Mavi- Beyaz	20	Kahve-Beyaz
21	Turuncu- Beyaz		
22	Yeşil- Beyaz		
23	Kahve- Beyaz		
24	Ortam Sıcaklığı		

4.4.1 Data büküm hattı-4 (DBH-4) makinesi verileri ile ilgili çıkışlar için seçilen yapay sinir ağlarının eğitimi, testi ve sınanması

Data Büküm Hattı-4 (DBH-4) makinesi verilerinin kullanıldığı, YSA'nın eğitim, test ve sınaması bu kısımda verilmiştir. DBH-4 makinesinden toplamda 99 adet veri toplanmıştır. Verilerin tamamına Bölüm 4.2'de yer verilmiştir. Öncelikle Karakteristik Empedans tahmininde bulunan (Karakteristik Empedansı çıkış olarak veren) Yapay sinir ağının eğitime başlanmıştır. Karakteristik Empedans değeri data kablolarında her bir çift (per) için ayrı ayrı ölçülmektedir. Bu çiftler; mavi-beyaz, turuncu-beyaz, yeşil-beyaz ve kahve-beyaz olmak üzere dört adettir.

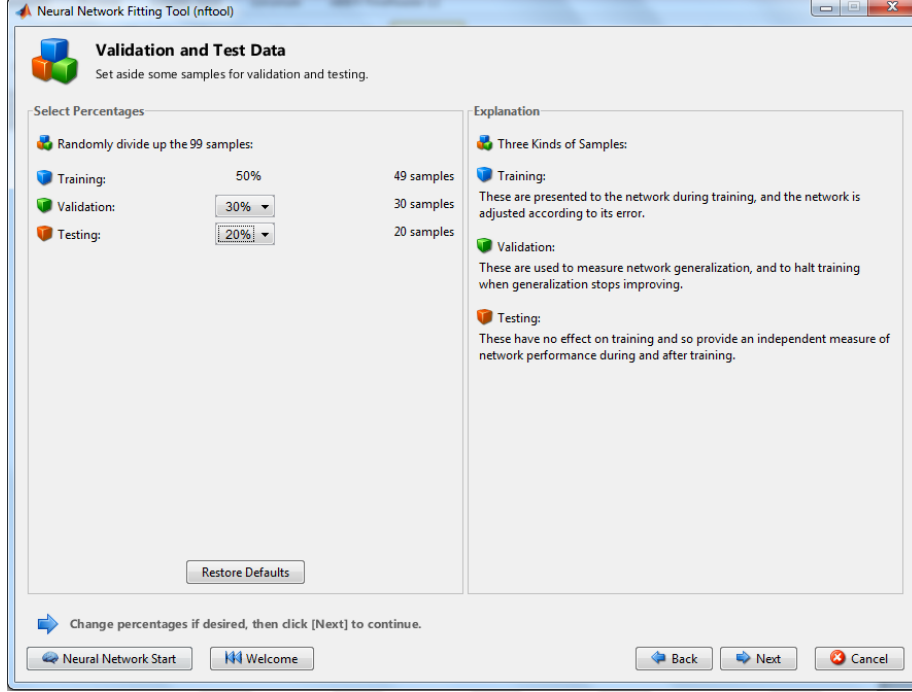
Matlab Nftool uygulaması içerisinde, Levenberg-Marquardt algoritması kullanılarak şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Matlab Komut Penceresi (Matlab Command Window) sayfasında, kullanılacak verilerin excelden okunması/alınması, giriş ve target değerlerinin atanması işlemi aşağı yer alan komut satırları ile sağlanmıştır.

```
>> veri=xlsread('VERİLERDBH-4-z-mavi.xlsx');  
>> input=veri(:,1:24);  
>> target=veri(:,25);
```



Şekil 4.7. DBH-4 makinesi mavi-beyaz empedans değeri veri ve ağ seçimi

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri verileri ağa tanıtılmış ve ağ seçimi yapılmıştır. Bir sonraki adımda, kayıt altına alınan doksan dokuz adet verinin; eğitim, test ve sınamaya için yüzde olarak bölümü Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değerinin verilerin % olarak dağılımı/bölümü

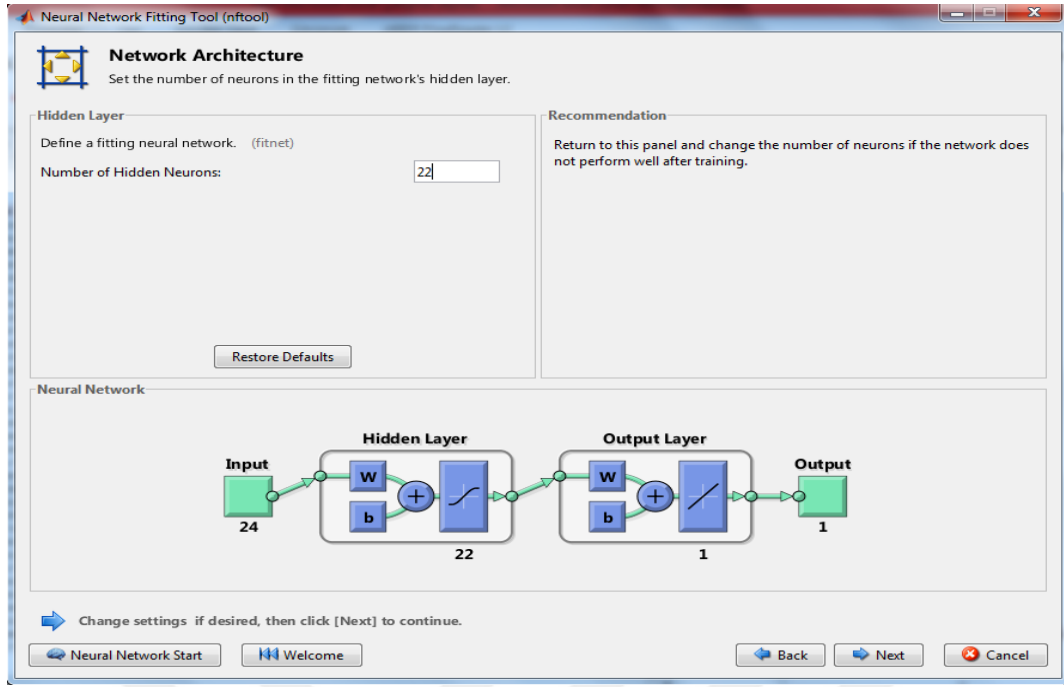
Bu aşamada, deneme yanılma yöntemi ile verilerin farklı yüzde dağılımları için ağın eğitimi yapılmıştır. En iyi regresyon değerini ağ çıktısı olarak veren dağılım olan:

%50 Training: 49 örnek,

%30 Validation: 30 örnek,

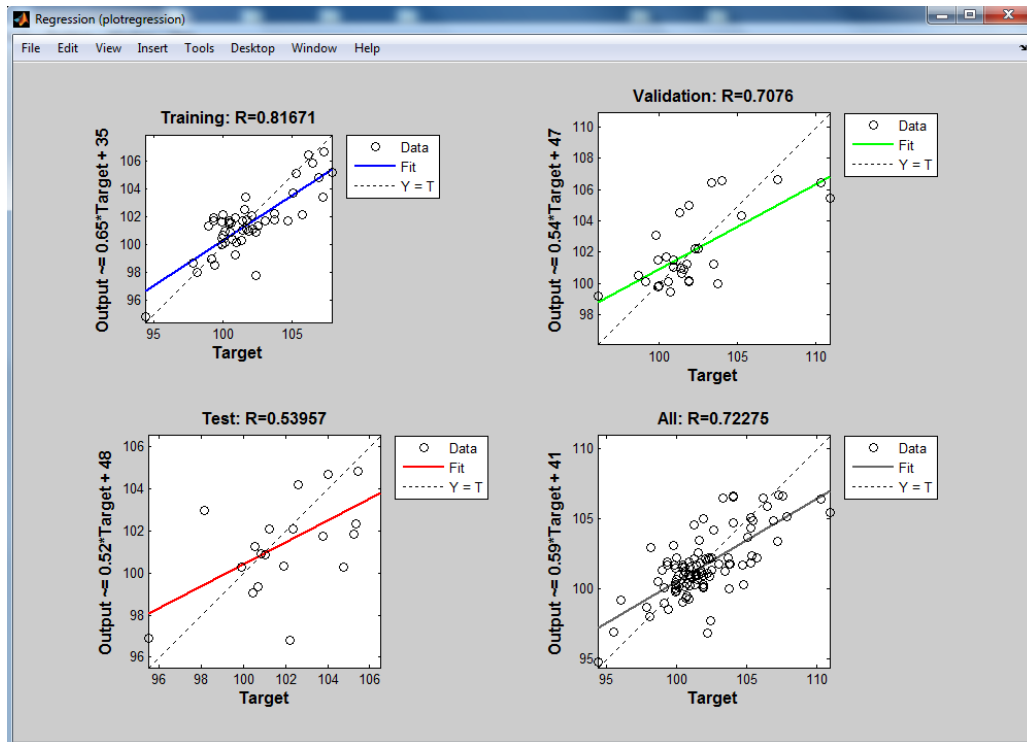
%20 Testing: 20 örnek değerleri kullanılmıştır.

Şekil 4.9’da Neural Network yapısı bulunan ağ bir adet gizli katmana sahip olup, gizli katman nöron sayısı denemeler sonucunda 22 olarak seçilmiştir. Gizli katman nöron sayısının artması ağın çalışmasını yavaşlatırken, ağın çıktı tahminini en iyi sonuç verecek şekilde belirlenmiştir.



Şekil 4.9. DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri Neural Network yapısı

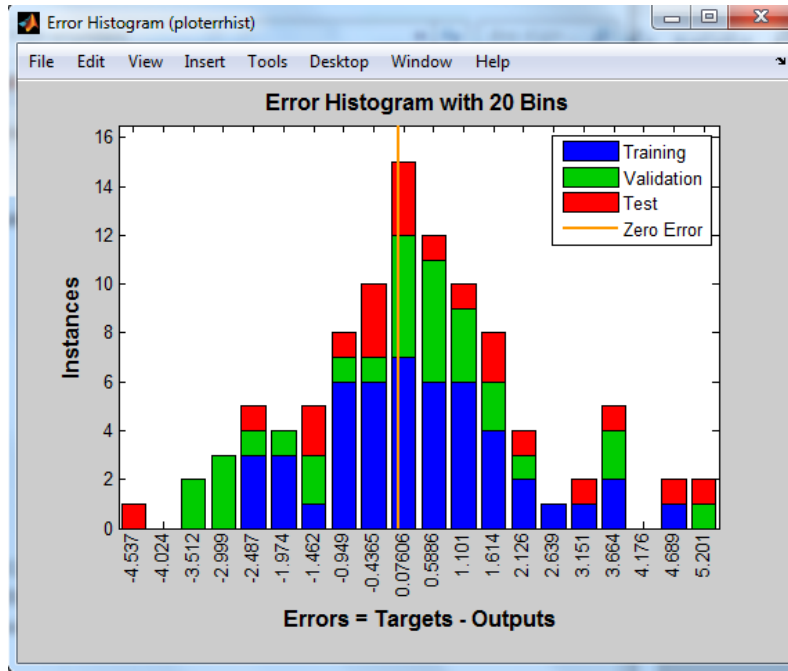
Şekil 4.10'da bu değerlere sahip olan ağın, eğitim, test ve sınama regresyon grafiklerine yer verilmiştir.



Şekil 4.10. DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri ağ çıktısı regresyon değerler

Şekil 4.10’da verilen eğriler ağı performansıdır. Grafiklerin yatay ekseni target (gerçek çıktı) değerlerini gösterirken, dikey ekseni tahmin (ağı çıktısı) değerlerini göstermektedir. Veri dağılımının kesikli çizgi üzerinde yoğunlaşması beklenmektedir. Fit eğrisi tahmin edilen verilerin dağılımına göre Matlab tarafından çizdirilen eğridir.

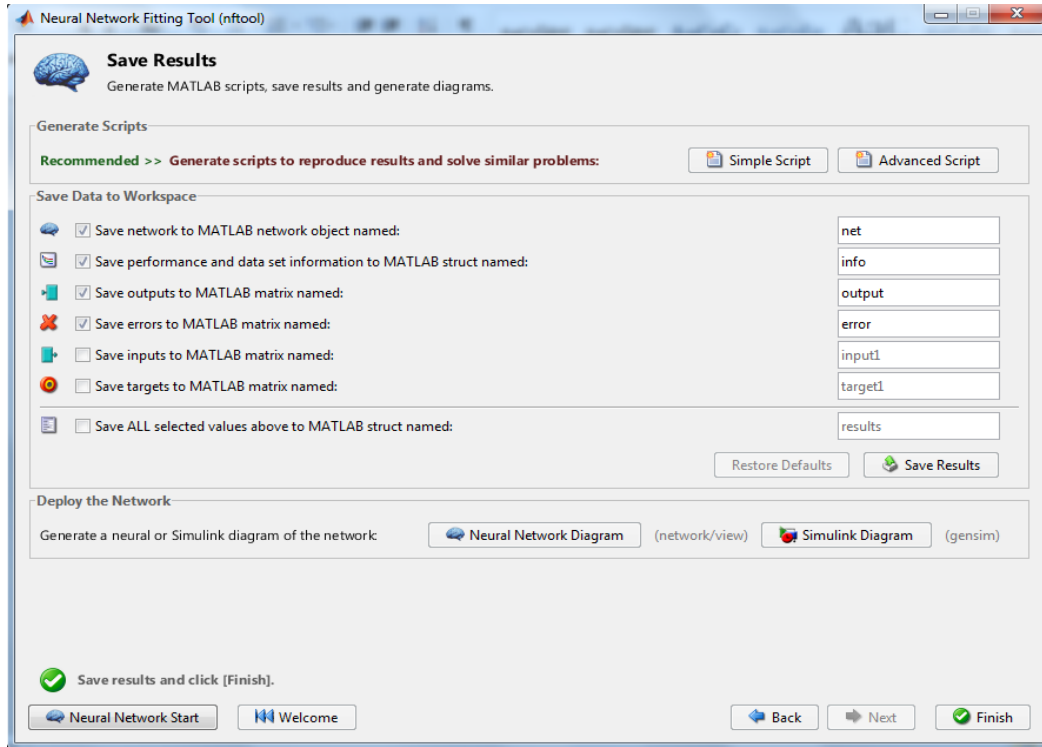
Eğitim sonrası hata değerleri hesaplanırken, gerçek çıktı değerlerinden tahmin değerlerinin farkı alınarak bulunmuştur. Bu değerleri de Şekil 4.11’de verilen örneklerin hata dağılımı göstergesi/histogramı olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4.11. DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri için hata histogramı

Cat 6A U/FTP Data kablosu için DBH-4 makinesindeki verilen eğitimi tamamlanan Mavi-Beyaz per Empedans değeri için ağı tahmininde, minimum hata farkı: -4,792 olarak bulunurken, maksimum hata farkı ise 5,457 olarak bulunmuştur. Mutlak hata göz önünde bulundurulursa tahminlerin çoğu yüzde 2,5 mutlak hatanın olduğu bölgede toplanmıştır.

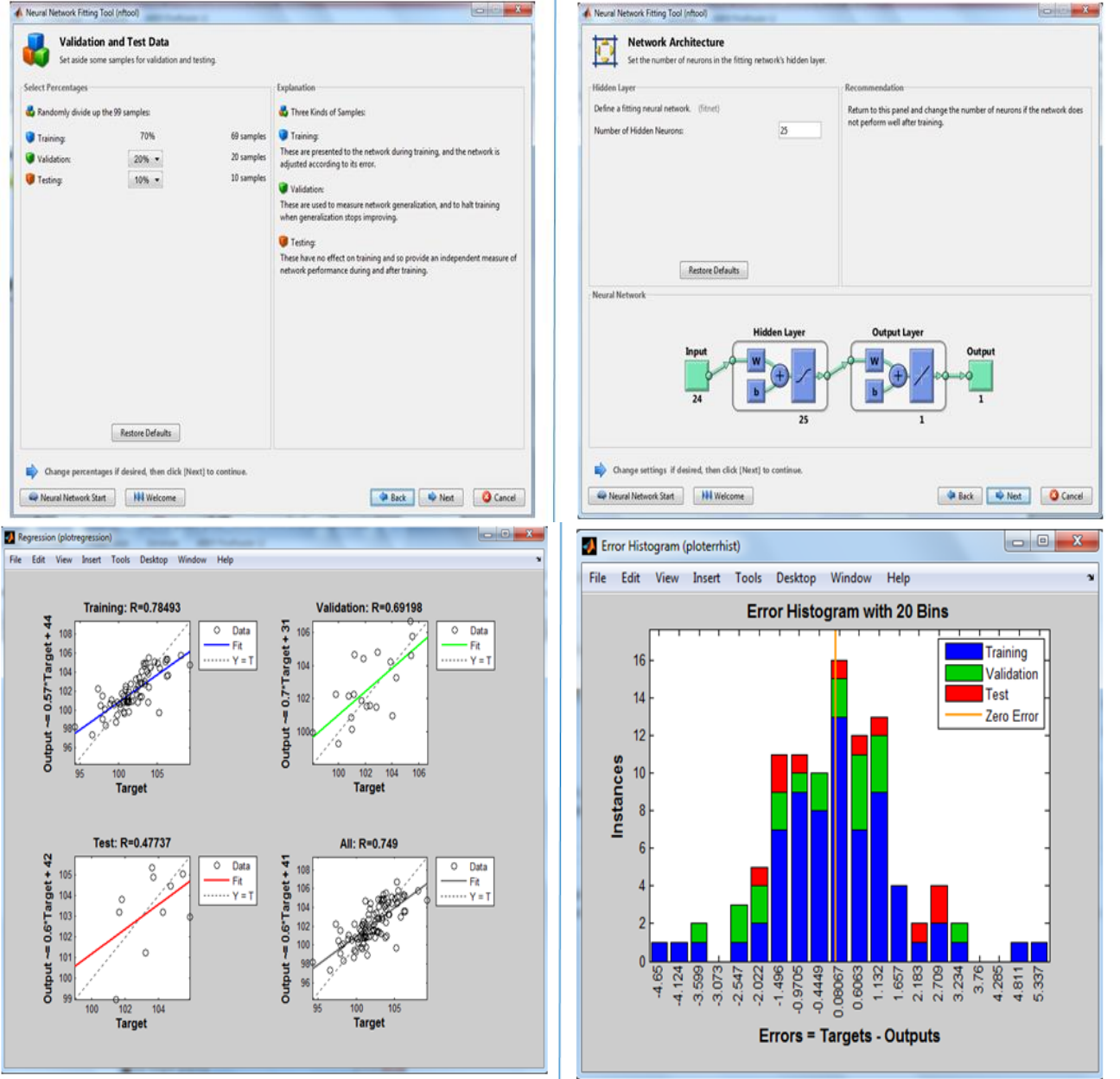
Tamamlanan eğitim sonrası, Matlab programının Neural Network Fitting Tool çıktı sonuçlarının kayıt edilmesi adımı gelmektedir. Şekil 4.12’de kaydedilecek veriler gösterilmektedir. “Save Result” denilerek eğitim ve test çıktıları kayıt altına alınmış olmaktadır.



Şekil 4.12. DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri için ağın çıktı kayıtlarının yapılması

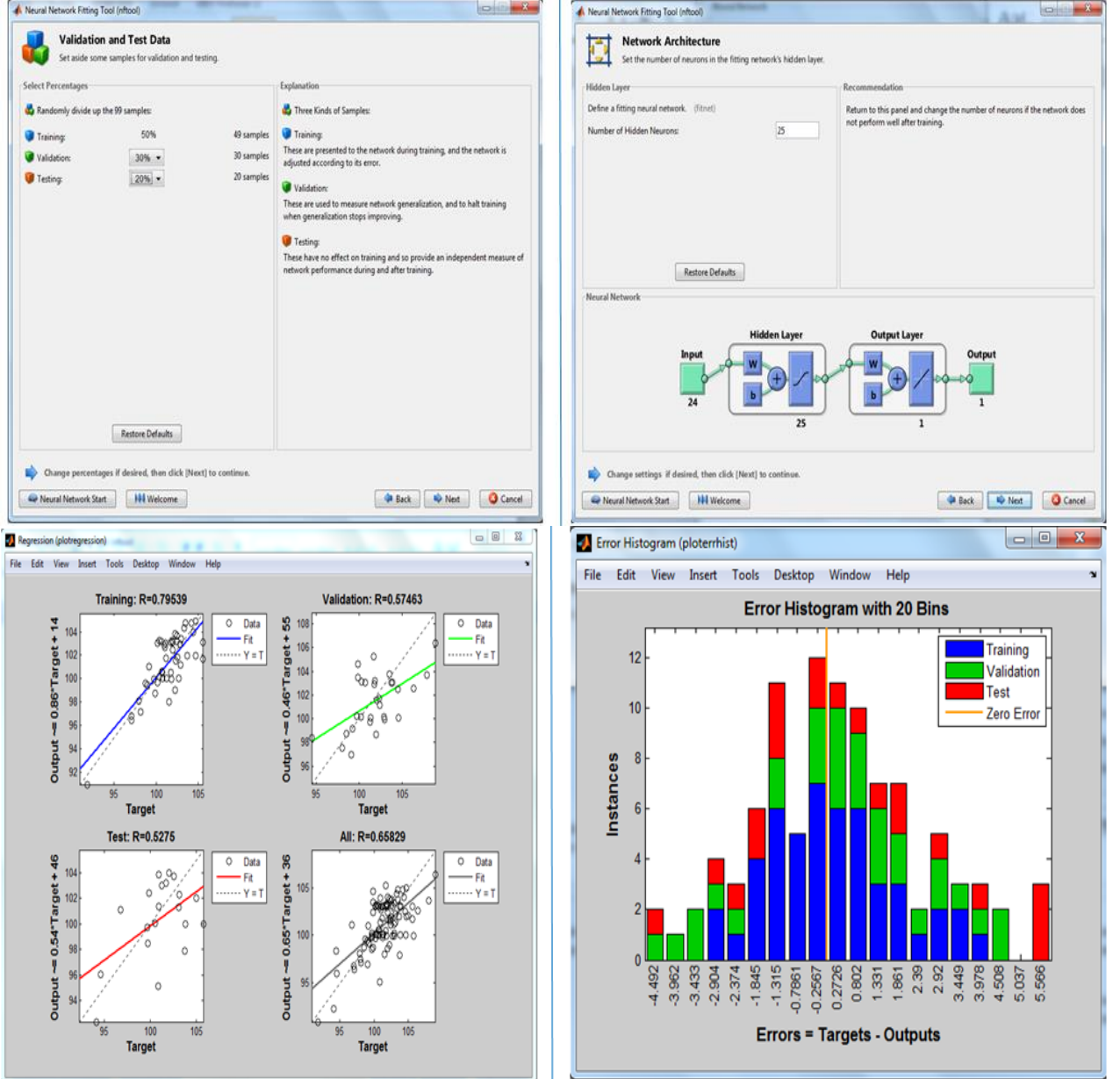
DBH-4 makinesi verilerinin kullanıldığı ağın eğitime, sırasıyla turuncu-beyaz per, yeşil- beyaz per ve kahve- beyaz per karakteristik empedans değerleri ile devam edilmiştir. Mavi-beyaz per empedans çıktı parametresinin tahmin modelindeki adımlar izlenerek her bir renk perin eğitimleri tamamlanmıştır.

Şekil 4.13’de turuncu-beyaz per empedans çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



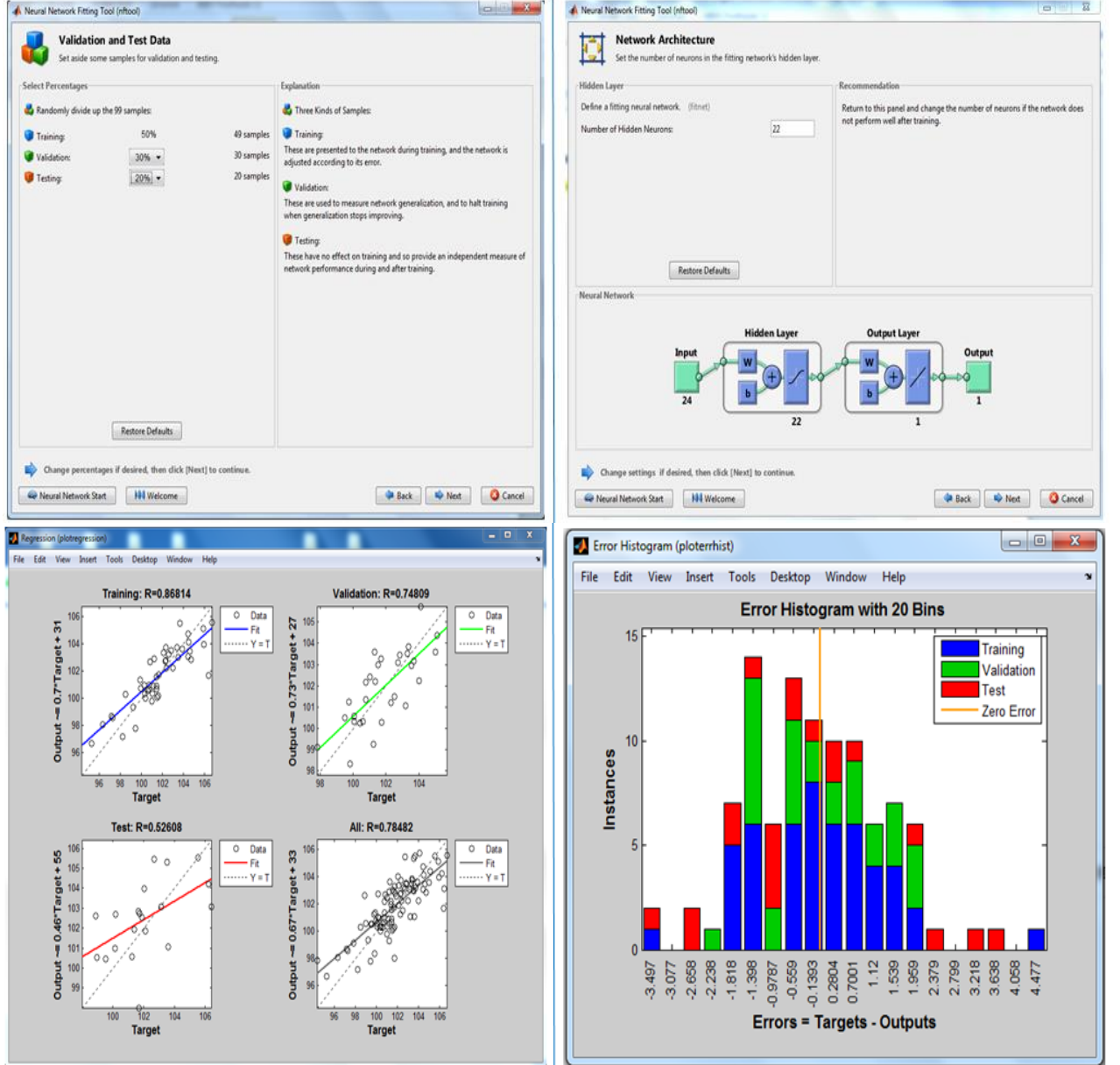
Şekil 4.13. DBH-4 makinesi turuncu-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sinaması

Şekil 4.14’de yeşil-beyaz per empedans çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.14. DBH-4 makinesi yeşil-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.15’de kahve-beyaz per empedans çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir



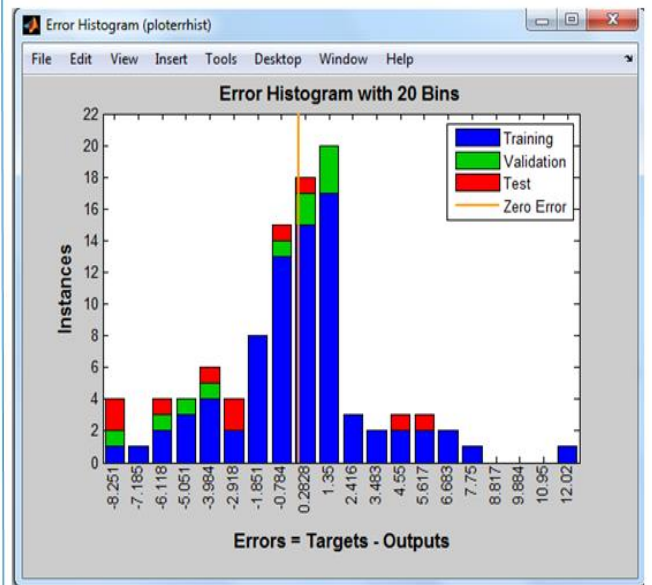
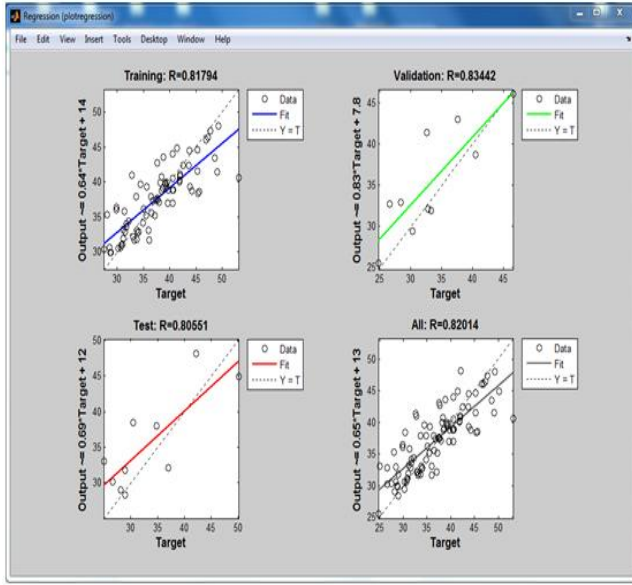
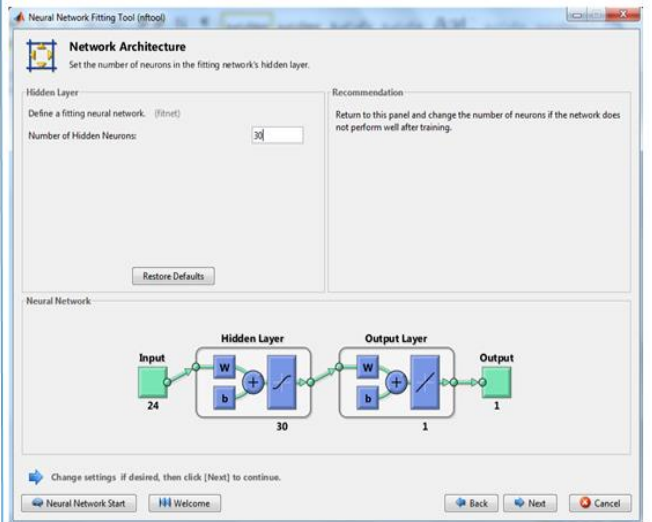
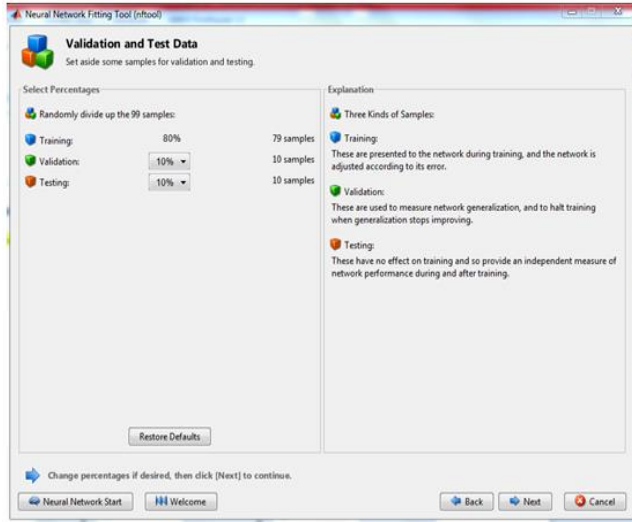
Şekil 4.15. DBH-4 makinesi kahve-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sinaması

Data Büküm Hattı-4 makinesi için Empedans değerlerinin eğitim ve tahmininden sonra sıra bir sonraki tahmin etmeyi hedeflediğimiz, yüksek frekans parametresi olan Geri Dönüş Kaybı/Return Loss (RL) değerinin eğitimine gelmiştir. Mavi-Beyaz per RL çıktı değişkeninin eğitimi adım adım gerçekleştirilmiştir. Ardından, sırasıyla turuncu-beyaz per, yeşil-beyaz per ve kahve- beyaz per RL değeri ile devam edilmiş, Mavi-Beyaz per RL çıktı parametresinin tahmin modelindeki adımlar izlenerek her bir renk perin eğitimleri tamamlanmıştır.

Matlab Toolbox içerisinde, Levenberg-Marquardt algoritması kullanılarak karakteristik empedans değeri tahmininde olduğu gibi RL değerlerin tahmini de şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Matlab Command Window sayfasında, kullanılacak verilerin excelden okunması, giriş ve target değerlerinin atanması işlemi aşağı yer alan satır komutları ile sağlanmıştır.

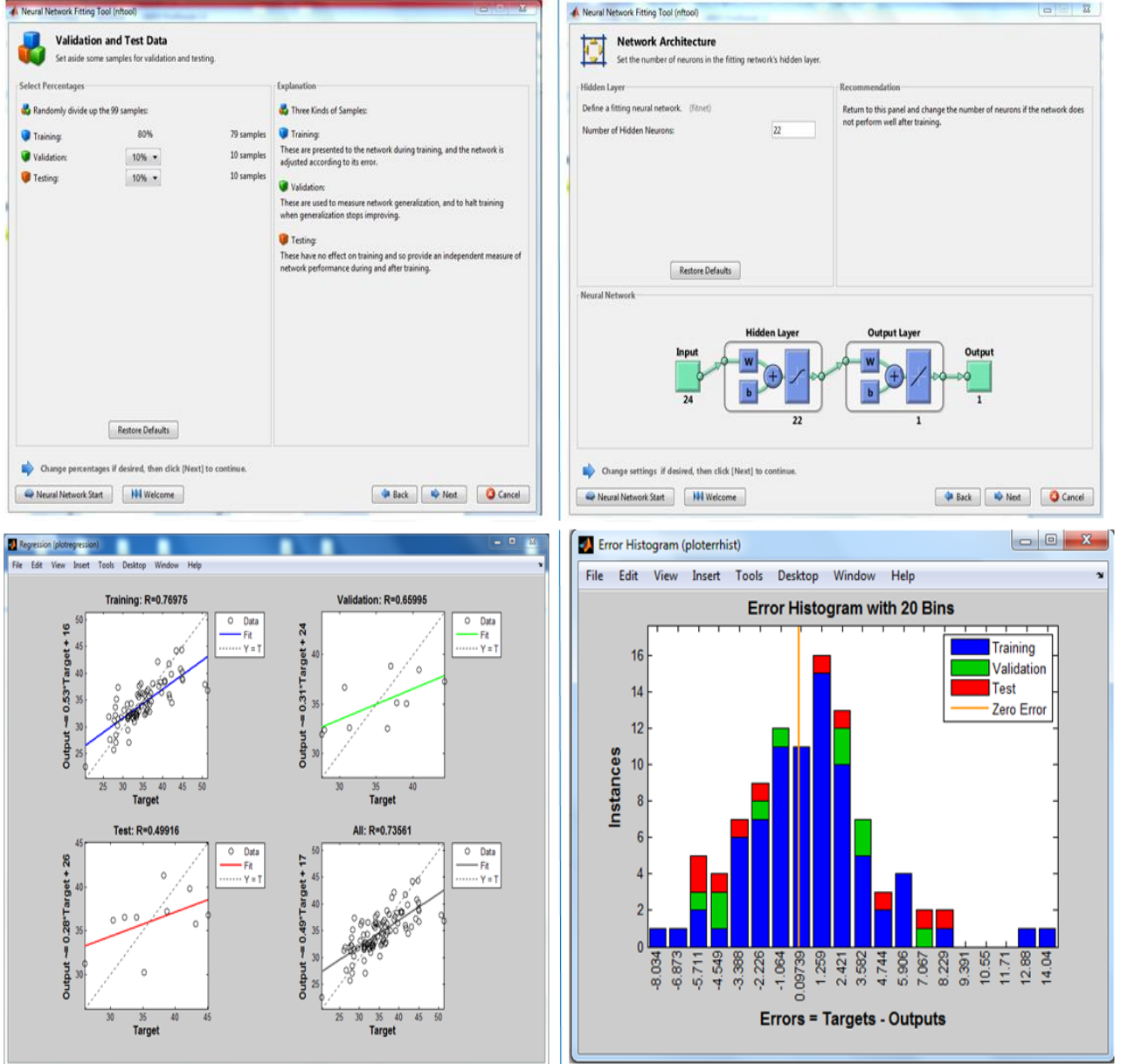
```
>> veri=xlsread('VERİLERDBH-4-rl-mavi.xlsx');  
>> input=veri(:,1:24);  
>> target=veri(:,25);
```

DBH-4 makinesine ait doksan dokuz adet verinin kullanıldığı RL değerlerinin tahmini için, sırasıyla Mavi-beyaz, Turuncu-beyaz, Yeşil-beyaz ve Kahve-beyaz perlerin eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.16'de Mavi-beyaz per RL çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



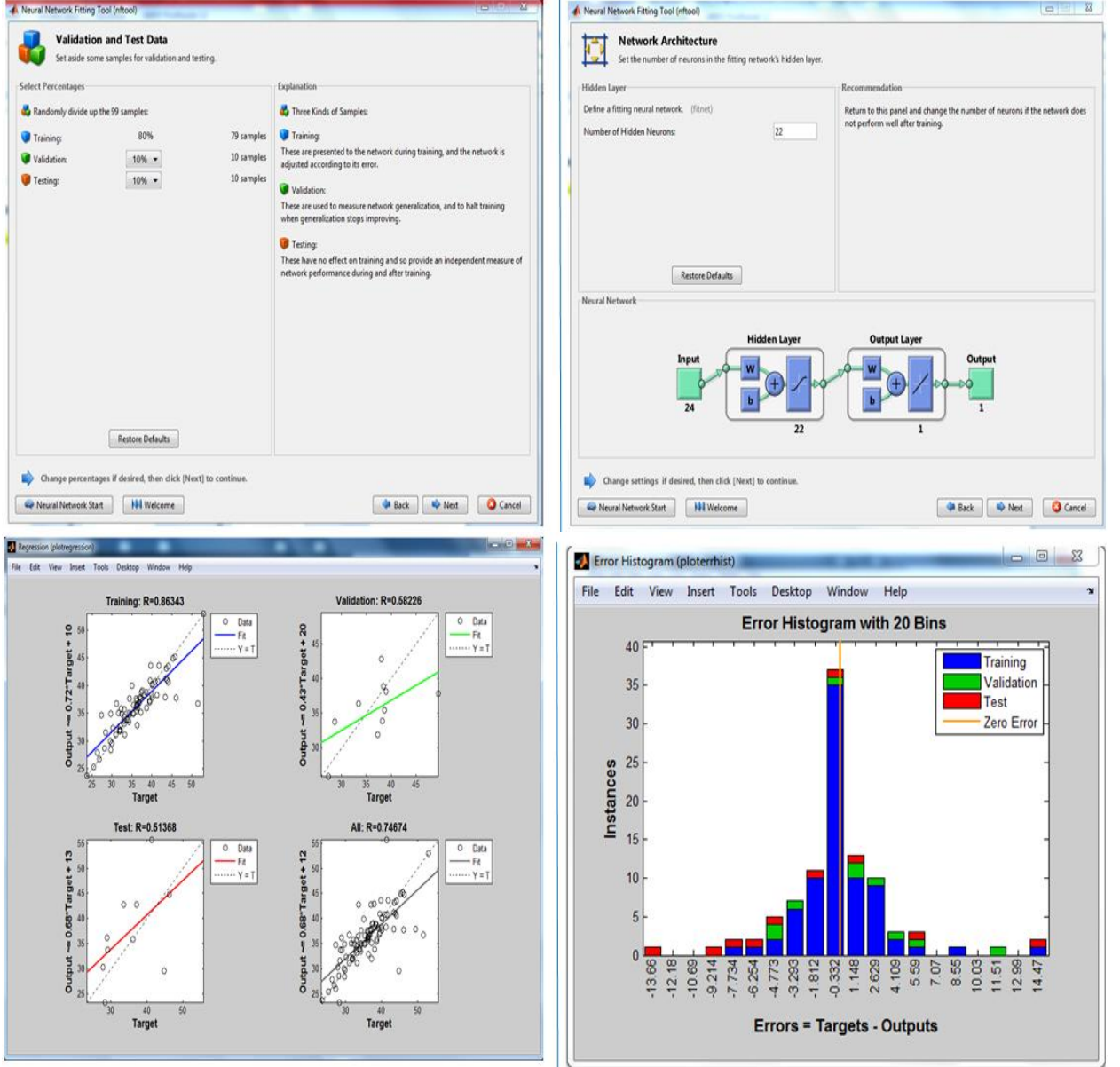
Şekil 4.16. DBH-4 makinesi mavi-beyaz per RL değeri için ağırlık seçimi, eğitimi ve sınavı

Şekil 4.17’de Turuncu-beyaz per RL çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



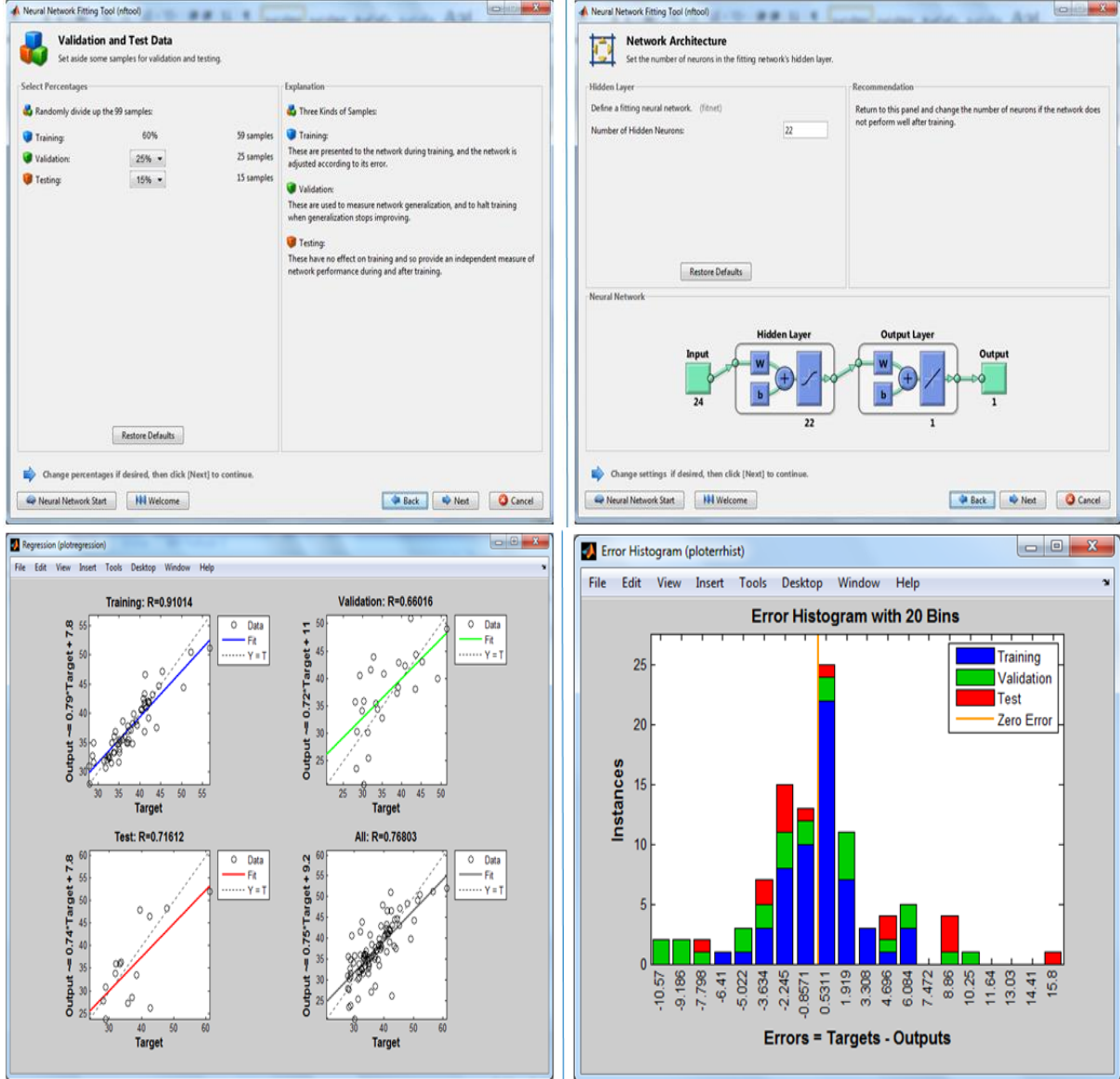
Şekil 4.17. DBH-4 makinesi turuncu-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.18’de Yeşil-beyaz per RL çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.18. DBH-4 makinesi yeşil-beyaz per RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

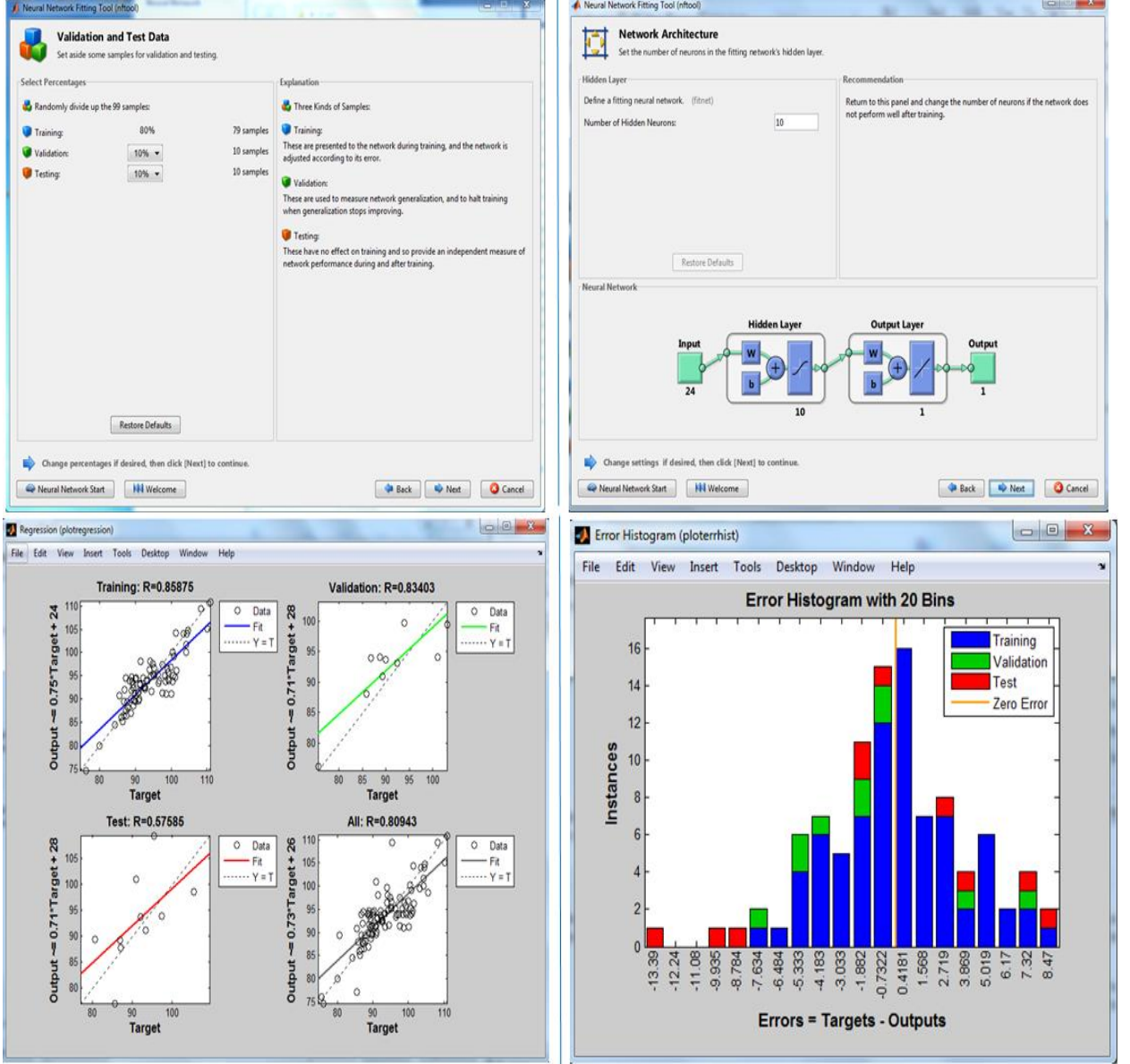
Şekil 4.19’de Kahve-beyaz per RL çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.19. DBH-4 makinesi kahve-beyaz RL değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

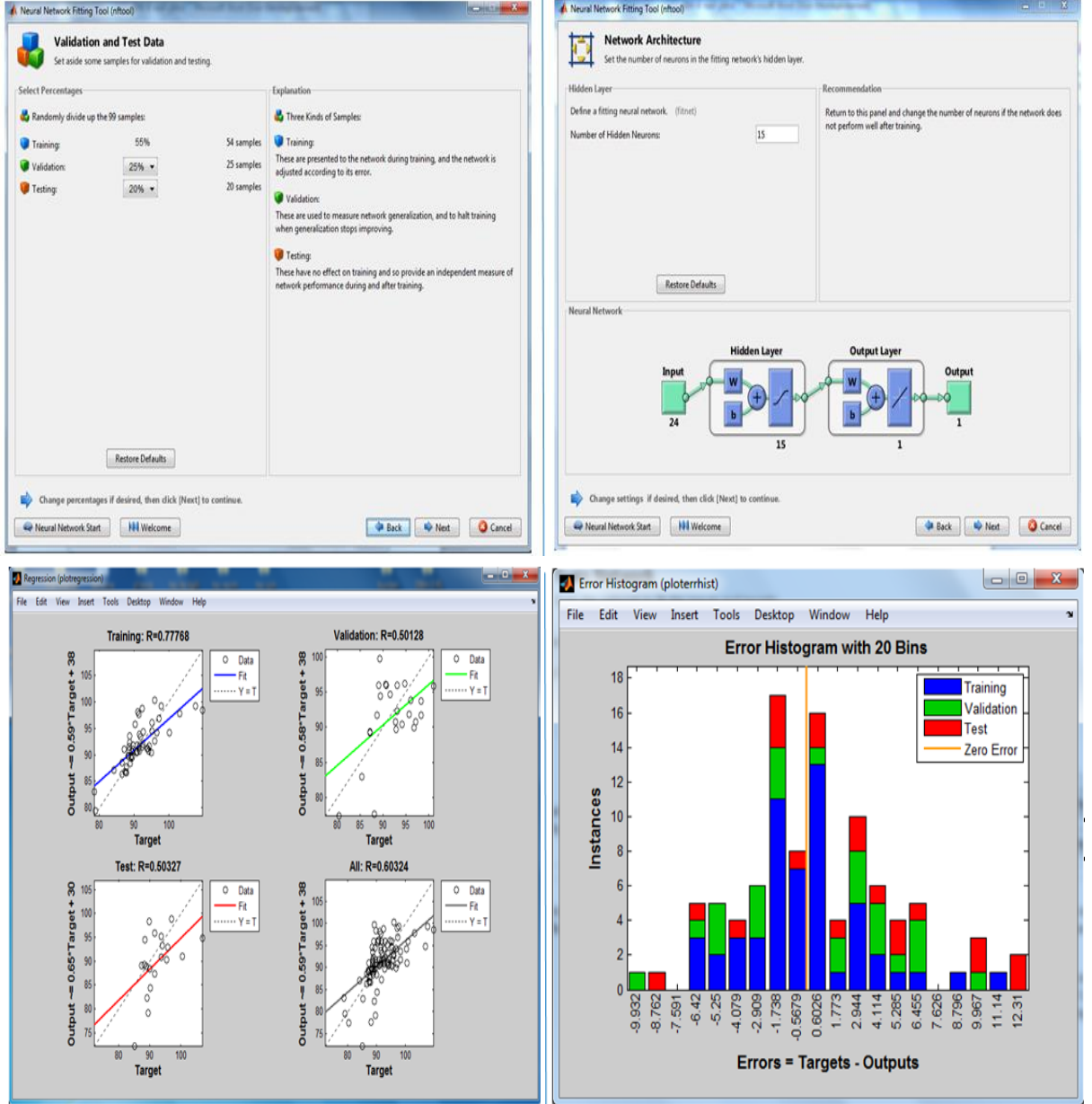
Data Büküm Hattı-4 makinesi için Empedans ve RL değerlerinin eğitim ve tahmininden sonra son olarak Yakın Uç Karşılıklı Konuşma Gürültüsü/Near end crosstalk (NEXT) tahmini için eğitime devam edilmiştir. Dört farklı rengin ikili permütasyonu ile on iki adet farklı NEXT değeri ölçümü yapılmaktadır. Empedans ve RL çıkış parametrelerinin eğitiminde olduğu aynı adımlar NEXT değerlerinin eğitimi de izlenmiştir.

Şekil 4.20’de Mavi-Turuncu per NEXT çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



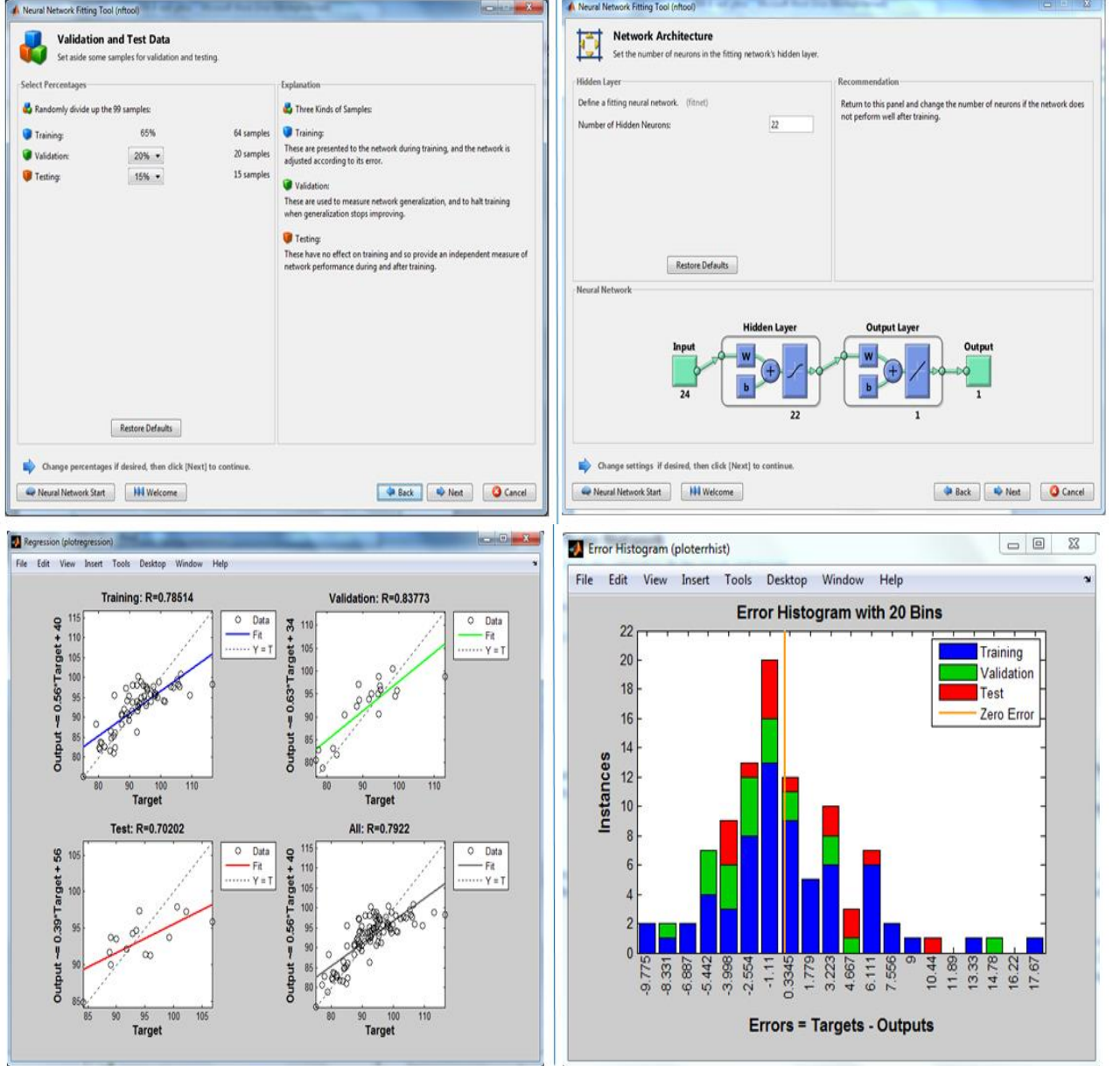
Şekil 4.20. DBH-4 makinesi mavi-turuncu NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.21’de Turuncu-Yeşil per NEXT çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



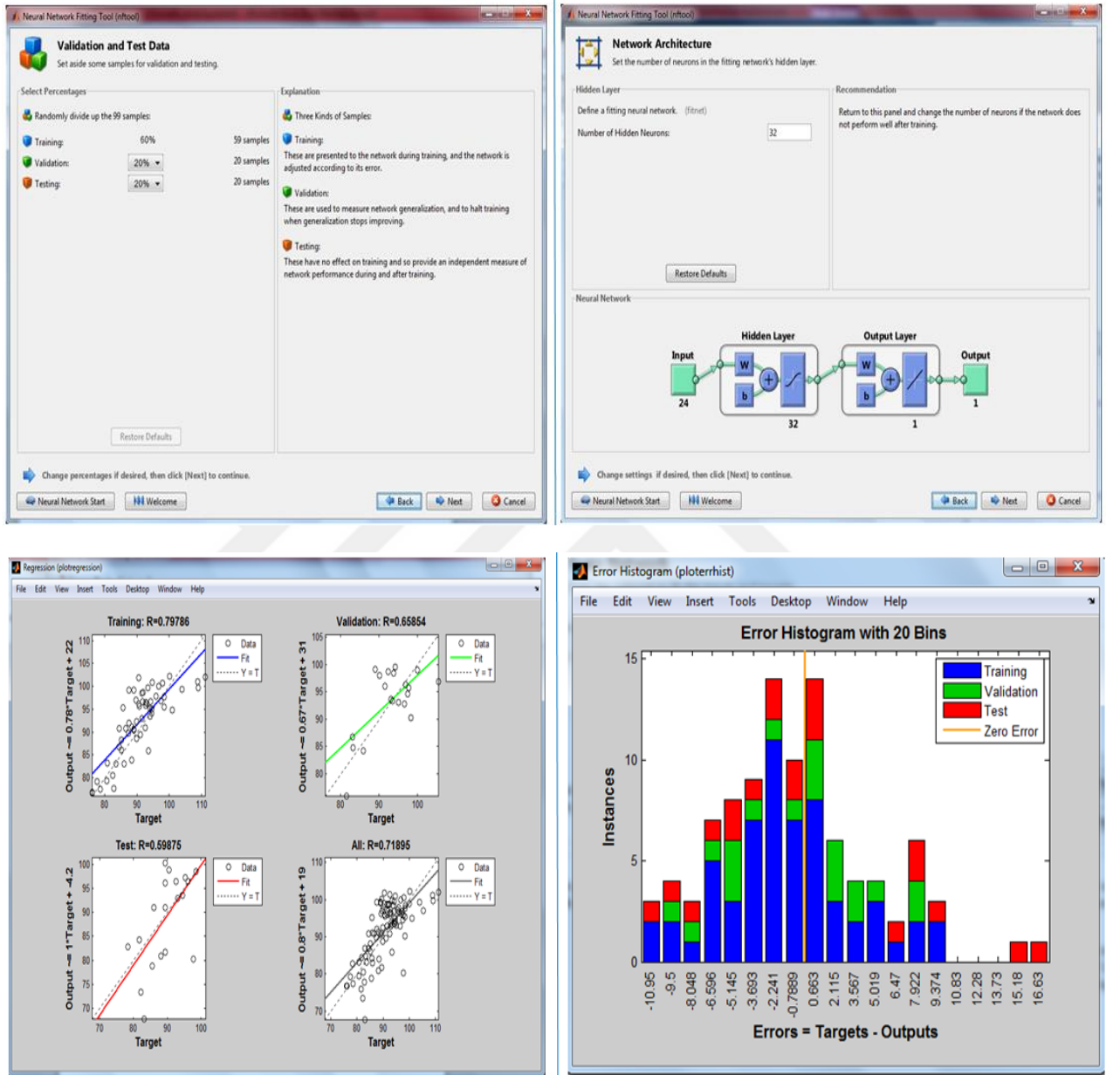
Şekil 4.21. DBH-4 makinesi turuncu-yeşil NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.22’de Yeşil-Kahve per NEXT çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.22. DBH-4 makinesi yeşil-kahve NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.23’de Kahve-Yeşil per NEXT çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.23. DBH-4 makinesi kahve-yeşil NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

NEXT değeri tahmininde, on iki adet çıktı parametresi eğitilmiş olup, tezin bu kısmında sadece dört tanesinin eğitimine yer verilmiştir. Her bir NEXT parametresinde kullanılan kümelerin dağılımları ağın performansına göre deneme yanılma yöntemi ile bulunmuştur ve kendi aralarında değişkenlik göstermektedir.

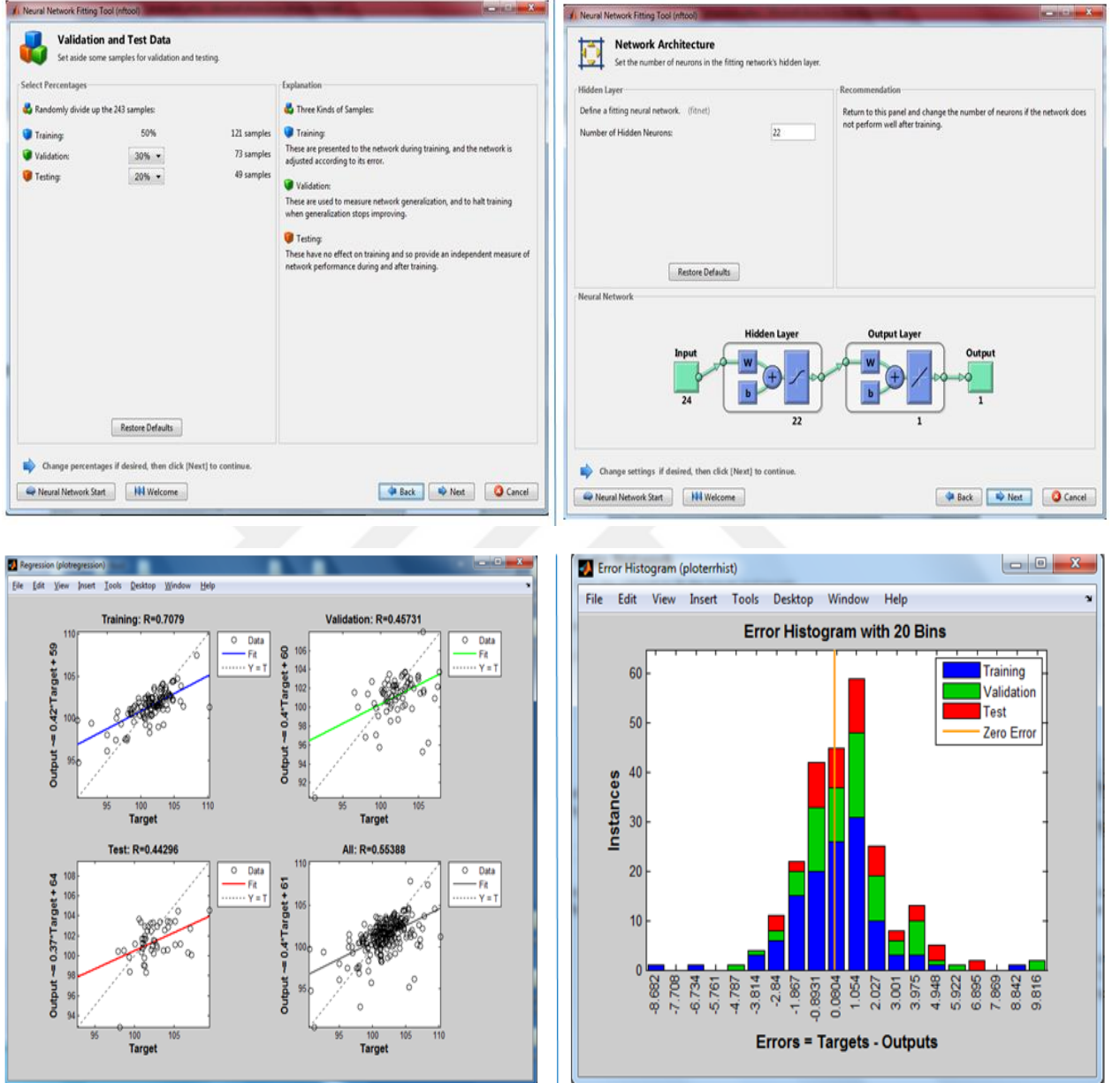
4.4.2 Data büküm hattı-5 (DBH-5) makinesi verileri ile ilgili çıkışlar için seçilen yapay sinir ağlarının eğitimi, testi ve sınanması

Data Büküm Hattı-5 (DBH-5) makinesi verilerinin kullanıldığı, YSA'nın eğitim, test ve sınaması bu kısımda verilmiştir. DBH-5 makinesinden toplamda 243 adet veri toplanmıştır. Bu verilerin tamamı Bölüm 4.2'de verilmiştir. Öncelikle, Yapay sinir ağının eğitime Karakteristik Empedans değerlerinin tahmini ile başlanmıştır. Empedans değeri data kablolarında her bir per için ayrı ayrı ölçülmektedir. Bunlar; mavi-beyaz, turuncu-beyaz, yeşil-beyaz ve kahve-beyaz olmak üzere dört adettir.

DBH-5 makinesinin eğitiminde kullanılan YSA giriş parametrelerinin tamamı aynı kullanılmıştır. Bu parametreler, ağın örnek yüzde dağılımı, gizli nöron sayısı vb. Bu oranlar ve değerler aynı tutularak aynı zamanda makineler arasındaki performansı da ölçülebilir yapmıştır. Matlab Toolbox içerisinde, Levenberg-Marquardt algoritması kullanılarak bir önceki kısımdaki gibi ağın eğitimi gerçekleştirilmiştir. Matlab komut penceresinde, kullanılacak verilerin excelden okunması, giriş ve target değerlerinin atanması işlemi aşağıda yer alan satır komutları ile sağlanmıştır.

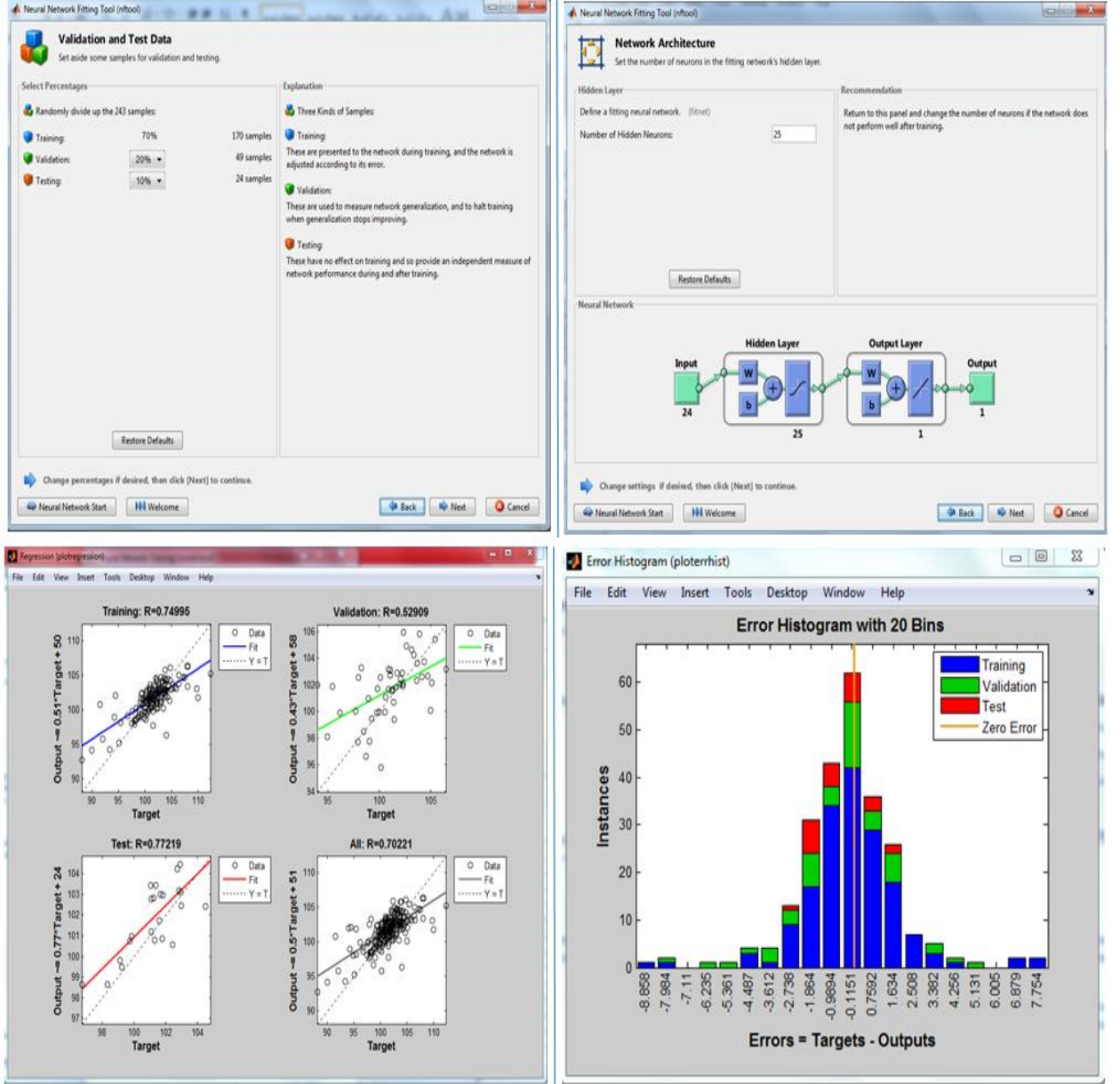
```
>> veri=xlsread('VERİLERDBH-5-z-mavi.xlsx');  
>> input=veri(:,1:24);  
>> target=veri(:,25);
```

Şekil 4.24’de Mavi-Beyaz per empedans çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



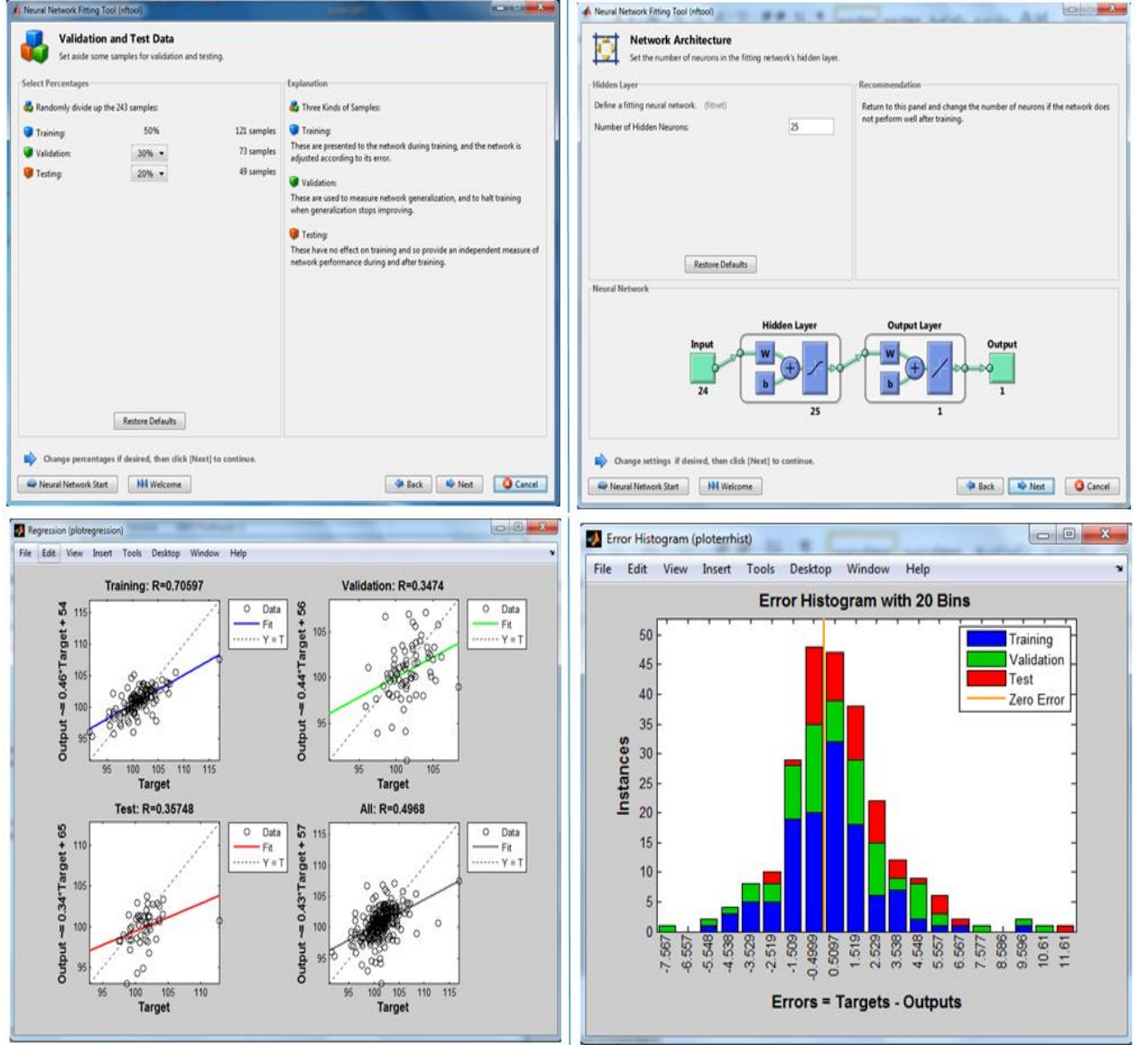
Şekil 4.24. DBH-5 makinesi mavi-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.25’de turuncu-beyaz per empedans çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



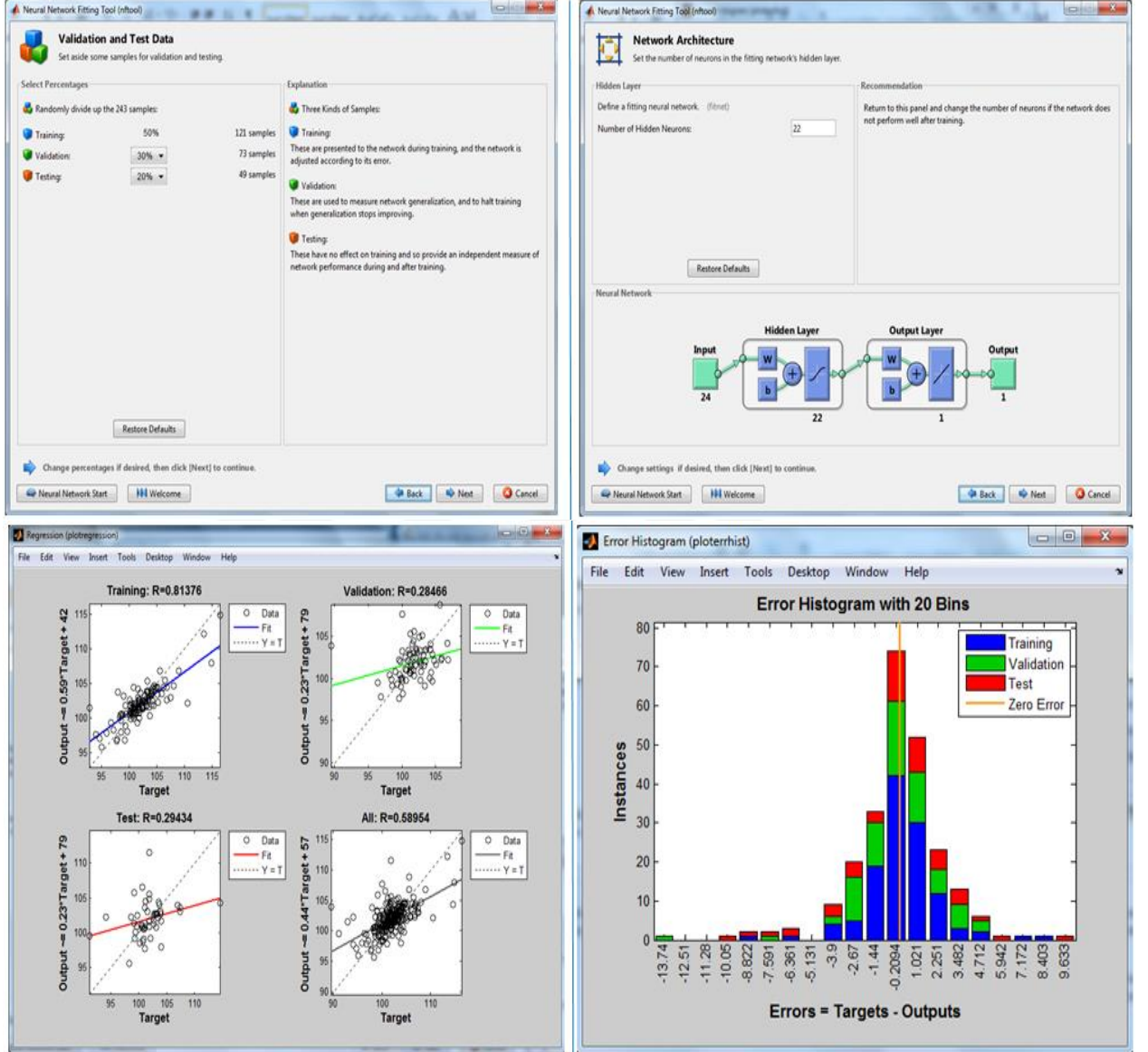
Şekil 4.25. DBH-5 makinesi turuncu-beyaz per empedans değeri ağ seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.26’de yeşil-beyaz per empedans çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.26. DBH-5 makinesi yeşil-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sinaması

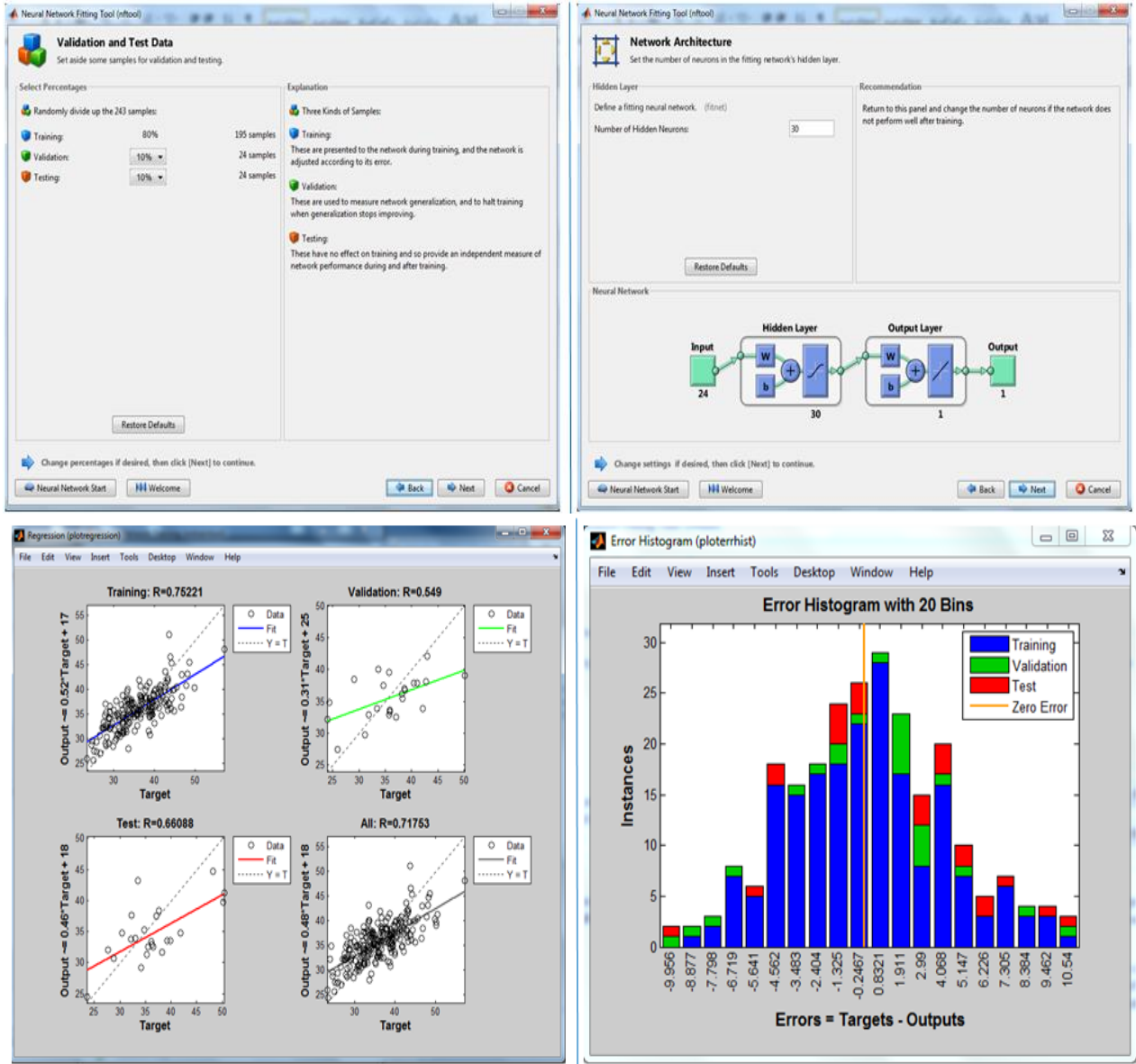
Şekil 4.27’de Kahve-beyaz per, empedans çıkış parametresinin, eğitimi sırasında Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.27. DBH-5 makinesi kahve-beyaz per empedans değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

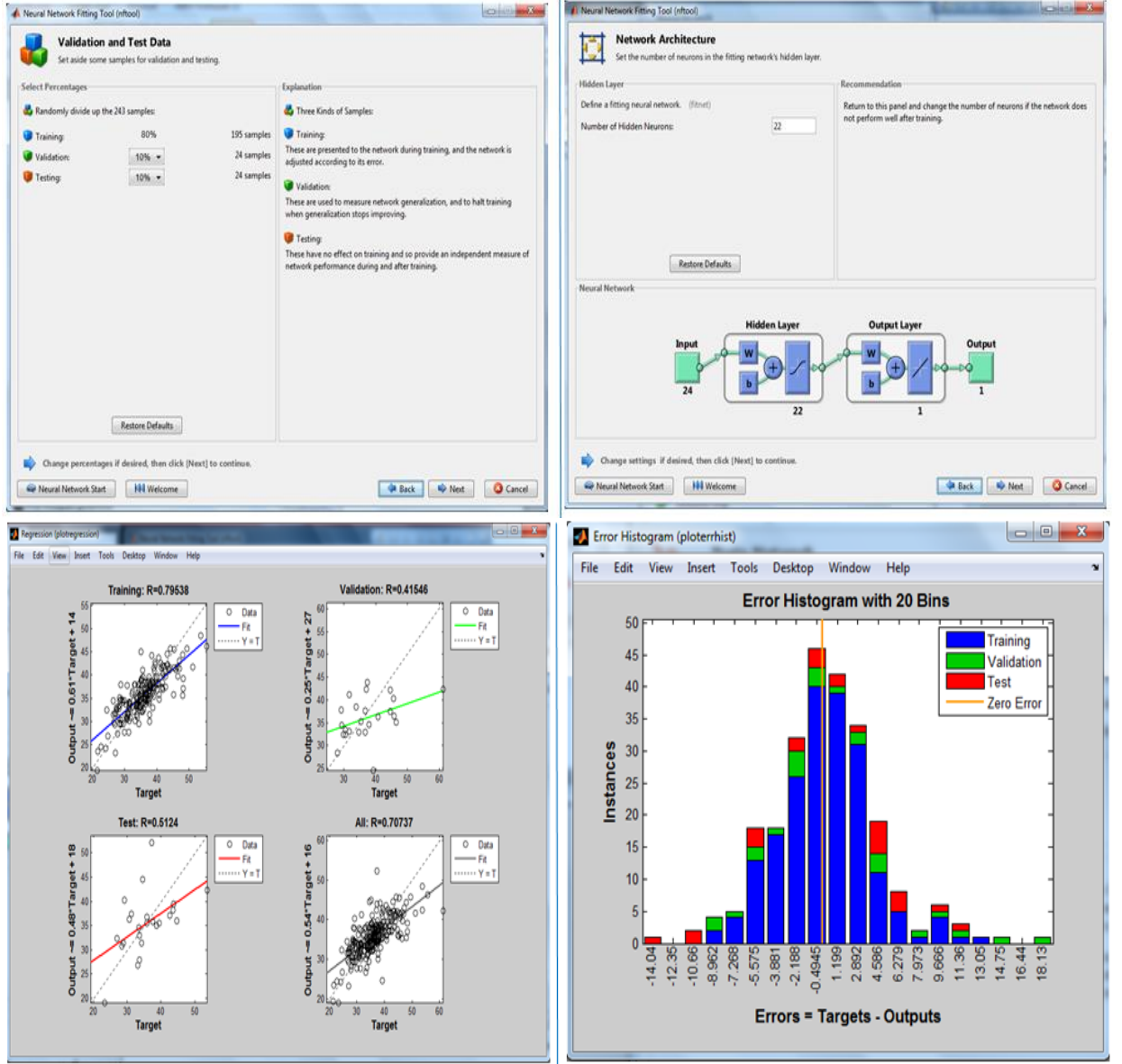
Data Büküm Hattı-5 makinesi için empedans değerlerinin eğitim ve tahmininden sonra sıra bir sonraki tahmin etmeyi hedeflediğimiz, yüksek frekans parametresi olan Return Loss (RL) değerinin eğitime gelmiştir. Eğitim sırasında mavi-beyaz, turuncu-beyaz, yeşil-beyaz ve kahve-beyaz per RL değeri ile devam edilmiş. Eğitim çıktılarına yer verilmiştir.

Şekil 4.28’de Mavi-beyaz per, RL çıkış parametresi için Nftool kullanarak, YSA seçimi, eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



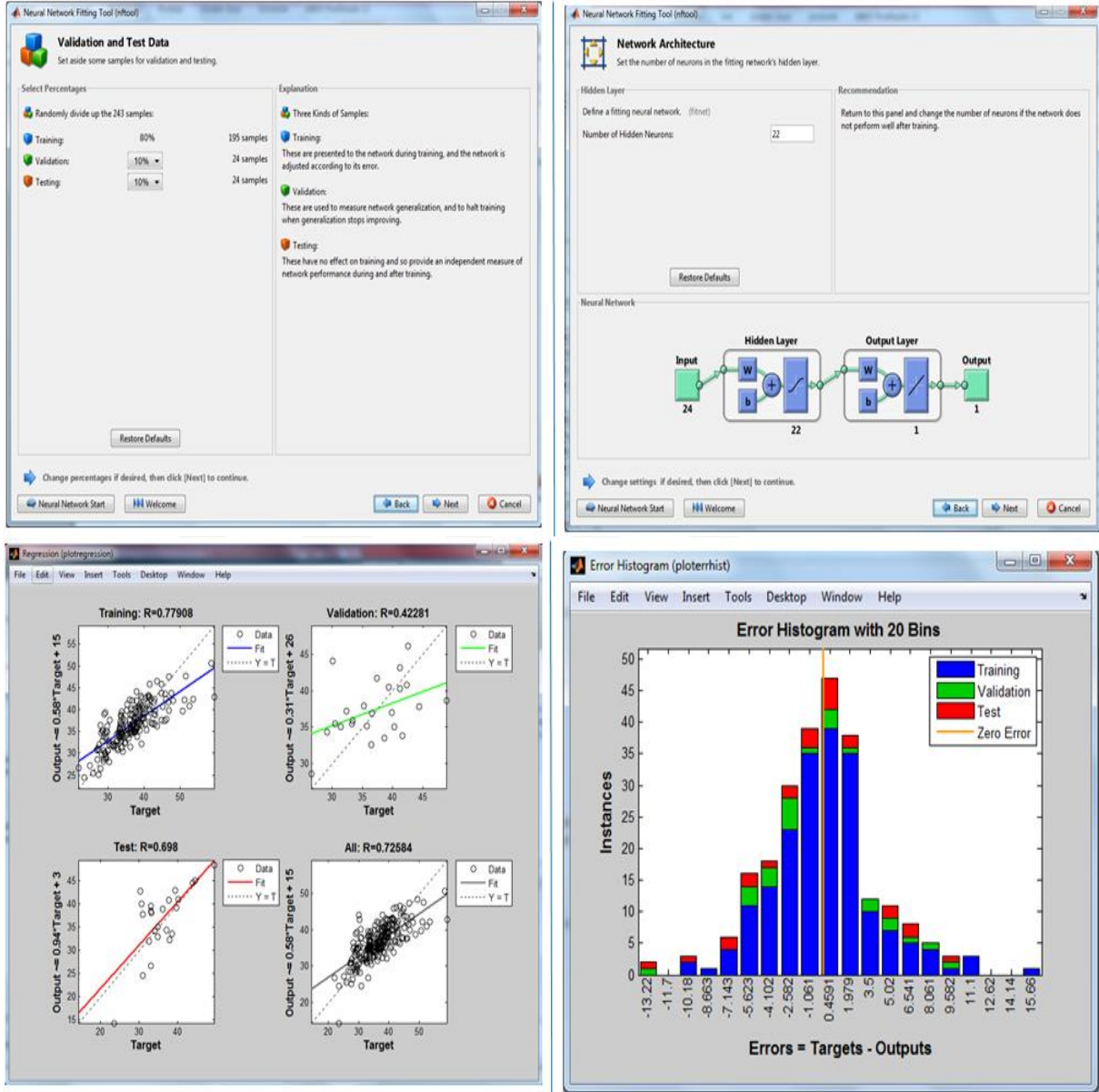
Şekil 4.28. DBH-5 makinesi mavi-beyaz per RL değeri için ağı seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.29’da Turuncu-beyaz per, RL çıkış parametresi için Nftool kullanarak, YSA seçimi, eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



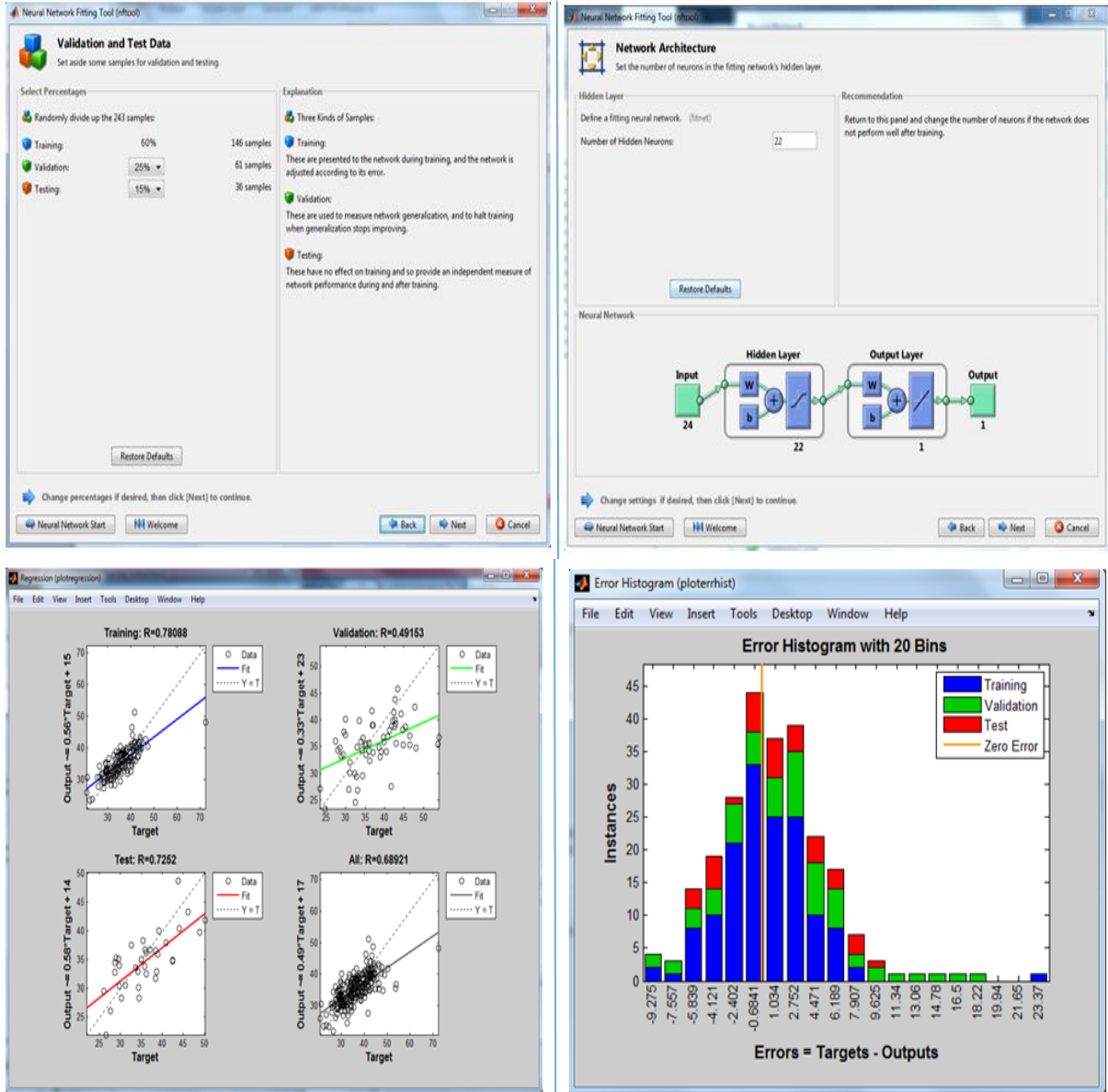
Şekil 4.29. DBH-5 makinesi turuncu-beyaz per RL değeri için ağı seçimi, eğitimi ve sınaması

Şekil 4.30'da Yeşil-beyaz per, RL çıkış parametresi için Nftool kullanarak, YSA seçimi, eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.30. DBH-5 makinesi yeşil-beyaz per RL değeri için ağı seçimi, eğitimi ve sınaması

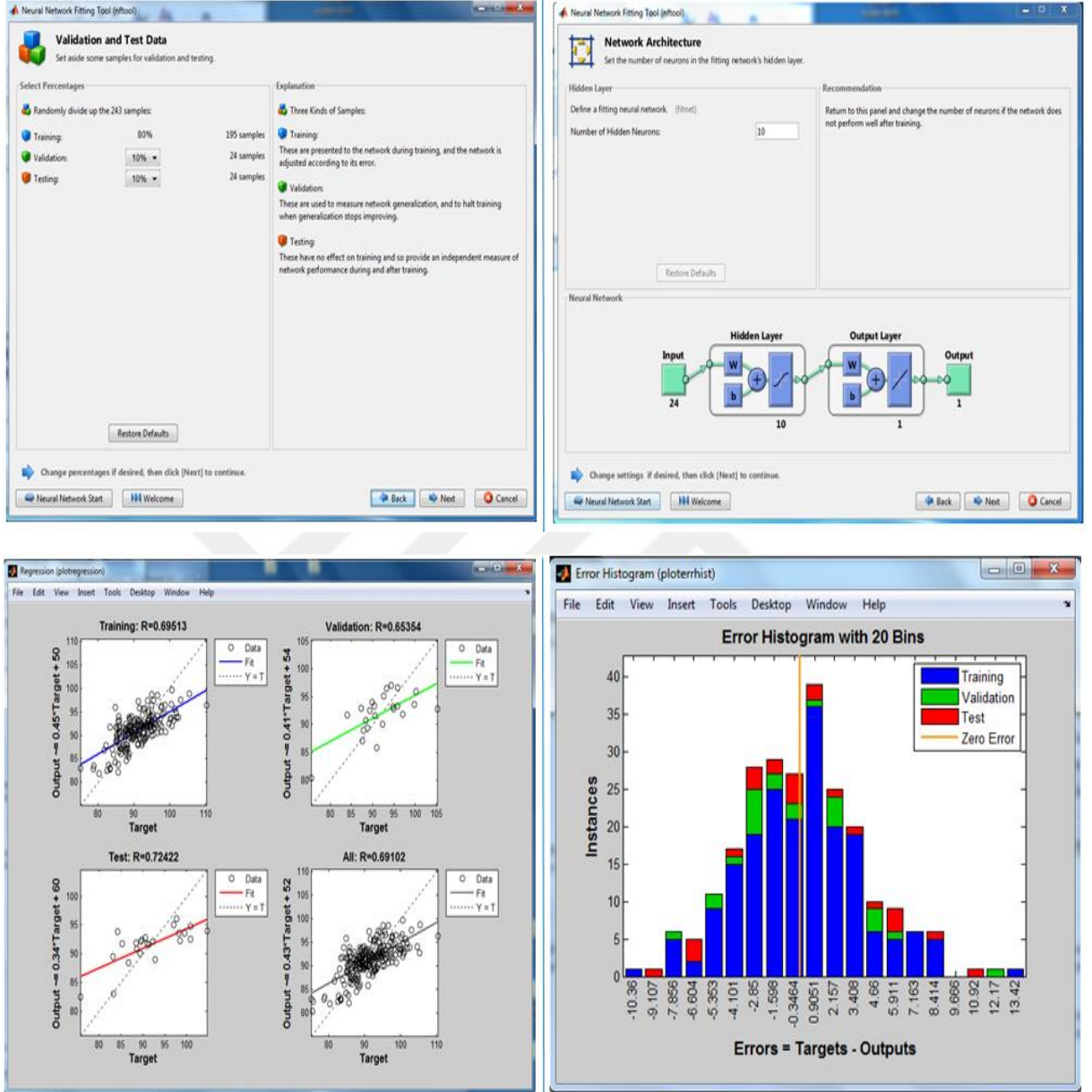
Şekil 4.31’de Kahve-beyaz per, RL çıkış parametresi için Nftool kullanarak, YSA seçimi, eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.31. DBH-5 makinesi kahve-beyaz per RL değeri için ağı seçimi, eğitimi ve sınaması

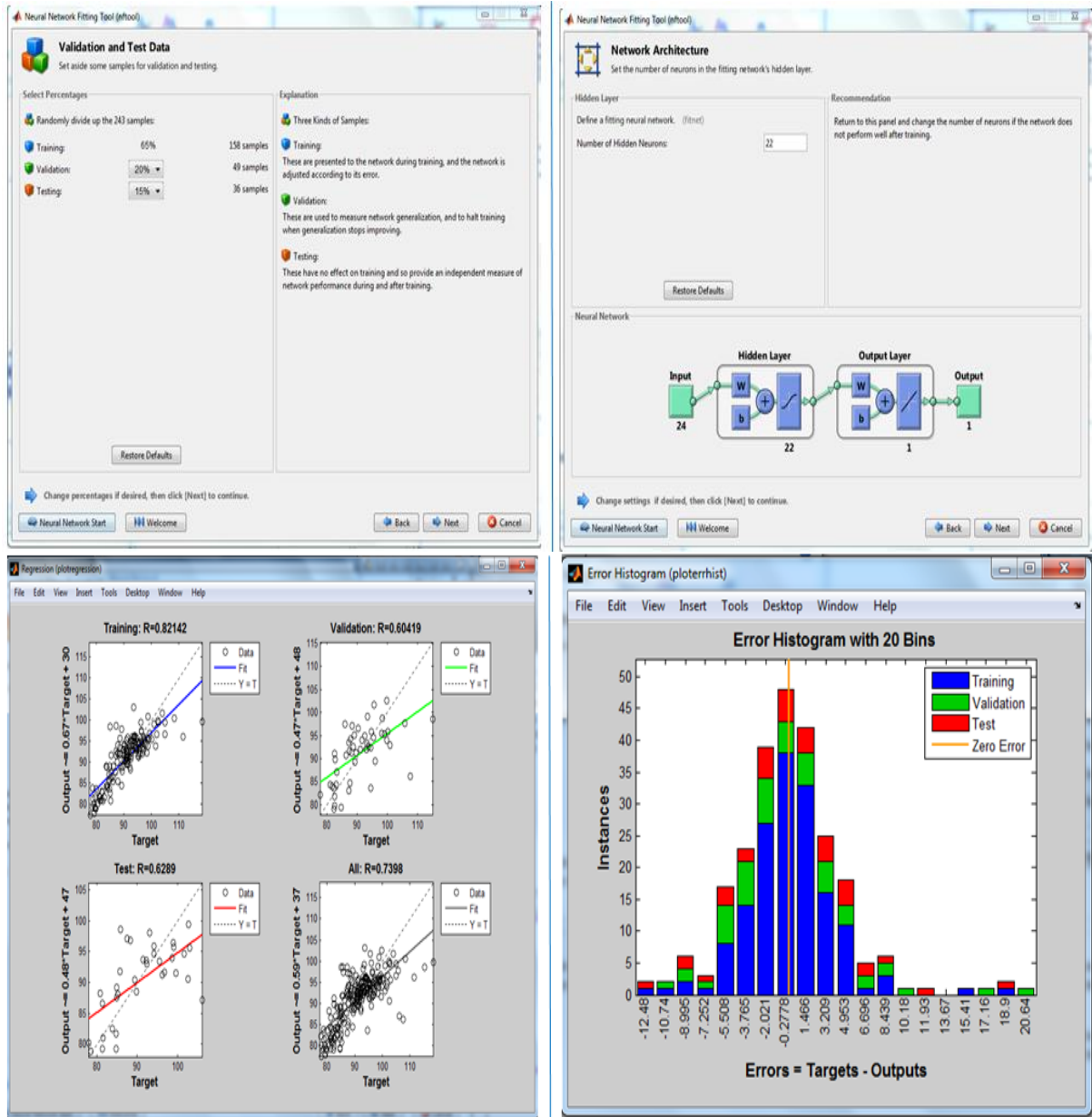
Data Büküm Hattı-5/ DBH-5 makinesi için karakteristik empedans ve RL değerlerinin eğitim ve tahmininden sonra son olarak Near end crosstalk (NEXT) eğitimi ve tahmini işlemi gerçekleştirilmiştir. Dört farklı rengin ikili permütasyonu ile on iki adet farklı NEXT değeri ölçümü yapılmaktadır. Empedans ve RL çıkış parametrelerinin eğitiminde olduğu aynı adımlar NEXT değerlerinin eğitimi de izlenmiştir.

Şekil 4.32’de Mavi-turuncu NEXT çıkış parametresi için Nftool kullanarak, YSA seçimi, eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.32. DBH-5 makinesi mavi-turuncu NEXT değeri için ağı seçimi, eğitimi ve sınavı

Şekil 4.33’de Yeşil-kahve NEXT çıkış parametresi için Nftool kullanarak, Neural Network ağ seçimi ile eğitimi ve eğitim sonrası ağın performansına yer verilmiştir.



Şekil 4.33. DBH-5 makinesi yeşil-kahve NEXT değeri için ağın seçimi, eğitimi ve sınaması

NEXT değeri tahmininde, her kombinasyonun (12 adet) çıktı parametreleri eğitilmiş olup, tezin bu kısmında sadece iki tanesinin eğitime yer verilmiştir. Her bir NEXT parametresinde kullanılan dağılımlar, gizli nöron sayısı seçimi DBH-4 makinesinin eğitiminde kullanılan parametreler ile aynı alınmıştır.

4.5 YSA Eğitim Sonuçları

Bu bölümde, gerçekleştirilmesi planlanan yüksek frekans parametreleri tahmin modelinde, makine ekipmanı ve düşük frekans testi ölçüm sonuçlarını giriş olarak alan eğitimlerin sonuçlarına yer verilmiştir. İki farklı tasarıma sahip Data Büküm Makineleri, Data Büküm Hattı-4/DBH-4, Double Twist Group iken Data Büküm Hattı-5/DBH-5, Triple Twist Group'dur. Bu durum makinaların büküm şekillerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Her bir makinede üretilen ürünlerin ölçüm sonuçları birbirinden bağımsız olarak ayrı ayrı kayıt altına alınmıştır. Ağların eğitiminde, DBH-4 makinesi için doksan dokuz adet veri kullanılırken; DBH-5 makinesi için iki yüz kırk üç adet veri kullanılmıştır. Her makinenin YSA tek bir çıkışa ve her ikisinin YSA da yirmi dört adet giriş parametresine sahiptir.

YSA işlemlerinde yine Matlab'ın Nftool alet kutusu/uygulaması kullanılmıştır. Her iki makine için alınan verilerin eğitim, test ve sınaması, % dağılımı ve gizli nöron sayısı aynı tutularak gerçekleştirilmiştir. Böylelikle makine performanslarının karşılaştırılabilir olması sağlanmıştır.

Yirmi adet çıkış parametresinin her biri için bir YSA hazırlanıp, DBH-4 ve DBH-5 makinelerine ait veriler ile eğitim, test ve sınama kümelerinin aynı oranda dağılımı ile gerçekleştirilen eğitim, sınama ve test sonuçlarına karşılaştırılmalı olarak Çizelge 4.18'de yer verilmiştir. Ayrıca bu çizelgede, her bir çıkış parametresinin performans sonuçlarına da yer verilmiştir.

Eğitim sırasında kullanılan bazı tanımlar şu şekilde belirtilebilir:

Target: Modelin gerçek çıktı değeri

Output: Ağın tahmin değeri

Error: Hata, hedef değerinden tahmin değerinin çıkarımı ($\text{Error} = \text{Target} - \text{Output}$)

Ağın Başarısı (%) : $\%100 - \text{MAPE Değeri}$

Yüksek Frekans Testi parametrelerinin, tahmin sonuçlarının doğruluğunun ölçümünde, MAPE (Ortalama mutlak yüzde hata), RMSE (Hataların Karesinin Ortalamasının Karekökü), ve R^2 (İlinti, Korelasyon) performans ölçme tekniklerinden yararlanılmıştır. Şimdi bu tekniklerin hakkında kısa bir bilgilendirme yapılacaktır.

MAPE (Mean Absolute Percentage Error) : Tahminlerin, ortalama mutlak yüzde hatasıdır. Modelden elde edilen tahminlerin doğruluğunu ölçmek için kullanılmaktadır. Yönetmelik süreçlerde ön planda olup, tahminlerde yaygın olarak kullanılan bir ölçüdür. MAPE değeri ne kadar küçük olursa, tahmin o kadar iyidir. Bu yaklaşım ile ağırlık ortalama hatasından söz edebilir. MAPE formülü denklem (4.1)'de verilmiştir.

$$MAPE = 100 \frac{\sum_i^n \frac{|Target_i - Output_i|}{Target_i}}{n} \quad (4.1)$$

RMSE (Root Mean Square Error) : Bir ağırlık modelinde tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki uzaklığın bulunmasında kullanılan bu teknik, aynı zamanda hatanın büyüklüğünü ölçmektedir. RMSE değerinin karesi, MSE'yi verir. Tahmin verilerine uyan bir doğru denklemi olduğu varsayılırsa, bu doğru denklemi etrafındaki yoğunluğun ölçütüdür. Bu değer 0'dan başlayarak ∞ 'a gidebilmektedir. Formülü denklem (4.2)'de verilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (Target_i - Output_i)^2}{n}} \quad (4.2)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (4.3)$$

R^2 (Determinasyon/Belirleme Katsayısı) : Modelin doğruluğunu ölçmede kullanılan uyum katsayısıdır. Korelasyon/ilinti katsayısı R 'nin karesine eşittir. R^2 hesaplanılarak, modelin korelasyonu bulunmuş olur. Deneysel verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar uyduğunun bir ölçüsüdür. Modelde kullanılan verinin fazla olması R^2 değerinin güvenilirliği artırır.

$0 < R^2 < 1$ aralığında değişirken, bu değer 1 olması modelin kusursuz olduğu anlamına gelmektedir. Eğer R^2 sıfır veya sıfıra yakınsa verilerin ya da YSA'nın tahmin yeteneği düşüktür, model kötüdür denebilir. Bu değer formülü denklem (4.4)'de verilmiştir. Denklemin yer alan SSerror ve SStotal hesaplama denklemleri (4.5) ve (4.6)'da verilmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{SSerror}{SStotal} \quad (4.4)$$

$$SSerror = \sum (Target_i - Output_i)^2 \quad (4.5)$$

$$SStotal = \sum (Target_i - Target_{ort})^2 \quad (4.6)$$

Çizelge 4.18. DBH-4 ve DBH-5 makinelerinin eğitim sonuçları

MODEL ÇIKIŞ PARAMETRELERİ	Ağın Eğitiminde Kullanılan Bilgiler				Data Büküm Hattı-4 (DBH-4) Yüksek Frekans Parametreleri Eğitim Sonuçları										Data Büküm Hattı-5 (DBH-5) Yüksek Frekans Parametreleri Eğitim Sonuçları												
	Training Örnek Dağılımı (%)	Validation Örnek Dağılımı (%)	Testing Örnek Dağılımı (%)	Giriş Nöron Sayısı (n)	Training Regresyon R ²	Validation Regresyon R ²	Testing Regresyon R ²	Tüm Regresyon R ²	Minimum Hata Değeri	Minimum Hata (%)	Maksimum Hata Değeri	Maksimum Hata (%)	Ortalama Hata Yüzdesi (%)	Training Regresyon R ²	Validation Regresyon R ²	Testing Regresyon R ²	Tüm Regresyon R ²	Minimum Hata Değeri	Minimum Hata (%)	Maksimum Hata Değeri	Maksimum Hata (%)	Ortalama Hata Yüzdesi (%)					
EMPEDANS														EMPEDANS													
Mavi Per Empedans	50%	30%	20%	22	0,82	0,71	0,54	0,72	-4,79	4,88%	5,45	4,92%	1,45%	0,71	0,46	0,44	0,55	-9,16	10,12%	10,3	9,76%	1,69%					
Turuncu Per Empedans	70%	20%	10%	25	0,78	0,69	0,47	0,75	-4,91	5,05%	5,59	5,32%	1,24%	0,75	0,53	0,77	0,70	-9,29	10,16%	8,19	7,45%	1,48%					
Yeşil Per Empedans	50%	30%	20%	25	0,80	0,57	0,53	0,66	-4,75	4,76%	5,83	5,62%	1,70%	0,71	0,35	0,36	0,50	-8,07	8,19%	12,11	10,74%	1,90%					
Kahve Per Empedans	50%	30%	20%	22	0,86	0,74	0,52	0,78	-3,71	3,75%	4,68	4,41%	1,13%	0,81	0,3	0,29	0,59	14,35	16,04%	10,24	8,94%	1,74%					
RETURN LOSS														RETURN LOSS													
Mavi Per RL	80%	10%	10%	30	0,81	0,83	0,80	0,82	-8,78	26,93%	12,55	23,60%	7,35%	0,75	0,55	0,66	0,72	-10,49	43,17%	11,08	22,10%	9,19%					
Turuncu Per RL	80%	10%	10%	22	0,77	0,66	0,50	0,74	-8,61	30,00%	14,61	28,43%	8,17%	0,80	0,41	0,51	0,71	-14,88	39,93%	18,98	30,98%	9,11%					
Yeşil Per RL	80%	10%	10%	22	0,86	0,58	0,51	0,75	-14,39	34,79%	15,21	33,94%	6,62%	0,78	0,42	0,70	0,73	-13,98	46,41%	16,42	27,70%	8,50%					
Kahve Per RL	60%	25%	15%	22	0,91	0,66	0,72	0,77	-11,26	38,47%	16,49	38,65%	8,25%	0,78	0,49	0,73	0,69	-10,13	33,77%	24,23	33,47%	9,46%					
NEXT														NEXT													
Mavi-Turuncu NEXT	80%	10%	10%	10	0,85	0,83	0,58	0,81	-13,96	14,62%	9,04	9,03%	3,23%	0,70	0,65	0,72	0,69	-10,98	12,94%	14,04	12,73%	3,38%					
Mavi-Yeşil NEXT	65%	20%	15%	22	0,75	0,45	0,50	0,61	-11,35	13,44%	10,97	11,02%	3,55%	0,55	0,30	0,41	0,47	-11,70	14,60%	16,56	15,24%	3,92%					
Mavi-Kahve NEXT	60%	25%	15%	22	0,76	0,33	0,54	0,60	-10,16	12,31%	14,68	13,69%	3,50%	0,64	0,26	0,32	0,50	-12,58	14,27%	17,99	16,25%	4,22%					
Turuncu-Mavi NEXT	60%	25%	15%	22	0,72	0,52	0,55	0,60	-11,02	13,39%	24,60	20,74%	4,51%	0,76	0,50	0,28	0,62	-11,91	13,27%	21,23	21,91%	4,14%					
Turuncu-Yeşil NEXT	55%	25%	20%	15	0,78	0,50	0,50	0,60	-10,51	11,79%	12,89	15,15%	3,73%	0,61	0,27	0,33	0,49	-13,90	16,28%	17,35	15,54%	4,25%					
Turuncu-Kahve NEXT	60%	30%	10%	22	0,69	0,41	0,48	0,56	-14,80	20,91%	17,44	16,42%	4,58%	0,69	0,38	0,57	0,53	-11,94	13,50%	21,89	17,84%	3,94%					
Yeşil-Mavi NEXT	80%	10%	10%	22	0,70	0,56	0,77	0,71	-13,58	15,86%	15,20	13,94%	3,37%	0,54	0,28	0,27	0,48	-12,10	13,33%	17,34	15,20%	4,23%					
Yeşil-Turuncu NEXT	65%	20%	15%	22	0,83	0,60	0,49	0,73	-9,03	10,12%	12,79	12,08%	3,07%	0,59	0,55	0,44	0,56	-11,86	12,90%	23,24	18,62%	4,65%					
Yeşil-Kahve NEXT	65%	20%	15%	22	0,78	0,83	0,70	0,80	-10,49	12,34%	18,38	15,77%	3,84%	0,82	0,60	0,63	0,74	-13,35	15,69%	21,51	19,99%	3,68%					
Kahve-Mavi NEXT	80%	10%	10%	22	0,74	0,56	0,72	0,70	-9,53	11,48%	11,58	11,31%	3,41%	0,59	0,24	0,30	0,51	-12,51	18,00%	19,75	14,08%	3,81%					
Kahve-Turuncu NEXT	80%	10%	10%	22	0,66	0,46	0,30	0,59	-10,52	12,53%	15,17	14,28%	3,59%	0,56	0,34	0,38	0,52	-12,66	14,33%	18,53	16,83%	4,08%					
Kahve-Yeşil NEXT	60%	20%	20%	32	0,80	0,66	0,60	0,72	-11,67	13,34%	17,35	17,78%	4,72%	0,75	0,62	0,60	0,68	-9,69	11,40%	22,31	20,99%	4,24%					

DBH-4 ve DBH-5 büküm makine verilerini kullanılarak eğitilen YSA üzerine kurulan modellerin tahminlerinin doğruluğunu ölçmede kullanılan bazı tekniklerin hesaplarına Çizelge 4.19’da yer verilmiştir. Bu değerler, modeldeki tahminlerinin istatistiksel yorumunu göstermektedir.

Çizelge 4.19. DBH-4 ve DBH-5 makinelerinin tahmin sonuçlarının doğrulukları

MODEL ÇIKIŞ PARAMETRELERİ	Data Büküm Hattı-4 (DBH-4) Sonuçların Performansı			Data Büküm Hattı-5 (DBH-5) Sonuçların Performansı		
	MAPE	RMSE	R ²	MAPE	RMSE	R ²
EMPEDANS						
Mavi Per Empedans	1,45%	1,978	0,503	1,69%	2,412	0,245
Turuncu Per Empedans	1,24%	1,689	0,558	1,48%	2,163	0,484
Yeşil Per Empedans	1,70%	2,226	0,319	1,90%	2,718	0,055
Kahve Per Empedans	1,13%	1,459	0,609	1,74%	2,651	0,320
RETURN LOSS						
Mavi Per RL	7,35%	3,637	0,668	9,19%	4,120	0,512
Turuncu Per RL	8,17%	3,875	0,527	9,11%	4,439	0,495
Yeşil Per RL	6,62%	3,965	0,530	8,50%	4,145	0,521
Kahve Per RL	8,25%	4,353	0,546	9,46%	4,674	0,456
NEXT						
Mavi-Turuncu NEXT	3,23%	4,052	0,646	3,38%	3,965	0,472
Mavi- Yeşil NEXT	3,55%	4,196	0,360	3,92%	4,934	0,379
Mavi-Kahve NEXT	3,50%	4,715	0,344	4,22%	5,329	0,176
Turuncu- Mavi NEXT	4,51%	5,931	0,292	4,14%	4,940	0,353
Turuncu-Yeşil NEXT	3,73%	4,570	0,218	4,25%	5,235	0,183
Turuncu-Kahve NEXT	4,58%	5,662	0,288	3,94%	5,087	0,231
Yeşil-Mavi NEXT	3,37%	4,683	0,497	4,23%	5,058	0,224
Yeşil- Turuncu NEXT	3,07%	3,672	0,528	4,65%	5,476	0,241
Yeşil-Kahve NEXT	3,84%	4,877	0,621	3,68%	4,826	0,544
Kahve-Mavi NEXT	3,41%	4,371	0,486	3,81%	4,726	0,262
Kahve-Turuncu NEXT	3,59%	4,581	0,330	4,08%	4,899	0,265
Kahve-Yeşil NEXT	4,72%	5,538	0,346	4,24%	5,433	0,446

Gerçek değerler ile modelin tahminde bulunduğu değerler üzerine yapılan hesaplamalarda, DBH-4 büküm makinesi için Karakteristik empedans çıkış parametresinin en yüksek MAPE değeri %1,70 iken, DBH-5 büküm makinesi için MAPE değeri %1,90 olarak bulunmuştur. YSA kullanılarak, Karakteristik empedans değeri tahmininin, diğer çıkış parametreleri olan RL ve NEXT'e göre çok daha iyi olduğu görülmüştür.

DBH-4 büküm makinesi için NEXT çıkış parametresinin, en yüksek MAPE değeri % 4,72 iken, DBH-5 büküm makinesi için MAPE değeri % 4,65 olarak bulunmuştur. NEXT parametresi perler arasındaki bozucu etki olarak bilinmektedir. Bu etkinin, ürünün yapısı gereği bireysel folyo içermesinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Büküm operasyonunda perlere atılan folyonun uygulanmasının, NEXT değerine etkisi çok fazladır. Bu etkiler yüksek frekans ölçümlerinde müdahale edilemeyen ve ölçülemeyen değişkenliklerdir.

Makine giriş parametreleri bir ürünün üretimine başlanmadan önce takılan makine kalıp ve girilen ürün rota bilgileridir. NEXT değerini etkileyen bir başka etken ise, folyo boşaltıcı gerginlikleridir. Ürünün elektriksel özelliklerini bozmayacak şekilde folyo boşaltıcı gerginlik ayarı yapılır.

DBH-4 büküm makinesi için RL çıkış parametresinin en yüksek MAPE değeri %8,25 iken, DBH-5 büküm makinesi için MAPE değeri %9,46 olarak bulunmuştur. YSA Modellerinde genel olarak en düşük tahmin başarısı RL çıkış parametresi için elde edilmiştir.

RL elektriksel parametresinde görülebilecek değişimlerde, bakırın saflığı, bakır ve izolede yaşanabilecek fiziksel bozuklukların meydana getirdiği değişkenlerin etkili olduğu söylenebilir. Bu etkenler daha çok izolasyon prosesi ile ilgili noktalardır. YSA tabanlı bu modeller kurulurken, kullanılan verilerin izole prosesinde yaşanabilecek etkileri, değişkenlikleri göz ardı edilmiştir yani sisteme giriş olarak eklenmemiştir. Bu nedenle RL çıkış parametresinin ağı eğitilmemiş yani tanıtılmamış giriş parametrelerinden etkilendiğini söylemek mümkündür. Bu durumun YSA'nın düşük tahmin oranlarına neden olduğu görülmüştür.

Elde edilen düşük MAPE değerleri, gerçek ile tahmin arasındaki, sapmanın küçük olduğunu göstermektedir. Witt ve arkadaşları MAPE değerleri %10'un altında olan tahmin modellerinin "yüksek doğruluk" derecesine sahip, MAPE değerleri %10 ile %20 arasındaki modeller ise "doğru tahminler" olarak sınıflandırmıştır (Witt ve Witt 2000:25). Benzer şekilde Lewis, MAPE değeri, %10'un altında olan modelleri 'çok iyi', %10 ile %20 arasında olan modelleri 'iyi', %20 ile %50 arasında olan modelleri 'kabul edilebilir' ve %50'nin üzerinde olan modelleri ise 'yanlış ve hatalı' olarak sınıflandırmıştır (Lewis 2002:509). Korelasyon performansının düşük çıkması aslında modelin kendisinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Eğitim sırasında görülen düşük Regresyon değerleri aslında bir nevi korelasyon tahmin oranlarının düşük olacağının göstergesidir.

DBH-5 makinası DBH-4'in neredeyse 2,5 katı veriye sahiptir. DBH-4 makinesinden daha fazla veri toplanılmış olsaydı, tahminler daha da iyi olabilirdi.



Şekil 4.34. İkili büküm (Double Twist) DBH-4 makinesi (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)



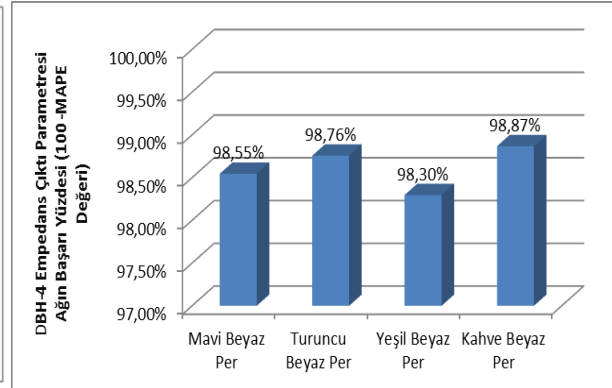
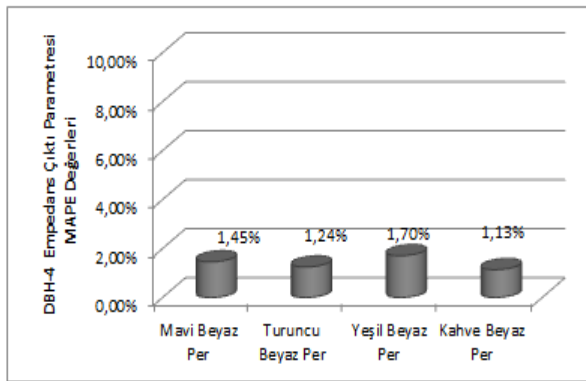
Şekil 4.35. Üçlü büküm (Triple Twist) DBH-5 makinesi (Reçber Kablo'nun izni ile kullanılmıştır)

4.5.1 DBH-4 makinesi eğitim sonuçları

Data Büküm Hattı-4/DBH-4 makinesi için, her bir çıkış değerinin YSA ile tahmini gerçekleşen verilerin, doğruluğunu ölçmede kullanılan bazı tekniklerin hesaplanmasına bir önceki bölümde yer verilmişti. MAPE (Mutlak Yüzde Hataların Ortalaması) ve ağıın başarıları değerlerine çizelgeler olarak yer verilmiş olup, başarı oranları bar grafikleri şeklinde çizdirilmiştir.

Çizelge 4.20. DBH-4 Yapay sinir ağlarının karakteristik empedans çıktılarındın MAPE değerleri ve ağıın başarıları

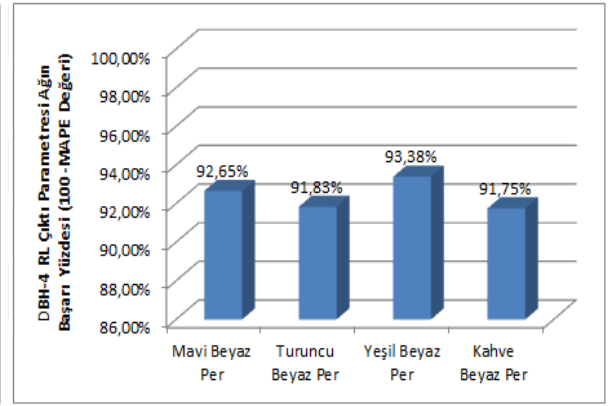
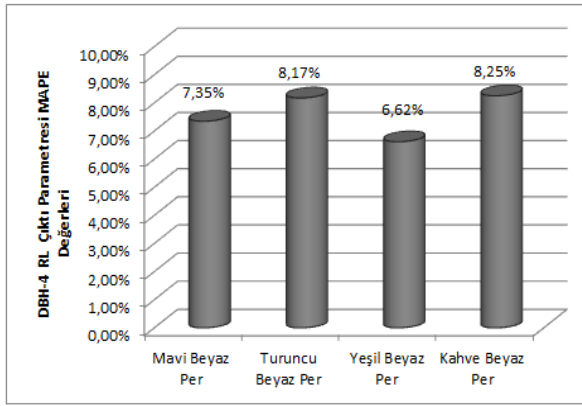
EMPEDANS (DBH-4 Makinesi)	Ağıın MAPE Değeri (%)	Ağıın Başarı Yüzdesi (%) (100-MAPE Değeri)
Mavi Beyaz Per	1,45%	98,55%
Turuncu Beyaz Per	1,24%	98,76%
Yeşil Beyaz Per	1,70%	98,30%
Kahve Beyaz Per	1,13%	98,87%



Şekil 4.36. DBH-4 Makinesi karakteristik empedans performans sütun grafikleri

Çizelge 4.21. DBH-4 Yapay sinir ağlarının RL çıktılarının MAPE değerleri ve ağıın başarısı

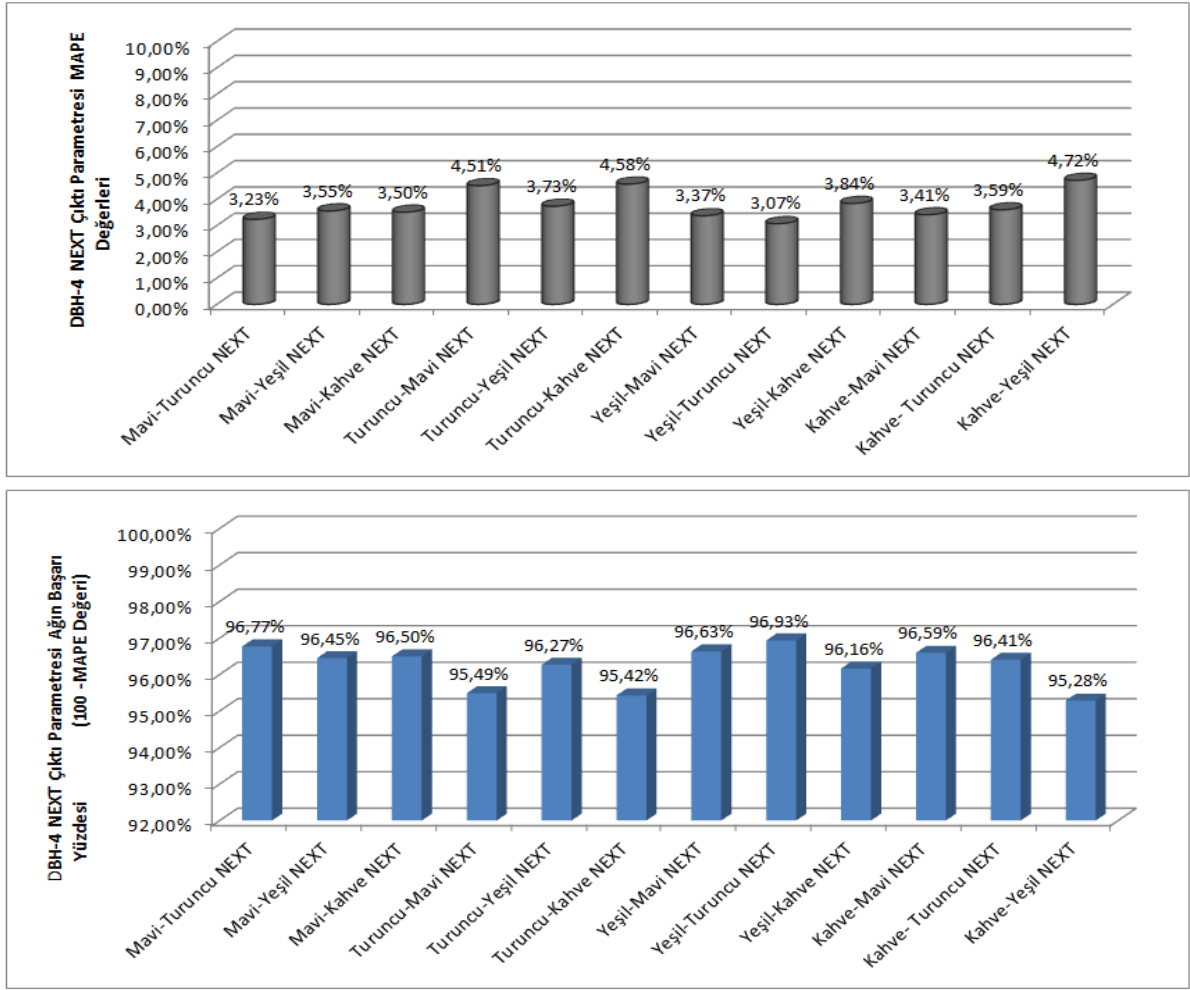
RL (DBH-4 Makinesi)	Ağıın MAPE Değeri (%)	Başarı Yüzdesi (%) (100-MAPE Değeri)
Mavi-Beyaz Per	7,35%	92,65%
Turuncu-Beyaz Per	8,17%	91,83%
Yeşil-Beyaz Per	6,62%	93,38%
Kahve-Beyaz Per	8,25%	91,75%



Şekil 4.37. DBH-4 Makinesi RL performans sütun grafikleri

Çizelge 4.22. DBH-4 Yapay sinir ağlarının NEXT çıktılarının MAPE değerleri ve ağı başarısı

NEXT (DBH-4 Makinesi)	Ağın MAPE Değeri (%)	Başarı Yüzdesi (%) (100-MAPE Değeri)
Mavi-Turuncu NEXT	3,23%	96,77%
Mavi-Yeşil NEXT	3,55%	96,45%
Mavi-Kahve NEXT	3,50%	96,50%
Turuncu-Mavi NEXT	4,51%	95,49%
Turuncu-Yeşil NEXT	3,73%	96,27%
Turuncu-Kahve NEXT	4,58%	95,42%
Yeşil-Mavi NEXT	3,37%	96,63%
Yeşil-Turuncu NEXT	3,07%	96,93%
Yeşil-Kahve NEXT	3,84%	96,16%
Kahve-Mavi NEXT	3,41%	96,59%
Kahve-Turuncu NEXT	3,59%	96,41%
Kahve-Yeşil NEXT	4,72%	95,28%



Şekil 4.38. DBH-4 Makinesi NEXT performans sütun grafikleri

Çizelge 4.23’de DBH-4 makinesi için Mavi karakteristik empedans çıktı parametresinin, target (gerçek değer), output (tahmin değeri), error (hata) ve her bir veri tahmininin hata yüzdelere yer verilmiştir. Her bir çıktı için bu değerler hesaplanmış olup, çok fazla veri olduğu için sadece mavi-beyaz per empedans çıktısına tezde yer verilmiştir. MAPE değeri %1.45 bulunmuştur.

Çizelge 4.23. DBH-4 makinesi mavi-beyaz per empedans target, output, hata ve hata yüzdeleri

DBH-4 Mavi Per Empedans Parametresinin Tahmin Değerleri ve Hata Yüzdeleri														
S.N	Target	Output	Error	Hata Yüzdesi	S.N	Target	Output	Error	Hata Yüzdesi	S.N	Target	Output	Error	Hata Yüzdesi
1	100,9	101,03119	-0,1311851	0,13%	34	100,5	100,91005	-0,41005414	0,41%	67	100,9	101,92587	-1,0258703	1,02%
2	102,2	101,07224	1,08776271	1,06%	35	99,94	99,76053	0,179469582	0,18%	68	100,91	101,50442	-0,5944182	0,59%
3	101,7	101,11427	0,60572701	0,60%	36	100,43	99,0569	1,373100392	1,37%	69	100,86	100,91325	-0,0532475	0,05%
4	101,8	101,2256	0,56439721	0,55%	37	103,01	101,72129	1,288712834	1,25%	70	97,83	98,660402	-0,8304021	0,85%
5	99,92	101,47421	-1,5542139	1,56%	38	100,43	101,69114	-1,26114153	1,26%	71	102,38	97,73574	4,64426029	4,54%
6	101,7	101,80761	-0,0976052	0,10%	39	99,88	101,65881	-1,7788081	1,78%	72	95,51	96,887947	-1,3779467	1,44%
7	99,77	103,08276	-3,3127551	3,32%	40	100,4	101,5667	-1,16669987	1,16%	73	107,84	105,16637	2,6736326	2,48%
8	102,3	102,22535	0,05465153	0,05%	41	102,51	101,33367	1,17633057	1,15%	74	105,28	105,09209	0,18791058	0,18%
9	99,95	99,999518	-0,0495176	0,05%	42	101,88	100,981	0,898999006	0,88%	75	101,87	105,0151	-3,1450952	3,09%
10	101	100,89138	0,14861732	0,15%	43	100,68	99,340722	1,339278363	1,33%	76	105,43	104,80749	0,62251004	0,59%
11	101,5	100,92271	0,61729099	0,61%	44	99,14	98,961533	0,178466801	0,18%	77	105,25	104,33298	0,91702158	0,87%
12	101,4	100,955	0,41499559	0,41%	45	96,05	99,180375	-3,13037514	3,26%	78	105,08	103,69617	1,38383187	1,32%
13	101,4	101,04151	0,35849368	0,35%	46	101,92	100,07633	1,843671588	1,81%	79	103,47	101,26371	2,20629415	2,13%
14	100,6	101,23932	-0,6893216	0,69%	47	99,11	100,09181	-0,98181282	0,99%	80	100,7	99,47991	1,22009023	1,21%
15	100,6	101,51592	-0,9659155	0,96%	48	100,6	100,10621	0,493791963	0,49%	81	98,1	97,981962	0,11803786	0,12%
16	98,17	102,96296	-4,7929628	4,88%	49	100,11	100,13748	-0,02748464	0,03%	82	105,36	102,3499	3,01010145	2,86%
17	107,2	103,37684	3,80315706	3,55%	50	100,97	100,17419	0,795806166	0,79%	83	103,68	102,2301	1,44989706	1,40%
18	102,1	102,09259	-0,012585	0,01%	51	101,88	100,15961	1,72039021	1,69%	84	102,36	102,11385	0,24614884	0,24%
19	110,3	106,41568	3,89432299	3,53%	52	100,87	99,231648	1,638352086	1,62%	85	105,27	101,83487	3,43513276	3,26%
20	106,2	106,44031	-0,2803074	0,26%	53	102,22	96,820585	5,399414502	5,28%	86	98,95	101,34061	-2,390606	2,42%
21	103,3	106,46388	-3,1338812	3,03%	54	94,37	94,807872	-0,43787218	0,46%	87	102,36	100,89064	1,46936293	1,44%
22	104,1	106,51906	-2,4590559	2,36%	55	104,78	100,28785	4,492148138	4,29%	88	100,01	100,63664	-0,6266401	0,63%
23	107,6	106,61132	0,94867831	0,88%	56	101,9	100,31344	1,586561433	1,56%	89	99,35	101,89967	-2,5496683	2,57%
24	107,3	106,68742	0,60257584	0,56%	57	100,69	100,33868	0,351320715	0,35%	90	105,74	102,1823	3,55770127	3,36%
25	104	106,60433	-2,5843311	2,48%	58	99,95	100,40127	-0,45127196	0,45%	91	106,92	104,84031	2,07968675	1,95%
26	106,5	105,88329	0,56671035	0,53%	59	98,67	100,5225	-1,85250085	1,88%	92	104,01	104,70246	-0,6924645	0,67%
27	110,9	105,44239	5,4576061	4,92%	60	101,44	100,65514	0,784861129	0,77%	93	101,27	104,56263	-3,2926323	3,25%
28	99,34	101,66832	-2,3283217	2,34%	61	100,15	100,9235	-0,77350225	0,77%	94	102,61	104,19987	-1,589865	1,55%
29	104,7	101,68431	2,995686	2,86%	62	99,99	99,843206	0,146793746	0,15%	95	101,62	103,43886	-1,8188618	1,79%
30	100,4	101,69835	-1,2783539	1,27%	63	99,42	98,501169	0,918830548	0,92%	96	101,56	102,54322	-0,9832224	0,97%
31	103,8	101,72528	2,06472461	1,99%	64	102,49	102,22835	0,261652105	0,26%	97	101,32	100,31236	1,00764058	0,99%
32	103,7	101,74123	1,99876852	1,93%	65	99,96	102,16719	-2,20719123	2,21%	98	99,89	100,29829	-0,4082932	0,41%
33	101,4	101,69142	-0,2814217	0,28%	66	101,22	102,10294	-0,88294261	0,87%	99	103,77	99,968497	3,80150341	3,66%

Ortalama 1,46%

Ortalama 1,27%

Ortalama 1,63%

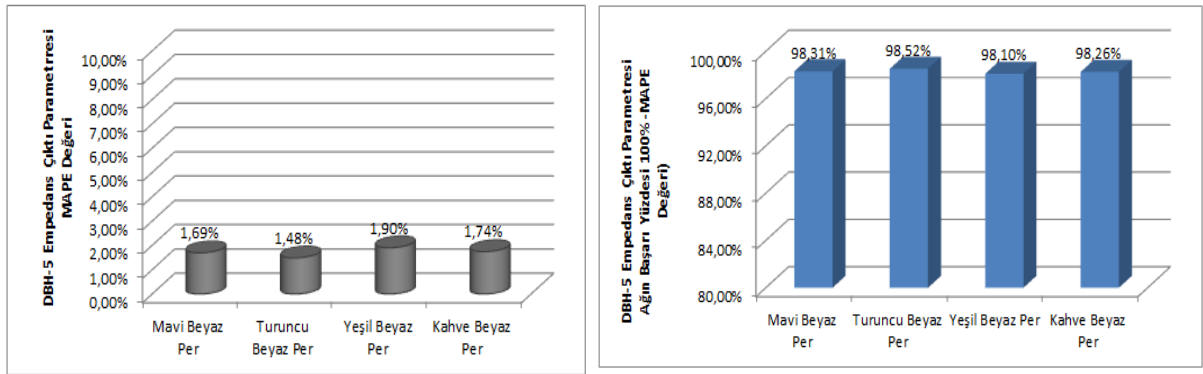
MAPE DEĞERİ 1,45%

4.5.2 DBH-5 makinesi eğitim sonuçları

Data Büküm Hattı-5/DBH-5 makinesi için, her bir çıkış değerinin YSA ile tahmini gerçekleşen verilerin, doğruluğunu ölçmede kullanıldığımız bazı tekniklerin hesaplanmasına bir önceki bölümde yer verilmiştir. MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata) ve ağırlık başarıları değerlerine çizelge olarak yer verilmiş olup, başarı oranları bar grafikleri şeklinde çizdirilmiştir.

Çizelge 4.24. DBH-5 Yapay sinir ağlarının karakteristik empedans çıktılarının MAPE değerleri ve ağıın başarısı

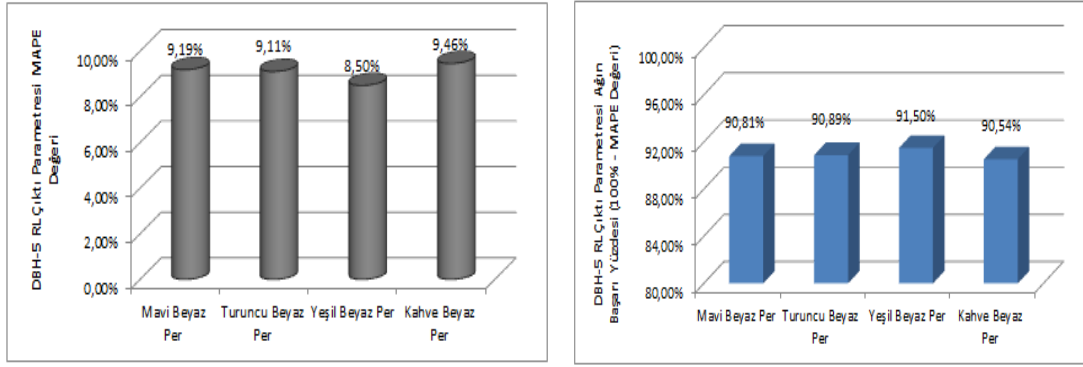
EMPEDANS (DBH-5 Makinesi)	Ağıın MAPE Değeri (%)	Başarı Yüzdesi (%) (100%-MAPE Değeri)
Mavi Beyaz Per	1,69%	98,31%
Turuncu Beyaz Per	1,48%	98,52%
Yeşil Beyaz Per	1,90%	98,10%
Kahve Beyaz Per	1,74%	98,26%



Şekil 4.39. DBH-5 Makinesi karakteristik empedans performans sütun grafikleri

Çizelge 4.25. DBH-5 Yapay sinir ağlarının RL çıktılarının MAPE değerleri ve ağıın başarısı

RL (DBH-5 Makinesi)	Ağıın MAPE Değeri (%)	Başarı Yüzdesi (%) (100%-MAPE Değeri)
Mavi Beyaz Per	9,19%	90,81%
Turuncu Beyaz Per	9,11%	90,89%
Yeşil Beyaz Per	8,50%	91,50%
Kahve Beyaz Per	9,46%	90,54%



Şekil 4.40. DBH-5 Makinesi RL performans sütun grafikleri

Çizelge 4.26. DBH-5 Yapay sinir ağlarının NEXT çıktıların MAPE değerleri ve ağırlık başarıları

NEXT (DBH-5 Makinesi)	Ağırlık MAPE Değeri (%)	Başarı Yüzdesi (%) (100%-MAPE Değeri)
Mavi-Turuncu NEXT	3,38%	96,62%
Mavi-Yeşil NEXT	3,92%	96,08%
Mavi-Kahve NEXT	4,22%	95,78%
Turuncu-Mavi NEXT	4,14%	95,86%
Turuncu-Yeşil NEXT	4,25%	95,75%
Turuncu-Kahve NEXT	3,94%	96,06%
Yeşil-Mavi NEXT	4,23%	95,77%
Yeşil-Turuncu NEXT	4,65%	95,35%
Yeşil-Kahve NEXT	3,68%	96,32%
Kahve-Mavi NEXT	3,81%	96,19%
Kahve- Turuncu NEXT	4,08%	95,92%
Kahve-Yeşil NEXT	4,24%	95,76%

Çizelge 4.27’de DBH-5 makinesi için mavi-beyaz per karakteristik empedans çıktı parametresinin, target (gerçek değer), output (tahmin değeri), error (hata) ve her bir veri tahmininin hata yüzdelere yer verilmiştir. Her bir çıktı için bu değerler hesaplanmış olup, çok fazla veri olduğu için sadece mavi-beyaz per empedans çıktısına tezdde yer verilmiştir. MAPE değeri %1.69 bulunmuştur.

Çizelge 4.27. DBH-5 Makinesi mavi-beyaz per empedans target, output, hata ve hata yüzdeleri

DBH-5 Mavi Per Empedans Parametresinin Tahmin Değerleri ve Hata Yüzdeleri																			
S.N	Target	Output	Error	Hata Yüzdesi	S.N	Target	Output	Error	Hata Yüzdesi	S.N	Target	Output	Error	Hata Yüzdesi					
1	105,95	102,0340256	3,915974363	3,70%	82	101,73	101,794164	-0,06416404	0,06%	163	99,86	100,3473076	-0,48730761	0,49%					
2	99,8	101,9023208	-2,10232083	2,11%	83	100,14	101,8084089	-1,66840886	1,67%	164	101,54	100,279565	1,260434952	1,24%					
3	100,47	101,7705828	-1,30058284	1,29%	84	102,9	101,8213955	1,07860447	1,05%	165	100,46	100,213182	0,246817974	0,25%					
4	100	101,435933	-1,43593301	1,44%	85	101,71	101,8490495	-0,13904955	0,14%	166	100,59	100,051985	0,538014995	0,53%					
5	100,24	100,7542856	-0,51428558	0,51%	86	100,43	101,8840874	-1,45408739	1,45%	167	101,23	99,76726262	1,462737382	1,44%					
6	99,37	99,9550046	-0,5850046	0,59%	87	101,17	101,8933817	-0,72338174	0,72%	168	100,77	99,53564154	1,234358464	1,22%					
7	96,29	97,46882038	-1,17882038	1,22%	88	101,16	101,6878878	-0,52788784	0,52%	169	99,37	99,85532183	-0,48532183	0,49%					
8	97,65	97,5219973	0,128002698	0,13%	89	101,17	101,4690731	-0,29907306	0,30%	170	96,97	100,0043315	-3,03433146	3,13%					
9	102,32	98,70800508	3,611994918	3,53%	90	102,7	101,8006147	0,899385338	0,88%	171	101,18	99,02084914	2,159150862	2,13%					
10	107,22	100,0847849	7,135215124	6,65%	91	103,68	100,5467634	3,133236628	3,02%	172	101,25	102,2868334	-1,03683342	1,02%					
11	102,46	100,2365454	2,223454567	2,17%	92	101,35	100,5529486	0,797051442	0,79%	173	102,86	102,3387795	0,521220507	0,51%					
12	101,68	100,3897167	1,290283326	1,27%	93	104,15	100,5593003	3,590699735	3,45%	174	104,18	102,3904971	1,789502938	1,72%					
13	102,01	100,7829352	1,227064816	1,20%	94	102,1	100,5761333	1,523866734	1,49%	175	102,13	102,5192444	-0,3892444	0,38%					
14	100,85	101,5836508	-0,73365078	0,73%	95	100,9	100,6132612	0,286738838	0,28%	176	101,9	102,7564472	-0,62683422	0,64%					
15	103,23	102,4697224	0,760277577	0,74%	96	100,71	100,6618717	0,048128317	0,05%	177	103,68	102,9564993	0,723500749	0,70%					
16	103,25	103,9815139	-0,73151389	0,71%	97	102,78	101,002179	1,777820999	1,73%	178	101,63	102,4892293	-0,85922929	0,85%					
17	98,81	102,7424652	-3,93246517	3,98%	98	100,84	102,4656197	-1,62561974	1,61%	179	98,42	101,0621317	-2,64213172	2,68%					
18	103,27	101,8222379	1,447762072	1,40%	99	105,46	104,7078832	0,7522116798	0,71%	180	101,29	99,92216549	1,367834513	1,35%					
19	101,08	102,687112	-1,60711201	1,59%	100	103,12	101,5157734	1,604226033	1,56%	181	101,66	102,2868334	-0,62683342	0,62%					
20	104,36	102,6570212	1,70297881	1,63%	101	100,3	101,4577997	-1,15779971	1,15%	182	102,1	102,3387795	-0,23877949	0,23%					
21	102,16	102,6251626	-0,46516263	0,46%	102	98,31	101,3972374	-3,08723743	3,14%	183	102,42	102,3904971	0,521220507	0,51%					
22	103,79	102,5365038	1,253496155	1,21%	103	99,52	101,2333124	-1,71331238	1,72%	184	103,59	102,5192444	1,070755596	1,03%					
23	101,79	102,329527	-0,53295269	0,52%	104	100,77	100,866687	-0,09668703	0,10%	185	104,26	102,7564472	1,503552773	1,44%					
24	101,33	102,0184952	-0,68849517	0,68%	105	100,88	100,4096297	0,470673039	0,47%	186	102,83	102,9564993	-0,12649925	0,12%					
25	98,08	100,5425787	-2,46257868	2,51%	106	99,68	99,06290223	0,617097774	0,62%	187	103,76	102,4892293	1,270770712	1,22%					
26	103,41	99,22603409	4,183965914	4,05%	107	99,4	98,36601804	1,033981961	1,04%	188	102,3	101,0621317	1,237868281	1,21%					
27	102,63	99,00939988	3,620600121	3,53%	108	97,96	97,46730749	0,492692505	0,50%	189	100,7	99,92216549	0,777834513	0,77%					
28	109,42	104,5348437	4,885156328	4,46%	109	104,29	102,4126568	1,877343219	1,80%	190	100,99	100,696436	0,293563972	0,29%					
29	105,49	104,4909526	0,999047422	0,95%	110	101,79	102,3892409	-0,59924092	0,59%	191	102,17	100,7542201	1,415779939	1,39%					
30	104,99	104,4463138	0,543686194	0,52%	111	101,09	102,36121	-1,27120997	1,26%	192	102,88	100,8137371	2,066262935	2,01%					
31	104,79	104,3293691	0,460630859	0,44%	112	103,32	102,2698085	1,050191516	1,02%	193	102,25	100,9717503	1,278249682	1,25%					
32	103,31	104,073695	-0,76369499	0,74%	113	104,42	101,9982461	2,421753876	2,32%	194	102,4	101,34714	1,085286028	1,06%					
33	103,08	103,741903	-0,66190329	0,64%	114	102,81	101,5440157	1,265984269	1,23%	195	101,74	101,7235212	0,016478787	0,02%					
34	107,02	102,6887945	4,33120552	4,05%	115	101,33	99,0951488	2,234851202	2,21%	196	101,19	102,4738251	-0,3782505	1,27%					
35	105,15	103,42272	1,722279962	1,64%	116	98,01	96,86881735	1,141182652	1,16%	197	106,36	101,4067966	4,953203383	4,66%					
36	100,57	103,6513816	-3,08138162	3,06%	117	105,55	95,24735739	10,30264261	9,76%	198	90,62	99,78828788	-9,17828788	10,12%					
37	107,84	103,7072728	4,13272725	3,83%	118	103,36	102,5092326	0,850763551	0,82%	199	107,58	102,1922126	5,387787407	5,01%					
38	103,76	103,6649266	0,095073432	0,09%	119	100,51	102,4943538	-1,98435377	1,97%	200	101,93	102,2609537	-0,33095374	0,32%					
39	103,24	103,6233318	-0,38333182	0,37%	120	101,75	102,4729506	-0,72295064	0,71%	201	103,92	102,3282773	1,591722719	1,53%					
40	102,93	103,521775	-0,59177497	0,57%	121	100,66	102,3892432	-1,72924323	1,72%	202	101,6	102,4910526	-0,89105261	0,88%					
41	105,04	103,340651	1,699348987	1,62%	122	104,78	102,0906324	2,689367638	2,57%	203	104,33	102,7713989	1,558601053	1,49%					
42	104,94	103,2008668	1,73913318	1,66%	123	101,98	101,5329942	0,44700581	0,44%	204	105,02	102,9770224	2,042977554	1,95%					
43	104,7	104,3603658	0,339634233	0,32%	124	101,44	98,30043568	3,139564325	3,09%	205	103,35	102,20869	1,141309998	1,10%					
44	108,37	107,4507241	0,919275932	0,85%	125	99,84	95,77613037	4,063869626	4,07%	206	100,37	100,4279554	-0,05795536	0,06%					
45	105,68	107,9370634	-2,25706343	2,14%	126	90,76	94,77200576	-4,01200576	4,42%	207	92,65	99,38670095	-6,73670095	7,27%					
46	106,78	100,2931666	6,486833186	6,07%	127	104,5	103,4050216	1,094978433	1,05%	208	106,01	103,8622692	2,147730824	2,03%					
47	103,27	100,2477471	3,022252943	2,93%	128	100,78	103,3984525	-2,61845246	2,60%	209	103,29	103,7508688	-0,46086881	0,45%					
48	101,47	100,2019748	1,268025205	1,25%	129	102,06	103,3905247	-1,3305247	1,30%	210	102,01	103,635458	-1,62545801	1,59%					
49	102,98	100,084666	2,895333996	2,81%	130	103,21	103,363963	-0,15396305	0,15%	211	102,32	103,3245225	-1,0045225	0,98%					
50	104,18	99,84563875	4,334361247	4,16%	131	102,83	103,2779106	-0,44791077	0,44%	212	103,65	102,6130105	1,036989479	1,00%					
51	99,01	99,57896579	-0,56896579	0,57%	132	102,95	103,1104417	-0,16044171	0,16%	213	102,66	101,6342551	1,016744904	0,99%					
52	100,69	99,25399001	1,436009987	1,43%	133	102,92	101,6723396	1,247660393	1,21%	214	99,39	97,10152	2,288480004	2,30%					
53	98,44	100,6378845	-2,19788452	2,23%	134	101,36	99,0111081	2,348891898	2,32%	215	98,18	92,866489	5,313511001	5,41%					
54	102,76	101,5465691	1,213430891	1,18%	135	106,37	96,20639845	10,16360155	9,55%	216	91,26	90,44990588	0,810094118	0,89%					
55	100,73	101,6371281	-0,90712811	0,90%	136	103,85	101,6184114	2,231588648	2,15%	217	105,78	101,2153309	4,564669118	4,32%					
56	102,97	101,592784	1,37721602	1,34%	137	100,3	101,560682	-1,26068198	1,26%	218	102,05	101,2921504	0,757849556	0,74%					
57	101,93	101,547553	0,382447018	0,38%	138	105,23	101,502832	3,727168042	3,54%	219	100,52	101,3706535	-0,85065347	0,85%					
58	102,28	101,4290128	0,850987201	0,83%	139	98,99	101,3562404	-2,36624043	2,39%	220	102,37	101,5760585	0,793941506	0,78%					
59	101,45	101,1737881	0,276211854	0,27%	140	104	101,0671539	2,932846062	2,82%	221	102,78	102,0070312	0,772968768	0,75%					
60	100,97	100,856709	0,113290971	0,11%	141	101,04	100,7699055	0,270094482	0,27%	222	102,99	102,4932387	0,496761297	0,48%					
61	102,25	99,78883318	2,461166817	2,41%	142	96,56	100,8340225	-4,27402254	4,43%	223	103,56	103,2207665	0,339233497	0,33%					
62	96,41	100,0677721	-3,65777213	3,79%	143	105,77	101,8210776	3,948922406	3,73%	224	99,7	102,3325306	-2,63253063	2,64%					
63	102,67	101,1971867	1,472813326	1,43%	144	103,33	101,1005738	2,229426183	2,16%	225	110,22	101,2882433	8,931756681	8,10%					
64	101,14	103,461468	-2,32146804	2,30%	145	105,12	101,1419733	3,978026665	3,78%	226	107,19	100,8971037	6,292896265	5,87%					
65	104,21	103,4205964	0,789403606	0,76%	146	102,01	101,1701423	0,839857692	0,82%	227	102,98	100,9460521	2,033947873	1,98%					
66	103,78	103,3785429	0,401457067	0,39%	147	100,1	101,1999896	-1,09998961	1,10%	228	101,25	100,9982733	0,251726734	0,25%					
67	102,05	103,266427																	

5. SONUÇLAR

Haberleşme Kablolarından CAT 6A U/FTP kablolarının üretim süreci karmaşık bir işlemdir. Kullanışlı üretim modelleri olmadan kablo parametrelerini tahmin etmek zordur. Bu çalışmada, üretim süreci boyunca girdi parametreleri olarak düşük frekans test parametreleri, bazı büküm makinesi üretim ve ayar parametreleri kullanılarak CAT 6A U/FTP veri kablosu yüksek frekans parametrelerinin tahmininde YSA modelinin kullanılabileceği gösterilmiştir. Sınırlı sayıda eğitim verisi kullanılmasına rağmen, YSA, karakteristik empedans için deneysel sonuçlarla neredeyse aynı sonuçlar verebileceğini göstermiştir. YSA Geri dönüş kaybı RL ve NEXT değerleri için karakteristik empedans için yaptığı gibi hassas bir tahmin yapamamıştır. YSA'yı eğitmek için yeterli miktarda veri kullanılırsa YSA'nın daha iyi performans göstermesi beklenilebilir. Ayrıca bu çalışmada, YSA performansının kullanılan makineye de bağlı olduğunu bulunmuştur. Kullanılan makine DBH-4'ün tahmin hatası, makine DBH-5'ten daha azdır. Karakteristik empedans için en yüksek hata, makine DBH-4 için % 5,33 ve makine DBH-5 için % 13 olarak bulunmuştur. Geri dönüş kaybı için en yüksek hatanın makine DBH-4 için % 14 ve makine DBH-5 için % 30 olduğu bulunmuştur. Bu aynı zamanda, DBH-4 makinasının, DBH-5 makinasından daha güvenilir olduğunu da göstermektedir. Konvolüsyonel sinir ağları ya da Derin Öğrenme kullanılırsa daha iyi sonuçlar elde edilmesi beklenebilir. Bu çalışmada elde edilen tecrübe ışığında, CAT6A veri kablolarının modellenmesinde ANN kullanılması, yalnızca bu kabloların değil diğer kabloların da tasarım ve üretim işlemlerinde yeni fırsatlar sunacağı aşîkârdır. Burada kazanılan deneyim, yeni kablolar tasarlamak veya yeni kabloların tasarım sürecini hızlandırmak, için de kullanılabilir. YSA'lar ayrıca imalat sisteminin donanımsal ve/veya yazılımsal bir parçası yapılarak, üretilen kablonun kullanılıp kullanılamayacağını veya kullanılabilirliğini sınıflandırmak için kullanılabilir. Yüksek frekanslarda ölçülen kablo parametrelerini, verilen giriş parametreleriyle tahmin edebilen bir yapay sinir ağı geliştirmek ve eğitmek oldukça kolaydır. Kablo parametrelerinin tahminindeki hata Ortalama Mutlak Yüzde Hatasının (MAPE) en kötü değeri, DBH-4 makinesi empedans parametresi için % 1,70; RL çıkış parametresi için % 8,25; NEXT çıkış parametresi için bu değer % 4,72 olarak bulunmuştur. Kablo parametrelerinin tahminindeki hata Ortalama Mutlak Yüzde Hatasının (MAPE) en kötü değeri, DBH-5 makinesi empedans parametresi için % 1,90; RL çıkış parametresi için % 9,46; NEXT çıkış parametresi için bu değer % 4,65 olarak bulunmuştur.

DBH-5 makinesi yapı bakımından üçlü büküm (Triple Twist) iken; DBH-4 makinesi ikili büküm (Double Twist) yapısına sahiptir. Üçlü büküm makinelerinde her bir izole makarasının back twist motorları ayrıdır. Bu nedenle izolelerin makine içerisinde izledikleri yol ikili büküm tipine göre daha fazladır. İkili büküm makinesi tipinde ise bu olay iki makara arasında tek back twist motoru ile çalışmaktadır. Bunların çıkışında bulunan Capstan Motor bölümü, üçlü büküm tipinde iki izolenin per olmuş halini çekerken, double bükümde her bir izolenin Capstan Motor bölümü ayrıdır. Üçlü bükümde tek Capstan ile çekilen perler için, izolelere farklı gerginlikte olabilmektedir. Bu duruma müdahale edilemediğinden, kablo parametrelerinde değişkenliğe neden olabilmektedir. DBH-4 ve DBH-5 makinelerinin YSA modellerinin sonuçları karşılaştırıldığında, DBH-4 makinesinin verdiği hatalar daha düşük çıkmıştır. Bu üçlü büküm makinelerinde karşılaşılan farklı gerginlikten dolayı DBH-5 makinelerinde üretilen kablo parametrelerinin daha az başarımla tahmin edilebilmesini sağlamaktadır. Bu tezde toplanılan veriler aynı zamanda ikili büküm makinesinin üçlü büküm makinesine göre üretim sonuçlarının daha kolay tahmin edilebilir ya da daha iyi bir makine olduğunu göstermektedir. DBH-5 makinesinin YSA ile parametre tahmininde başarımın artması isteniyorsa daha fazla giriş ağı beslenebilir. Örneğin bu izolelerde karşılaşılan farklı gerginlikler ya da onların zamanla değişimi sisteme ilave bir giriş olarak girilebilir. Ama bunu yapmak için sisteme ilave sensörlerin eklenilmesi gerekebilir. Bu sensörlerin yerleşimi, maliyet ve zaman gerektirdiğinden ve üretimin durması manasına gelebileceğinden dolayı üretici firma(lar) tarafından çok fazla tercih edilmeyebilir bir yöntemdir. Bu çalışma her ne kadar CAT 6A U/FTP kablosu elektriksel performansı tahmini üzerine de olsa da, farklı makineler için elde edilen sonuçlar Yapay Sinir Ağları kullanarak üretim yapılan makine performanslarının da birbirleri ile karşılaştırılabileceğini, bu ağların performans karşılaştırması için de bir metot olabileceğini ortaya çıkarmıştır.

Tahmin edilecek her bir çıkış parametresi için bu çalışmada YSA ağlarının eğitiminde giriş olarak, 24 farklı değişken kullanılmıştır. Tüm ağ giriş ya da üretim değişkenlerinin aynı anda bu seçilen tek çıkış parametresine etkisi olmadığı da söylenilebilir. Hatta alınan girişler arasında, ağın çıkışında bozucu etkiye neden olan parametreler de olabilir.

Gelecekte yapılabilecek çalışmalarda, modelde kullanılan giriş parametrelerinin kombinasyonları, bu tezde ihmal edilen izolasyon, kılıf gibi proses etkilerini içeren farklı YSA yapısında yüksek frekans test parametrelerinin tahmini yapılabilir. Bunlara ilave olarak, tez çalışmasında kullanılan verilerin iki farklı büküm makinesine ait olması ve YSA eğitimlerinin ayrı ayrı yapılmış olması CAT 6A U/FTP data kablosu tipi için makine performanslarının

karşılaştırılabilir olmasına olanak sağlamıştır. Bu ürünün üretiminde makine büküm tipinin etkisi de görülmüştür/incelenebilmiştir. Bu tahminler doğrultusunda üretim ve planlama anlamında, ileriye yönelik yatırım anlamında karar alma ve satın alma çalışmalarında yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca YSA sistem(ler)inin bu şekildeki üretim süreçlerine eklenmesi, üretilen parametrelere bakarak üretim yapılan makinanın bozulup bozulmadığının, ayarlarının kayıp kaymadığının kontrolüne imkân sağlamak olacaktır. Böylece bozuk ya da standart dışı üretim yapılmasının önüne geçilebilir.



6. KAYNAKLAR

- Anonim (2019). MSE, RMSE, MAE, MAPE ve Diğer Metrikler.
<https://veribilimcisi.com/2017/07/14/mse-rmse-mae-mape-metrikleri-nedir/> Erişim Tarihi: 10.04.2019.
- Anonim. 3 Katmanlı Fiziksel İzolasyon. 3eelectrotech.
<http://www.3eelectrotech.com.tr/uncategorized/3-katmanly-fiziksel-yzolasyon/> Erişim Tarihi: 27.02.2019.
- Anonim. Denetleyici ve Düzenleyici Sistem. Biyoloji Portalı.
<http://www.biyolojiportalı.com/konu-anlatimi/9/14/Sinir-Sisteminin-Yapi-Gorev-ve-Isleyisi-Sinir-Sistemi-1> Erişim Tarihi: 18.12.2018.
- Akkurt A (2005). Yapay Sinir Ağları ve Türkiye Elektrik Tüketimi Tahmin Modeli. Y.Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Andersen K, Cook GE, Karsai G, Ramaswamy K (1990). Artificial Neural Networks Applied to Arc Welding Process Modeling and Control. IEEE Transactions on Industry Applications, 26(5): 824-830.
- Atalay G, Kaya E, Vergili L, Çelebi S (2015). Yapay Sinir Ağları. SlidePlayer,
<https://slideplayer.biz.tr/slide/3202032/> Erişim Tarihi: 12.12.2018.
- Belkhef S, Lefouili M, Drissi KEK (2015). Frequency Domain Analysis of EM Crosstalk Problem In A Quad By The Equivalent Cable Bundle Method Among Twisted-Wire Pairs Cable Bundle. IEEE Transactions on Magnetics, 51(11): 1-4.
- Bose NK, Liang P (1996). Neural Network Fundamentals With Graphs, Algorithms, and Applications. McGraw-Hill, 478p, Michigan, ABD.
- Brasquet C, Le Cloirec P (2000). Pressure Drop Through Textile Fabrics—Experimental Data Modelling Using Classical Models and Neural Networks. Chemical Engineering Science, 55(15): 2767-2778.
- Buccella C, Feliziani M, Manzi G (2007). Three-Dimensional, Approach to Model Twisted Wire Pair Cables. IEEE Transactions on Magnetics, 43(4):1373-1376.
- Cecchi V, Leger AS, Miu K, Nwankpa CO (2011). Incorporating Temperature Variations Into Transmission-Line Models. IEEE Transactions on Power Delivery, 26(4): 2189-2196.
- Celozzi S, Feliziani M (1990). EMP-Coupling to Twisted-Wire Cables. In IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 10.1109 : 85-89.
- Chauhan N, Yadav N, Arya N (2018). Applications of Artificial Neural Network in Textiles. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 7(4): 3134-3143.
- Chen WY (1998). DSL: Simulation Techniques and Standards Development for Digital Subscriber Lines. In: Macmillan Technology Series, Macmillan Technical Publishing, Indianapolis. Macmillan Technical Pub, 400 p.
- Cho HS, Leu MC (1998). U. Artificial Neural Networks in Manufacturing Processes Monitoring and Control. Newlersey Instituteof Technology.
- Çuhadar M, Kayacan C (2005). Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme. Turizm Araştırmaları Dergisi, 16(1):24-30.
- De Araujo DN, Pitner G, Commens M, Mutnury B, Diepenbrock J (2008). Full-Wave,

- TwinAx, Differential Cable Modeling. In 2008 58th Electronic Components and Technology Conference: 1684-1689.
- Dede G (2008). Yapay Sinir Ağları ile Konuşma Tanıma. Y. Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Devabhaktuni VK, Chattaraj B, Yagoub MC, Zhang QJ (2003). Advanced Microwave Modeling Framework Exploiting Automatic Model Generation, Knowledge Neural Networks and Space Mapping. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 51(7): 1822-1833.
- Dhingra AK, Rao SS (1992). A Neural Network Based Approach to Mechanical Design Optimization. Engineering Optimization, 20(3):187-203.
- Diakun PC, Derewiany CF (1993). Magnetic Field Shielding Effectiveness of a High-Permeability Shield on Twisted Pair and Coaxial Cables. In 1993 International Symposium on Electromagnetic Compatibility: 170-175.
- Elmas Ç (2010). Yapay Sinir Ağları. SeçkinYayıncılık, Ankara.
- Ersoy E, Karal Ö (2012). Yapay Sinir Ağları ve İnsan Beyni. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 1(2): 188-205.
- Gacemi A, Boudour M (2011). Power Transmission Line Modeling Using Artificial Networks In Presence of Non Fundamental Frequency. Journal of Electrical Engineering, 2(11).
- Gacemi A, Boudour M (2012). Modeling of Overhead Line and Underground Cables for Harmonic Analysis Using Artificial Networks in Presence of Non Fundamental Frequency. Journal of Electrical and Control Engineering (JECE), 2(3): 24-25.
- Garrett JH, Case MP, Hall JW, Yerramareddy S, Herman A, Sun Ruofei (1993). Engineering Applications of Neural Networks. Journal of Intelligent Manufacturing, 4: 1-7.
- Google. "Reçber Kablo Datasheet." 2019. <https://www.recber.com.tr>
- Göktürk (2018). Ethernet Kablosu Çeşitleri ve Farklılıkları / Özellikleri. Teknoloji6, <https://www.teknoloji6.com/ethernet-kablosu-cesitleri-ve-farkliliklari-ozellikleri-42690/> Erişim Tarihi: 20.03.2019.
- Güzel Y (2018). Yapay Zeka Ders Notları 04 | Yapay Sinir Ağlarının Yapısı. Medium. <https://medium.com/@yasinguzel/yapay-zeka-ders-notlar%C4%B1-04-yapay-sinir-a%C4%9Flar%C4%B1n%C4%B1n-yap%C4%B1s%C4%B1-6b9bfc3004bf> Erişim Tarihi: 17.12.2018.
- Hassoun F, Tarafi R, Zeddami A (2006). Calculation of Per-Unit-Length Parameters for Shielded and Unshielded Twisted Pair Cables. In 2006 17th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility: 250-253.
- Haykin S (2004). A Comprehensive Foundation. Neural Networks. Second Edition, 842p, Michigan, ABD.
- Hoshmeh A, Schmidt U (2017). A Full Frequency-Dependent Cable Model For The Calculation of Fast Transients. Energies, 10(8): 1158.
- Huang CW, Smith CE, Elsherbeni AZ, Hammond BH (2000). A Novel Simplified Four-Port Scattering Parameter Model for Design of Four-Pair Twisted-Pair Cabling Systems for Local Area Networks. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 48(5): 815-821.

- Huss S, Bennett J (2001). An Efficient Model for Twisted-Pair Cables with Discontinuities and Stubs for Discrete Time Simulations. ISCAS 2001. The 2001 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 4: 254-257.
- Im GH, Werner J (1993). Bandwidth-Efficient Digital Transmission up to 155 Mb/s Over Unshielded Twisted Pair Wiring. In Proceedings of ICC'93-IEEE International Conference on Communications. 3: 1797-1803.
- Jobava R, Diaz L, Karkashadze D, Bogdanov F, Yavolovskaya E, Gheonjian A, Losava S (2005). Development of Simulation Model for Shielded Twisted Pair Cables in EMC Immunity Problems. In Proceedings of Xth International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory : 84-89.
- Joffe EB, Axelrod A (1994). On the Benefits (if any) of Pair Twisting in Reducing Radiated Emissions from Two-Wire Cables. In Proceedings of IEEE Symposium on Electromagnetic Compatibility: 474-478.
- Kakıcı A (2017). Yapay Sinir Ağlarının Mimarisi ve Yapı Elemanları. YapayZekaAl. <https://yapayzeka.ai/yapay-sinir-aglarinin-mimarisi-ve-yapi-elemanlari-2/> Erişim Tarihi: 10.12.2018
- Khayyat HA (2018). ANN Based Intelligent Mechanical Engineering Design. Indian Journal of Science and Technology, 11(27):1-7.
- Kirawanich P, Islam NE, Yakura SJ (2006). An Electromagnetic Topology Approach: Crosstalk Characterizations of the Unshielded Twisted-Pair Cable. Progress In Electromagnetics Research, 58: 285-299.
- Komisarek KS, Chamerberlin KA, Sivaprasad K (1993). A Method of Moment Analysis of a Twisted-Pair Transmission Line. In Proceedings of IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium: 64-67.
- Kumar A, Chauhan V, Bist AS (2013). Role of Artificial Neural Network in Welding Technology: A Survey. International Journal of Computer Applications network, 67(1): 32-37.
- Lafata P, Vodrazka J (2009). Modeling of Transmission Functions and Crosstalk in Metallic Cables for Implementation of MIMO Concept. Radioengineering, 18(4): 491-496.
- Lafata P (2013). Realistic Modeling of Far-End Crosstalk in Metallic Cables. IEEE Communications Letters, 17(3): 435-438.
- Lafata P (2015). Simple Attenuation Models of Metallic Cables Suitable for G. fast Frequencies. Advances in Electrical and Electronic Engineering, 13(2): 147-155.
- Levin BM (2007). Calculation of Crosstalks in Multiple-Conductor Cables. In 2007 IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnects: 198-201.
- Lewis CD (1982). Industrial and Business Forecasting Methods. Londra: Butterworths Publishing.
- Liang G, Liu X (2015). A Reduction Algorithm for Fractional Order Transmission Line Modeling with Skin Effect. International Journal of u-and e-Service, Science and Technology, 8(1): 239-250.
- Li-gang R, Li W (2010). A Transmission Line Model for Prediction of Crosstalk Involving Three-Core Twisted Cables. In 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering: 3241-3244.

- Liu X. (2006). Low Pressure Partial Discharge Investigation With FEM Modeling for a Twisted Pair of Insulated Conductors. In 2006 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena: 611-614.
- Liu Y (2015). The Review of Intelligent Mechanical Engineering Based on Artificial Neural Network. 2015 International Conference on Intelligent Systems Research and Mechatronics Engineering, 1969-1973, China.
- Monostori L, Prohaszka J (1993). A Step Towards Intelligent Manufacturing: Modelling and Monitoring of Manufacturing Processes Through Artificial Neural Networks. CIRP Annals- Manufacturing Technology, 42(1): 485-488.
- Musa MAF, Zamani NS, Asrokin A, Hashim N, Said WWM, Abidin AZ (2015). FEXT and NEXT Analysis for VDSL2 Technology on 50 Twisted Pairs TM Copper Cable. In Communications (MICC), 2015 IEEE 12th Malaysia International Conference on: 175-180.
- MUTLU K, Dizman K (2017). LAN Kablosu Kalite Kriterleri. Voltimum, <https://www.voltimum.com.tr/haberler/lan-kablosu-kalite-kriterleri> Erişim Tarihi: 24.01.2019.
- Nagesh DS, Datta GL (2002). Prediction of Weld Bead Geometry and Penetration in Shielded Metal-Arc Welding Using Artificial Neural Networks. Journal of Materials Processing Technology, 123(2):303–312.
- Nasouri K, Bahrambeygi H, Rabbi A, Shoushtari AM, Kafrou A (2012). Modeling and of Electrospun PAN Nanofiber Diameter Using Response Surface Methodology and Artificial Neural Networks. Journal of Applied Polymer Science, 126(1):127-135.
- Nevosad M, Lafata P, Jares P (2013). Modeling of Telecommunication Cables for Gigabit DSL Application. Advances in Electrical and Electronic Engineering, 11(5): 336-341.
- Nevosad M, Lafata P (2016). Modelling of Propagation Constant of Twisted Pairs and Its Temperature Dependence at G. fast Frequencies. Elektronika ir Elektrotechnika, 22(2), 107-113.
- Öğücü MO (2006). Yapay Sinir Ağları ile Sistem Tanıma. Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Park SW, Hwang YG, Kang BC, Yeo SW (2000). Applying Fuzzy Logic and Neural Networks to Total Hand Evaluation of Knitted Fabrics. Textile Research Journal, 70(8): 675-681.
- Pignari SA, Spadacini G (2011). Plane-Wave Coupling to a Twisted-Wire Pair Above Ground. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 53(2):508-523.
- Piper GR, Prata A (1996). Magnetic Flux Density Produced by Finite-Length Twisted-Wire Pairs. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 38(1): 84-92.
- Poltz J, Gleich D, Josefsson M, Lindstrom M (2000). Electromagnetic Modeling of Twisted Pair Cables. Proceedings of the 49th International Wire and Cable Symposium: 121-128.
- Rajagopalan R, Rajagopalan P (1996). Applications of Neural Network in Manufacturing. Proceedings of the 29th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 1060-3425/96: 447-453.
- Rayas-Sánchez JE (2004). EM-Based Optimization of Microwave Circuits Using Artificial

- Neural Networks: The State-of-the-Art. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 52(1):420-435.
- Roden JA, Gedney S D, Paul CR (1996). A Rigorous Analysis of Twisted Pair Transmission Lines Using Non-Orthogonal FDTD and the PML Absorbing Boundary Condition.
- Shang Y, Fei W, Yu H (2013). A Fractional-Order RLGC Model for Terahertz Transmission Line. In 2013 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest (MTT), 978-1-4673-5225-3/14: 1-3.
- Shao J, Nitta S, Mutoh A (1999). Study on the Influence of Ground on Crosstalk Reduction Characteristics of Twisted-Pair-Wire. The Case of Capacitive Coupling. In 1999 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 99EX14: 730-733.
- Smail MK, Bihan YL, Pichon L (2012). Diagnosis of Transmission Lines Using Neural Networks and Principal Component Analysis, *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, IJAEM, 39(1): 435-441.
- Spadacini G, Grassi F, Marliani F, Pignari SA (2014). Transmission-Line Model for Field-to-Wire Coupling in Bundles of Twisted-Wire Pairs Above Ground. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 56(6): 1682-1690.
- Strobel R, Stolle R, Utschick W (2013). Wideband Modeling of Twisted-Pair Cables for MIMO Applications. In 2013 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) : 2828-2833.
- Tatematsu A, Rachidi F, Rubinstein M (2017). A Technique for Calculating Voltages Induced on Twisted-Wire Pairs Using the FDTD Method. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 59(1): 301-304.
- Tehran MA, Maleki M. (2011). Artificial Neural Network Prosperities in Textile Applications. *Artificial Neural Networks-Industrial and Control Engineering Applications*, 10.5772/16095:35-64.
- Umek A (2000). Modeling the Structural Return Loss in Twisted Pair Cables. In 2000 10th Mediterranean Electrotechnical Conference. Information Technology and Electrotechnology for the Mediterranean Countries. Proceedings, 1: 173-176.
- Uslu M (2016). Yapay Sinir Ağları (YSA) Nedir. Kod5, <http://kod5.org/yapay-sinir-aglari-ysa-nedir/> Erişim Tarihi:17.12.2018.
- Witt SF, Witt CA (1992). Modeling and Forecasting Demand in Tourism. Londra: Academic Press.
- Yaşar M (2004). Günlük Akışlardaki Boşlukların Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tamamlanması. Y. Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yan L, Zhu Y, Xu J, Ren W, Wang Q, Sun Z (2014). Transmission Lines Modeling Method Based on Fractional Order Calculus Theory. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 29: 260-268.
- Xu J, Yagoub MC, Ding R, Zhang QJ (2002). Neural-Based Dynamic Modeling of Nonlinear Microwave Circuits. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 50(12): 2769-2780.

ÖZGEÇMİŞ

24 Eylül 1990'da Burdur'da doğdu. İki kardeşten küçüğüdür. Şeker İlkokulunda, ilkokul eğitimini almıştır. Ortaokulu, Bahçelievler İlköğretim okulunda tamamlayıp, 2005 yılında Burdur Anadolu Lisesini kazanmıştır. Lise öğreniminin ardından, 2010 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği bölümünü kazanmıştır. Lisans eğitimi sırasında zorunlu stajlarını Türksat Uydu Haberleşme Müdürlüğü'nde ve Lila Kağıt firmasında tamamlamıştır. 2014 yılında Lisans eğitimini, 3.10 not ortalaması ile tamamlamıştır. Lisans boyunca almış olduğu dersler arasında mikrodalga ve lojik devreler favori dersleri olmuştur.

Reçber Kablo şirketinde Kalite Mühendisi pozisyonunda 4 yıldır görevini sürdürmektedir. 2015 yılı güz döneminde Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Yüksek Lisans bölümünü kazanmış olup, halen öğrencidir. Aynı zamanda Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi; Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri dördüncü sınıf öğrencisidir. Yürüyüş yapmayı, bisiklet binmeyi ve seyahat etmeyi sever. Sudoku çözme üzerine kitaplar bitirmiş olup, hobileri arasında sayılabilir.