



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ARIZA TÜRÜ
BELİRLEME

Melike DEMİRÖZ

YÜKSEK LİSANS

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Melike Demiröz tarafından hazırlanan “Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Yapay Sinir Ağları İle Arıza Türü Belirleme” adlı tez çalışması 15/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKYA

.....

Danışman

Doç. Dr. Bahadır AKBAL

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin ÇEVİK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Melike DEMİRÖZ
15-09-2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ARIZA TÜRÜ BELİRLEME

Melike DEMİRÖZ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bahadır AKBAL

2022, 69 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
Doç. Dr. Bahadır AKBAL
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin ÇEVİK

Elektrik tesislerinde arıza tespiti, enerji sürekliliği ve sistemin karalı çalışması açısından önemlidir. Bu çalışmada dört farklı elektrik dağıtım hattında oluşmuş gerçek kısa devre arızaların türünün belirlenebilmesi için yapay sinir ağları kullanılmıştır. Bu dört farklı elektrik dağıtım hattı, yeraltı kablolu ve havai hatlarının birlikte kullanıldığı karma dağıtım hatlarıdır. Bu elektrik dağıtım hatlarında meydana gelen arıza verileri yapay sinir ağlarında çeşitli sınıflandırma algoritmaları ve eğitim algoritmaları ile kullanılarak arıza türlerinin tahmini yapılmış ve elde edilen doğruluk oranları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Üç farklı ağ ve eğitim algoritmaları başarı oranları karşılaştırılmıştır. Kullanılan ağ tipleri, İleri Beslemeli Geri Yayılım ağ tipi, Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı ağ tipi, Elman Geri Beslemeli ağ tipi şeklindedir. Eğitim algoritmaları ise Levenberg-Marquardt (LM), Conjugate Gradient with Powell/Beale Restarts (CGB), One Step Secant (OSS), Variable Learning Rate Backpropagation (GDX), Gradient Descent with momentum (GDM), Scaled Conjugate Gradient (SCG), ve NRP (Resilient backpropagation) şeklindedir. Bu çalışmada ileri beslemeli geri yayılım ağ tipinin daha başarılı sonuç verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arıza Tipi Belirleme, Dağıtım Hatları, Sınıflandırma, Yapay Sinir Ağları,

ABSTRACT

MS THESIS

**DETERMINATION OF FAULT LOCATION AND TYPE WITH EXPERT
SYSTEMS IN ELECTRICITY DISTRIBUTION SYSTEMS**

Melike DEMİRÖZ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical-Electronics Engineering**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Bahadır AKBAL

2022, 69 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

Assoc. Prof. Dr. Bahadır AKBAL

Asst. Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÇEVİK

In the decline in electrical events, the energy-related and stable event is important. In this study, artificial neural networks are used to select real short circuits in four different electrical designs. These four different classes of power lines, reference and overhead are mixed lines. Insufficient calculations and training results of the deficiencies in the images consisting of malfunctions that occur in the small of this electricity, as well thought and old model computational from insufficient predictions. The three networks and their trainings differ in their success. The network type used is Feed Forward Back Propagation network type, Cascade Connected Feed Forward Back Propagation network type, Elman Feedback network type. His trainings are Levenberg-Marquardt (LM), Powell/Beale Restarts with Conjugate Gradient (CGB), One Step Secant (OSS), Variable Learning Rate Backpropagation (GDX), Momentum Gradient Descent (GDM), Scaled Conjugate Gradient (SCG), and NRP (Resilient backpropagation). This training fed back propagation network type gave more successful results.

Keywords: Artificial Neural Networks, Classification, Distribution Lines, Fault Type Determination,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde değerli bilgi ve birikimiyle beni yönlendiren, tezimin her aşamasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Bahadır Akbal'a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bugünlere gelmemde maddi manevi desteklerini esirgemeyen, akademik kariyere yönelmemde değerli katkıları olan babam ve anneme teşekkür ederim.

Melike DEMİRÖZ
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Elektrik İletim Hatları Üzerine Yapılan Çalışmalar	3
2.2. Elektrik Dağıtım Hatları Üzerine Yapılan Çalışmalar	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Arıza Türleri	8
3.1.1. Açık Devre Arızaları.....	8
3.1.2. Kısa Devre Arızaları	9
3.2 Arıza Nedenleri.....	11
3.3 Yapay Sinir Ağı	12
3.4 Yapay Sinir Ağ Modellemesi	13
3.5 Yapay Sinir Ağları Aktivasyon Fonksiyonları	14
3.5.1. Lineer Fonksiyonu	15
3.5.2. Basamak Fonksiyonu	15
3.5.3. Sigmoid Fonksiyonu	16
3.5.4. Tanjant hiperbolik fonksiyonu.....	16
3.5.5. ReLU (Rectified Linear Unit) fonksiyonu.....	17
3.5. İleri ve Geri Beslemeli YSA	17
3.6 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme	18
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Kullanım Alanlarına ve Amaçlarına Göre YSA'da Topolojiler.....	20
4.2. Hat-1, Hat-2, Hat-3,Hat-4 Elektrik Dağıtım Hatlarına YSA Uygulanması.....	22
4.2.1. Hat-1 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme	24
4.2.2. Hat-2 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme	38
4.2.3. Hat-3 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme	54
4.2.4. Hat-4 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme	55
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
5.1 Sonuçlar	66
5.2 Öneriler.....	67
KAYNAKLAR	68

Simgeler

Hz	: Hertz
kHz	: Kilohertz
kV	: Kilovolt
km	: Kilometre

Kısaltmalar

RFID	: Radyo Frekansı Tanımlama Teknolojisi
ÇKYSA	: Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı
RFTSA	: Radyal Tabanlı Fonksiyon Sinir Ağı
YSA	: Yapay Sinir Ağı
ICA	: Bağımsız Bileşen Analizi
TW	: Hareketli Dalga Teorisi
SVM	: Destek Vektör Makinesi
LMA	: Levenberg-Marquardt Algorithm
PMU	: Fazör Ölçüm Birimleri
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
EİH	: Enerji İletim Hattı
OG	: Orta Gerilim

1. GİRİŞ

Gelişen teknolojik gelişmelerden sonra elektrik enerjisinin öneminin günümüzde oldukça arttığını gözlemliyoruz. Enerjinin taşınmasında üretim noktasından tüketim noktasına ulaşırken izlediği sürecin kaliteli, güvenli ve kesintisiz ulaşılabilir seviyede olması gerekmektedir. Elektrik enerjisinin aralıksız iletilmesi ve dağıtılması, sürecin insan ve can güvenliği açısından arıza sebebi ile oluşan zararların minimuma indirilmesi tüm dünyada ve ülkemizde çok önemlidir. Arızaların neden olacağı kayıpları minimuma indirmek için; oluşan arızaların tespit, gerektiği zaman müdahale edilebilmesi, türlerinin belirlenmesi ve bunun doğrultusunda yeni oluşabilecek arızalara müdahale edilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde İletim ve dağıtım hatlarının yapısını inceleyecek olursak; iletim hatlarının daha sade bir yapı da olması sebebi ile arızaların bulunması ve tespit edilmesinin dağıtım hatlarına göre daha ulaşılabilir olduğunu görmekteyiz. Dağıtım hatlarında branşman hatların oldukça fazla olması sebebi ile arıza türlerinin, yerinin tespit edilmesinde yaşanan zorlukların daha fazla olduğu görülmektedir.

Dağıtım hatları yeraltı ve havai hatları olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yalıtkan malzemenin zarar görmesi, yeraltı kablolarında mevcut eklerin ve başlıkların düzgün yapılmaması nedeniyle kış şartları etkisiyle patlaması, izinsiz kazı yapılması ve kemirgenlerin kablolarına zarar vermesinden dolayı yeraltı hatlarında arızalar meydana gelmektedir. Havai hatlardaki iletkenlerin, yalıtkan malzemelerle korunmadığından dolayı arızaların çoğunluğu bu kısımda görülmektedir. Havai hatlarda oluşan arızaların ana nedenleri; rüzgâr, kar, buzlanma, yıldırım düşmesi, ağaç dallarının ve köklerinin kabloların içine girmesi, kanatlı hayvanların direklerde kısa devre yapması ve iletken hatların yüzeyinde oluşan kir ve oksitlenmedir. Ayrıca güç sistemlerindeki jeneratör ve transformatörlerde sargı bobinlerindeki yalıtkan malzemelerinde zarar görmesi sonucu bobin sargılarının birbirine veya gövdeye temas etmesinden dolayı güç sistemlerinde arızalara neden olmaktadır.

Elektrik hattı üzerindeki direklerinin devrilmesi ve yamulması, iletim hatlarının kopması ve birbirine değmesi diğer etkenlerden birisidir. Elektrik güç sistemlerinde en çok kısa devre ve toprak arızaları görülmektedir. Elektrik güç sistemi düzensiz çalışması insanlar kadar hayvanlar için de tehlike oluşturabilir. Özellikle şebekenin bir kısmı voltaj

normal değerlerin üzerine çıktığında izolasyon arızalarına neden olur ve kısa devre arızaları oluşur.

Bilgi teknolojileri sayesinde kararlar çok hızlı ve doğru bir şekilde alınmaktadır. Literatürdeki alışmalar incelendiğinde arıza türü ve yeri tespiti çalışmalarının bilgi tabanlı akıllı hafıza teknikleri ile (yapay sinir ağları, bulanık mantık, makine öğrenmesi yöntemleri vb.) empedans ölçümleri ve gezen dalgalara dayanan teknikler, arıza anındaki akımın ve gerilimin yüksek frekans bileşenlerine dayanan tekniklerle yapıldığı görölmektedir.

Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada elektrik dağıtım hatlarında gerçekleşmiş arıza kayıt verilerini yapay sinir ağı (YSA) ile arıza türlerinin tespit edilmesi ve tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın güçlenmesi adına birbirinden bağımsız birkaç farklı elektrik dağıtım hatlarında meydana gelen arıza verilerinin YSA ile çeşitli sınıflandırma algoritmaları ile arıza türlerinin tahmini ve elde edilen doğruluk oranları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Arıza sınıflandırma ve türlerinin tespit ve tahmin edilmesi ile incelenilen hat ile ilgili ileride oluşabilecek arızaların önüne geçilebilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada çeşitli arıza türleri ve sınıflandırmada kullanılan algoritmalar literatürde taranmış olup, bu yaklaşımlardan bahsedilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde elektrik dağıtım ve elektrik iletim hatları ile ilgili çalışmalar olduğu fakat iletim hatları ile ilgili çalışmaların daha çok olduğu gözlenmiştir. Elektrik dağıtım ve Elektrik iletim hatları ile ilgili çalışmalar kaynak araştırması bölümünde iki alt başlıkta incelenmiştir.

2.1. Elektrik İletim Hatları Üzerine Yapılan Çalışmalar

2. Almeida ve ark., (2017) yapmış oldukları çalışmada iletim hatlarında gerçekleşmiş olan arızaların sınıflandırılması ve yer tespitinin yapılabilmesi için ICA (Bağımsız Bileşen Analizi), TW teorisi (Hareketli Dalga Teorisi) ve SVM (Destek Vektör Makinesi) birleştirmesi ile farklı bir yaklaşım sunmuşlardır. Yüksek gerilim hatlarında meydana gelen arızaların tespiti için yeterli olacağını belirtmişlerdir. Gerçek bir iletim hattı modeli oluşturup arızanın farklı tip ve yeri için bu modelin tespit konusunda çok iyi sonuçlar verdiğini ve elde edilen hata payını %1 olduğunu belirtmişlerdir.

Ameema ve ark., (2019), iletim hatları üzerine makine öğrenmesi ile arıza yeri tespiti üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Arızayı tanımlamak ve sınıflandırmak için veriye dayalı bir yaklaşım kullanmışlardır. Eğitim verilerinin arızanın yerini ve türünü sınıflandırmak için makine öğrenme tekniklerini denemişlerdir. Eğitim verilerinde KNeighbors Classifier, Random Forest Classifier, Decision Tree Classifier, gibi sınıflandırma yöntemleri kullanmışlardır. Random Forest ve Decision Tree sınıflandırma yöntemlerinin diğerlerine göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir. IEEE 68-Bus sistemi modelinde ise doğrulamalarını yapmışlardır. En yüksek sınıflandırma doğruluğunun Random Forest sınıflandırmada %91 olduğu gözlemlenmiştir. Bir diğer tespitleri ise Random Forest sınıflandırmasının Decision Tree sınıflandırma yöntemine göre daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Gelen ve ark., (2019), iletim hatları üzerinde tasarlanan RFID'lı rölenin laboratuvar da model davranışlarını incelenmiştir. Matlab /Simulink ortamında dört baralı ve üç kısa iletim hattı modellenmişlerdir. Hattın başında ve sonunda meydana gelen kısa devre arızaları kısa devre-1 ve 2 olarak tanımlamışlardır. Tek faz-toprak kısa devre

arızasını modellemek ve ideal sonuç vermesi için iç direnç eklemesi yapmışlar ve bu uygulamalı çalışmalar birbirleriyle kıyaslandığında sonuçların yakın çıktığı görülmüştür. Mesafe koruma rölesinin performansını gerek simülasyon gerek deneysel olarak tek faz toprak arızasında incelemişlerdir. Deneysel mikro işlemci temelli arıza temizlendiğinde sistemi tekrar devreye almak için RFID kart okuyuculu ve seçici özellikli mesafe koruma rölesi ile simülasyon ve deneysel olarak çalışma yapmışlardır. Arızalı kısım tespit edilerek anında devre dışı bırakmak üzere gerekli seçici korumayı sağlamışlardır.

Christopher ve Asbery (2019), enerji iletim hattında arıza tespitini yapay sinir ağları kullanıp iletim hattı modellenmiştir. Hat 500 kV tek devreli ve 100 km uzunluğundadır. İletim hattında meydana gelen arızaların tipini ve yerini nöron sayısını değiştirerek elde etmişlerdir. 12 ile 18 arasında değişen iki katmanlı sinir ağı yapısıyla test etmiş, fonksiyon olarak hiperbolik tanjant sigmoid kullanmışlardır. Katman sayısını ikiden fazla arttırmanın doğruluk üzerinde etkisinin olmadığını ve arıza yeri tahmini için akım fazörlerini gerilim fazörleri ile kıyaslamışlar, akım fazörlerini kullanmanın daha başarılı olduğunu görmüşlerdir. Katmanlarda ki nöron sayısı ile ilgili de ilk katman da 15 veya 18 nöronun ikinci katman da ise 21 nöronun en başarılı sonuçlar elde ettiklerini tespit etmişlerdir.

Jonaitis ve ark., (2020), iletim hatlarında arıza tespitleri için korona deşarj karakteristiğinin modellenmesini çalışmışlardır. Tekrarlayan akım darbeleri korona deşarjını meydana geldiğini ve gerilim arttıkça tekrarlayan akım darbelerinin 200-300 kHz frekansı aralığında saptamışlardır. Korona deşarjının neden olduğu yüksek frekanslı salınımların yüksek frekanslı gürültü olduğunu belirtmişlerdir.

Hessine ve ark., (2014), yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları ile enerji iletim hatlarında arıza tespitini, parametre olarak arıza lokasyonunu, başlangıç açısını ve dirençleri kullanmışlardır. Matlab'ta Neural Networks araç kutusundan LMA kullanmışlardır. Ağ modelini Matlab'da simulink etmişlerdir. 400 kV, 50 Hz, 100 km iletim hattı modelini tasarlamışlardır. Her bir sinir ağı, üç faz ve her bir fazın arıza durumuna ve toprak hattı için bir çıkışa karşılık gelmiştir. Elektrik iletim hattında meydana gelen arıza tipine göre çıkış nöronlarına 0 veya 1 karşılık gelmiştir. Sonuç; yapılan bu çalışmada bir arızanın var olup olmadığı kesinliğini, çıkış değerlerinin 1 ve 0 değerlerine yakınlıkları ile arızanın kesin var ya da yok olduğu tespit edilmiştir.

Hossein ve ark., (2020), PMU kullanarak iletim hatlarından toplanan verilerle çalışmışlardır. Arızaları tespit etmek, bulmak, sınıflandırmak için PMU verilerini kullanmışlardır. Hedefledikleri amaç minimum PMU sayısını bulmaktır. Hatta ki arızaların tespiti için hattın hat akımı üzerinden tahmin edilen voltaj fazörünün gerçek değerinden sapmasıyla bulmuşlardır. PMU'ların yerleştirme çözümü için 2 seviyeli optimizasyon algoritmasını önermişlerdir.

Akdağ, (2017), bu çalışmasında TEİAŞ Van Bölge Müdürlüğü'ne ait enerji iletim hatlarında oluşan arızaları incelemiştir. Bölgede yer alan 154 kV hatlardaki arızaların çoğunluğunun dağlık bölgelerde zorlu kış şartlarında oluştuğunu tespit etmiştir. Zorlu kış koşullarında oluşan arızaların zamanında tespit edilmesi ve erken müdahale edilebilmesi can ve mal güvenliği açısından önem arz ettiği için arıza yerinin doğru belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bölgede gerçekleşmiş iki arızanın simülasyonu yapılarak çalışma gerçekleşmiştir. 154 kV'luk Patnos/Erciş EİH da oluşan arızayı Tek Uçlu Yürüyen Dalga Yöntemi (Tip A) ile 154 kV'luk Tatvan-Muş EİH'nda oluşan arıza; İki Uçlu Yürüyen Dalga Yöntemi (Tip B) ile simule edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan yöntemlerde arıza tipi değişimlerinin etkisine de bakılmıştır. Matlab Simulink "Simscape Power Systems" kullanılmıştır. Simülasyondan elde edilen arıza yeri ile mesafe koruma rölelerinin belirlediği arıza yerlerini ve bunların gerçek arıza yerleri ile karşılaştırılmıştır. Tek uçlu yürüyen dalga yönteminin çift uçlu yürüyen dalga yöntemine göre maliyetinin az olduğunu fakat hata payının daha fazla olduğu vurgulanmıştır.

Singh ve ark., (2017), yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları ile çift devreli bir iletim hattı arızasının tespiti üzerine çalışmışlardır. Hattın uç noktalarına yüksek frekanslı röleler yerleştirilmiş, akım ve gerilim sinyallerinin frekans spektrumunda arızaları tanımlayabilmek için en uygun sayıda nöron içeren YSA kullanmışlardır. Sistem modeli 400 kV'luk çift devreden oluşmuş olup her bir iletim hattı 150 km uzunluğunda, iletim hatlarını bölümlere ayırmışlar ve her bir ucunu kaynağa bağlamışlardır. YSA üç katmandan oluşmuştur. Birinci katmanda arıza tespiti, ikinci katmanda arızalı alanın tespiti ve üçüncü katman ise arızayı sınıflandırmak içindir. Faz-faz, toprak-fazlar (2 ve 3 faz) olarak arıza türlerini sınıflandırmışlardır. Yapay Sinir Ağlarının yapısını 9 adet giriş 1 adet çıkıştan ve katmanlar 45 adet nörondan oluşmuştur. Elde edilen sonuçlara bakıldığında arızanın oluştuğu km, arızanın başladığı ve tespit edildiği süre, röle çalışma

sürelerine göre rölenin çalışma süresinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu tekniğin tespit açısından verimli olduğu ve iletim hattını koruyabileceği sonucuna varılmıştır.

Shahriar ve ark., (2019), enerji iletim hattında arıza sınıflandırılması üzerine çalışmışlardır. Üç fazlı iletim hattının her fazının akımlarını giriş olarak almışlardır. Arıza verilerinin gelişmesi için üç farklı topraklama arıza direncini 0.25'te almışlardır. Arıza veri seti 297 giriş-çıkıştan oluşmuştur. Simülasyon iletim hattının farklı yerlerinde üç farklı arıza türü için gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağı üç giriş ve üç çıkıştan oluşmaktadır. Çıkışların ya 1 ya da 0 alındığı görülmüş olup, arızanın var olduğu durumlarda 1 ve arızanın olmadığı durumlarda 0 alınmıştır. Yapay Sinir ağının eğitilmesi için LMA ve Bayes Düzenleme algoritması kullanılmıştır. LMA algoritmasının daha hızlı olduğu fakat daha fazla bellek tükettiği, ağın yapısının sade olması sebebi ile Bayes algoritmasının daha uygun olduğu arıza tespitinde ise yüzde 84.50 doğruluk elde etmişlerdir.

2.2. Elektrik Dağıtım Hatları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Aslan (2011), hat sonu beslemeli tali hatlı havai dağıtım hattında ((34.5 kV OG) kısa devre arızaların sınıflandırılması ve yerinin belirlenmesini, Sigmoid fonksiyonu ile kullanarak belirlemişlerdir. YSA'ya girişler hattın bir ucundan hat başına kadar oluşan arıza akımı ve gerilim örneklerini kullanarak AT ve GT tepkileri, analog ara yüz etkileri ve kuantalama hatalarını dikkate alarak tasarlamıştır. Electro-Magnetic Transients Program (EMTP) benzetim programı ile test edilmiştir. Test sonucuna göre arızalar için %3'den küçük tahmin hataları elde edilmiştir. Arıza öncesi yük bilgilerine ve haberleşmeye gerek duymamasını avantaj olarak belirtmiştir.

Zayandehroodi ve ark., (2010), hat sonu beslemeli tali hatlı enerji dağıtım hattında oluşan kısa devre arızanın tipini ve yerini, RTFSA (Radyal tabanlı fonksiyon sinir ağı), ÇKYSA (Çok katmanlı yapay sinir ağı) bilgi tabanlı programlar kullanarak belirlemişlerdir. Test sistemindeki benzetimleri DigSilent Power Factory programı ile yapılmıştır. Matlab'da RTFSA ve ÇKYSA topolojilerine göre elde edilen eğitim ve test verileri analiz etmişlerdir. Sonuçlar ÇKYSA ile analizlerde RTFSA göre daha az ağırlık güncelleme sayısı ve daha az hata sonuçlar elde edilmiştir. Test sisteminde ÇKYSA ile en fazla 20 m ve RTFSA ile en fazla 10 m hata ile arıza yeri tespit edilmiştir. Yöntemin dezavantajı bir arızanın hangi hatta olduğu tespit edilememiştir.

Zayandehroodi ve ark., (2011), hat sonu beslemeli tali hatlı enerji dağıtım hattında arıza tipinin ve yerinin belirlenmesi için Radyal Tabanlı Fonksiyon Sinir Ağı (RTFSA) kullanarak analizler test edilmiştir. Ana kaynağa ait arızalı akım bilgisi normalize edilerek arıza tipi belirlenmiş ve arıza yerinin belirlenmesi ise iki farklı RTFSA kullanılarak yapılmıştır. Birinci RTFSA ana kaynaktan ve diğer tüm hat sonu beslemelerinden arızaya olan mesafeleri, ikinci RTFSA ise tam arızalı hattı belirlemiştir. Arıza tipi belirlendikten sonra tüm beslemelerin ve ana kaynağın kısa devre akımları YSA'ya girişler olarak ilgili arıza yeri bulma algoritmasına yönlendirilmiştir. Ayrıca arıza izolasyonu için kesicinin açık ya da kapalı olup/olmadığını belirlemek amacıyla üçüncü bir RTFSA tasarlanmıştır. Önerilen teknik ile ağın güvenilirliğinin artırılacağı ve sistemin toplam devre dışı kalma süresinin azaltılabileceği gösterilmiştir.

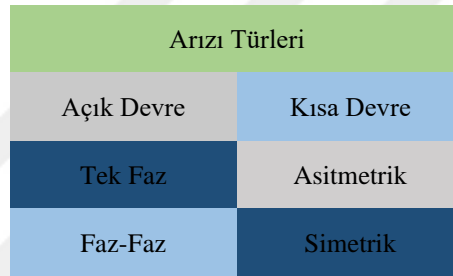
Yağan (2015), OG hattında arızanın nerde olduğunu ve arıza türünü belirlemek için YSA ile ileri beslemeli standart geri yayılım tekniği kullanılmıştır. YSA ile hat başından alınan akım ve gerilim bilgileri, arıza türleri giriş verileri olarak alınmıştır. İki farklı sistemde test yapılmıştır. Birinci sistem dağıtım hattı sistemi ve ikinci sistem ise birinci test sisteminin sonuna kaynağın bağlandığı enerji dağıtım sistemidir. Hat sonu beslemeli ve hat sonu beslemesiz bu iki sistem karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde hat sonu yükleri ve kaynağının haberleşmesine ihtiyaç duyulmadığı sadece hat sonu kaynağının bulunup bulunmadığı bilgisinin yeterli olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde arıza, arıza türlerine ve YSA'nın yapısı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Aktif olan birden fazla enerji dağıtım hatlarından alınan arıza verileri ve türleri incelenmiştir. Arızaların enerji hatları üzerindeki etkilerine ve YSA'nın yapısına değinilmiştir. Arızaları sınıflandırabilmek için YSA kullanılmıştır. Bu çalışmada MATLAB Neural Network Toolbox arayüzü kullanılmıştır.

3.1. Arıza Türleri

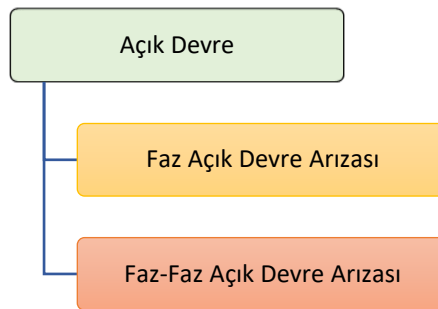
Güç iletim sistemlerinde sistemin anormal bir duruma maruz kalmasına (gerilim, akım, faz açısı vb.) bu değerlerin eşik değerleri aştığı durumlara arıza denilmektedir. Arıza türleri kısa ve açık devre olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar.



Şekil 3.1. Arıza türleri sınıflandırılması

3.1.1. Açık Devre Arızaları

Açık devre arızalarında gerilim değerlerinin arttığı görülmektedir açık iletken arızası ve iki açık iletken arızası şeklinde iki grupta sınıflandırılmışlardır. Kısa devre arızalarına göre oldukça seyrek oldukları görülmüştür

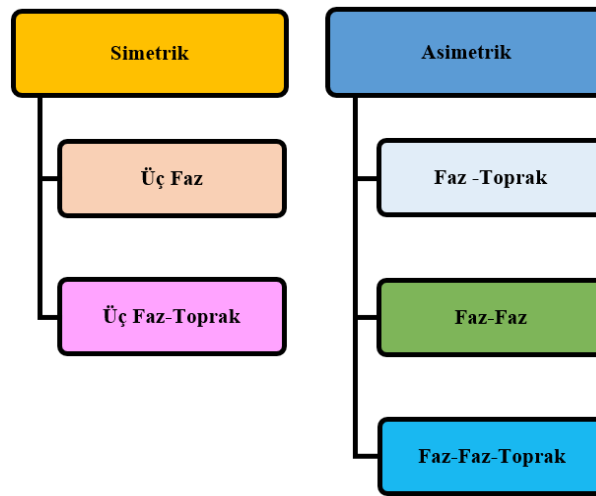


Şekil 3.2. Açık devre arızaları çeşitleri

3.1.2. Kısa Devre Arızaları

Kısa devre arızaları sistemde anında yüksek arıza akımları oluşturur. Bazı tipteki kısa devre arızalarında yüksek gerilimler de oluşur. Bu yüzden kısa devre arızalarının mümkün olan en kısa sürede temizlenmesi gerekir. Bir şebeke, faz ve toprak kısa devre arızalarına karşı genellikle koruma röleleri ile korunur. Kısa devre arızaları iç ve dış etkenlerle meydana gelebilir. Kısa devreye neden olan iç etkenler; aşırı yük akımları ile yalıtkan malzemenin ısınması ve bozulmasıdır. Bu durumda aşırı gerilimler yalıtkan malzemede meydana gelen delinme atlama ve yalıtkan malzemenin eskimesine neden olur. Kazı işlerinde kablo ve yalıtılmış iletkenin zedelenmesi, ağaç dallarının teması, havai hatlara ve açıkta bulunan elektrik tesislerine yıldırım düşmesiyle devrilmesi ve yamulması, izolatörlerin kırılması, rüzgâr, kar, buz, nem ve sisin özellikle kirlenmiş izolatörlerde meydana getirdiği atlamalar, havai hatlara konan kuşlar kısa devre arızaları dış etkenlerdir. İç etkenler ise yalıtkanın, yüksek gerilimden hasar görmesi ve delinmesi, iletkenlerin fazla yüklenme ve ark atlaması sonucunda yüksek ısı değerlerine ulaşarak bozulması, yanlış materyaller veya yıpranmadır (Ekici, 2007).

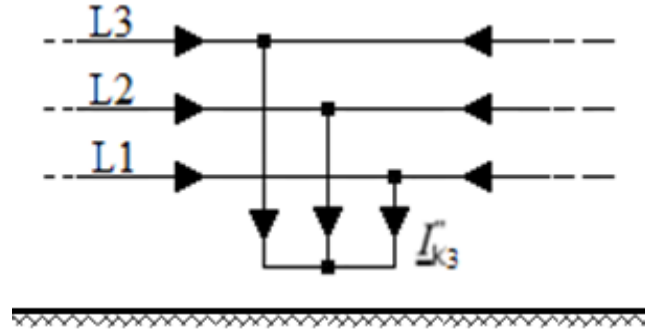
Farklı fazları yanlışlıkla birbirine bağlamak, sistemlerin hatalı bir şekilde açılıp kapanması güç sistemi arızalarına neden olmaktadır. Bu sistemlerde genellikle arızaların çoğunluğu iklim koşullarından kaynaklanmaktadır. Havai hatlarda oluşan arızaları engellemek, yeraltı hatlarında meydana gelen arızaları engellemekten daha zordur (Cırık, 2018). Kısa devreler ise simetrik arızalar ve asimetrik arızalar olmak üzere iki çeşide ayrılmaktadır.



Şekil 3.3. Kısa devre arıza çeşitleri

Simetrik arızalar, üç faz (3FT) kısa devre arızalarından oluşan arızalardır. Üç faz ve üç faz toprak arızaları simetrik arıza çeşitlerine örnektir. Simetrik arızalar daha seyrek

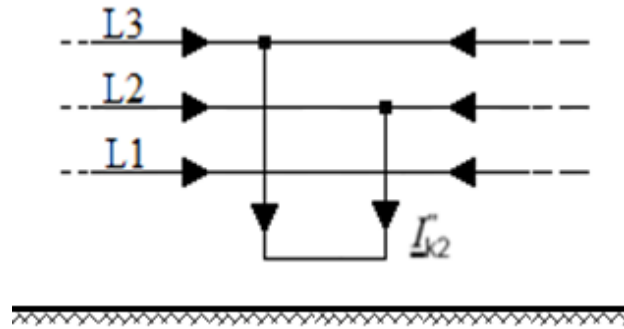
olurken bu arızalar meydana geldikten sonra sistemin dengede kaldığı fakat ciddi hasarlar bıraktıkları gözlenmiştir. Şekil 3.4’de üç fazlı sistemde oluşan üç faz kısa devre arızası gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Üç fazlı sistemde kısa devre arızası

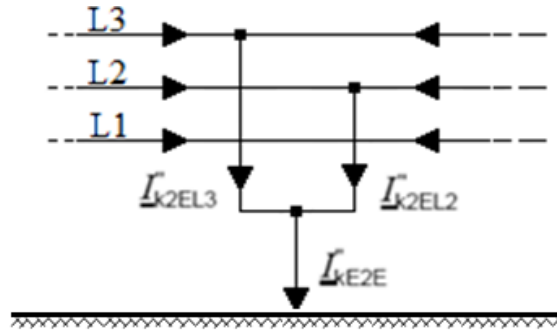
Asimetrik arızalar oldukça yaygın olmakla birlikte hasarları simetrik arızalara göre daha hafiftir. Güç sistemlerindeki arızaların büyük bir kısmı faz-toprak arızalarından oluşmaktadır. Kısa devre olduğu zaman akım değerlerinin artışı görülmektedir.

Şekil 3.5 görüldüğü üzere faz-faz kısa devre arızaları iki iletkenin birbiri ile temas etmesi durumunda kısa devre oluşturduğu arızalardır. Kısa devre meydana gelen fazlar arasında akım fazlar arası gerilim üzerinden geçer. Bu akım iki faz için eşit ancak zıt yönlüdür (Yumurtacı, 2014).



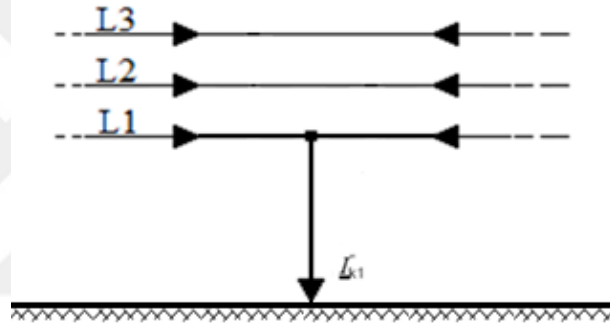
Şekil 3.5. Faz-faz sisteminde kısa devre arızası

İki faz toprak (2FT), yıldız noktası toprağa bağlanmamış şebeke sistemlerinde iki ayrı yerde meydana gelen çift faz toprak arızası da toprak üzerinden devresini tamamlayan iki fazlı bir kısa devredir. Yıldız noktasının doğrudan topraklanması sonucunda geçiş direnci yok ise arıza noktasında faz gerilimleri sıfır olur. Bir direnç üzerinden yapılan bir topraklama ya da geçiş direncinin olması durumunda ise arızalı faz gerilimleri sıfıra düşmez. Bu durumda, aynı anda farklı noktalarda meydana gelen iki faz toprak arızasında geçiş direnci aynı değil ise arızalı fazlar arasındaki faz farkı da sıfır olmaz (Ekici, 2007). Şekil 3.6’da iki faz toprak arızası gösterilmektedir.



Şekil 3.6. İki Faz-toprak sisteminde kısa devre arızası

Faz toprak arızası (FT) fazlardan herhangi birinin toprak ile temas ettiği durumda olan kısa devre arızasıdır. Bu arızaların olduğu fazlarda Akımın arttığı ve gerilimin düştüğü görülmektedir. Hayvanların tellere teması, rüzgârın hatlara verdiği tahribat, ağaçların iletkene temas etmesi, hatların devrilmesi vb. etkilerle oluştuğu görülmektedir. Şekil 3.7’de faz toprak arızası gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Faz-toprak sisteminde kısa devre arızası

3.2 Arıza Nedenleri

İletkenlerin kopması, direklerin devrilmesi, iletkenlerin toprağa ve birbirileri ile temas etmesi sonucu aşırı akım meydana gelmesi, izolatörlerin ve sigortaların tahribatı hayvanların ve kemirgenlerin iletkenlere zarar vermesi, yıldırım düşmesi, kuvvetli rüzgâr, enerji nakil hatların kar-buz yükü altında devrilmesi gibi durumlar en çok karşılaşılan arıza nedenleridir. Ayrıca dağıtım ve trafo merkezlerindeki arızalar ise ayırıcı ve kesiciye yapılan yanlış manevralar, rölelerin kesiciye açma sinyalini göndermemesi, kablo başlığı ve ekinin zarar görmesi vb. nedenler gösterilmektedir.

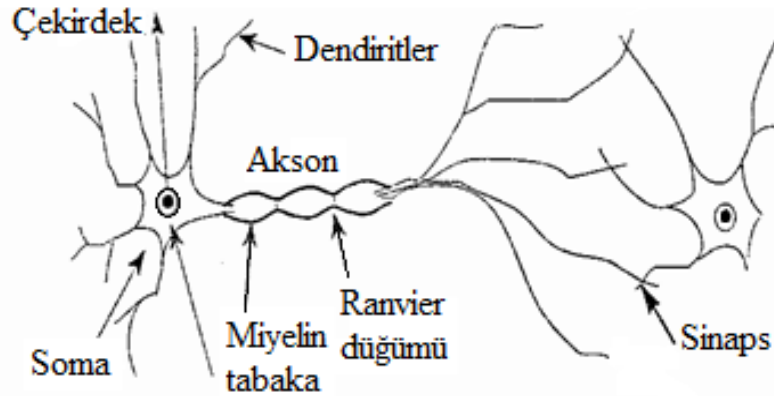
Elektrik arızaların hızlı tespit edilebilmesi can ve mal güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle de erken müdahale ve arızanın açacağı zararları en aza indirmede oldukça önemlidir. Arıza türlerinin sınıflandırılmasının avantajlarına bakıldığında oluşan arızalar konusunda bir çıkarım sağlar. Aynı arıza türlerinin tekrarı enerji hatlarında oluşacak arızalar hakkında bir çıkarımda bulunmamızı sağlar. Enerji

hattında arızaya sebep nedenleri en aza indirgeyerek gelecekte oluşacak arızaların önüne geçmiş oluruz.

3.3 Yapay Sinir Ağı

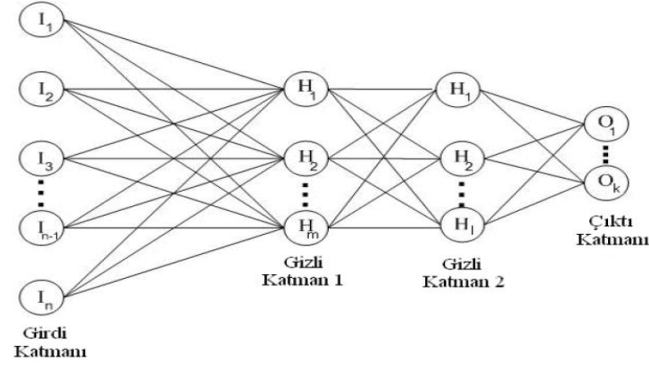
Yaygın olarak kullanılan teknikler dalgacık yaklaşımı, YSA yaklaşımı, bulanık mantık yaklaşımıdır. Bu çalışmada sınıflandırma yapılmasında YSA yaklaşımı kullanılmıştır.

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden yola çıkmıştır. İnsan beyni ile benzer özellikler taşıdığı görülmüştür. Öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme gibi özelliklere sahiptir. İnsan beyni sinir sistemi ve yapay sinir ağı nöron sistemi oldukça benzer bir yapıdadır. Yapay sinir ağların son yıllarda kullanım alanları oldukça genişlemiştir. Kullanıldığı bazı alanlar; mühendislik, tıp, bankacılık, kimya, satış, veri madenciliği, tahmin ve sınıflandırma alanlarıdır.



Şekil 3.8 Nöron yapısı

İnsan sinir sisteminin en basit yapısı nöronlardır. Şekil 3.8’de bir nöronun yapısı gösterilmektedir. Dendrit nöronlardan bilgi alışı sağlar. Çıkışlar aksonlar gerçekleşirken sinaps nöronlar arasındaki akışı sağlamaktadır. Tek ve çok katmanlı yapıya sahip olan YSA’da girdi, çıktı ve gizli katman yapıdan oluşmakta ve gizli katman sayısı artırılabilir. YSA’lar da ara katman bulunmadığı gibi bazılarında birden fazla katman sayısı olabilir.



Şekil 3.9. Basit bir YSA katman yapısı

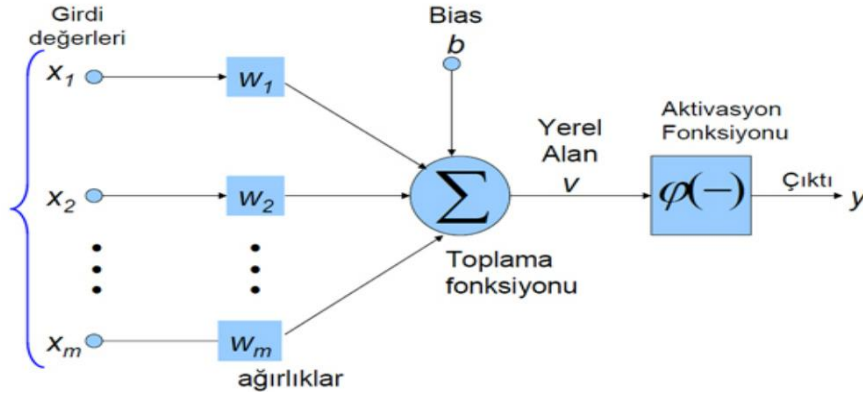
Giriş katmanı yapay sinir ağı girdilerin ulaşıldığı katmandır. Giriş katmanından çıkmış olan katmana gizli veya ara katman denir. Gizli katman arttıkça modelleme daha karmaşık bir yapıya sahip olup katman sayısının artmasıyla daha karmaşık bir modelleme oluşmasından dolayı karmaşık sistemlerde daha iyi çözümler sunabilmektedir. Gizli katmanda yer alan nöron sayıları girdi ve çıktı sayılarından bağımsızdır. Çıktı katmanı ağı girdi verilerine karşılık çıkan gizli katmandan gelen bilgilerin işlenmesiyle çıkan verilerdir. YSA'nın avantajları aşağıda verilmiştir.

- Yapay Sinir Ağları birçok hücreden oluşur. Bu hücreler eş zamanlı olarak çalışarak karmaşık olan işlemleri hızlı bir şekilde analiz edebilir.
- Yapı üzerinde dağılmış olan doğrusal olmayan alt birimler, doğrusal olmayan problemlerin de çözümünü sağlamaktadır.
- Makine öğrenmesi kısa zamanda öğrenerek benzer olaylar karşısında mantıklı kararlar verebilir.
- Daha hızlı ve literatür araştırmalarına göre daha başarılı öngörü yapabilmektedirler.
- Örnekler hakkında bilgi üreterek eğitimleri sırasında kendilerine verilen örneklerden genellemeler çıkarır ve yeni örneklerden bilgi üretebilirler.

3.4 Yapay Sinir Ağ Modellemesi

Yapay sinir ağında her bir nöronun her bir girişi için çıkışı belirlemede direk etkili olan bir ağırlık katsayısı olup eğitim sürecinde bu ağırlıkların ilgili problem için belirlenmesi işlemidir. YSA, her bir giriş için ağırlıklar belirlendikten sonra kendisine giriş olarak verilen verilere önceden belirlenen ağırlıkları kullanarak çıkış üretmeyi

öğrenir. Bu yüzden YSA'nın eğitilmesi, ağırlıkların belirlenebilmesi için eğitim verilerine ihtiyaç vardır (Ayyagari, 2011). Şekil 3.10'da bir nöronun matematiksel modeli gösterilmektedir.



Şekil 3.10. YSA nöron matematiksel modeli (Anonim 1)

YSA modellemesinde giriş (x), çıkış (y) değişkenleri arasındaki ilişki $y=f(x)+\text{Hata}$ şeklindedir. Hatayı azaltmak için ağırlık (W) bilgileri ayarlanır ve atamalar yapılır. Amaç girdilerin önemine göre bir işlem yapmaktadır. Bu işleme aktivasyon fonksiyonu denir. YSA'da model içinde veya giriş ve çıkış katmanları arasında gizlenmiş bir katman ve çevre ile doğrudan bağlantısı olmayan bir katman olabilir. Bu işlem araştırmacıya kolaylık sağlar.

Burada girişler (x_1, x_2, \dots, x_m), ağırlıklar (w_1, w_2, \dots, w_m) olarak ifade edilmiştir. Her bir giriş kendi ağırlığı ile çarpılıp bu değerler toplanarak ağırlıklı toplam fonksiyonu elde edilir. Girişler ile ağırlıklar çarpılarak bias eklenir toplanır ve aktivasyonlar uygulanır. Toplama fonksiyonu denklemi 3.1'de gösterilmiştir.

$$M=x.w+\text{bias} \quad (3.1)$$

3.5 Yapay Sinir Ağları Aktivasyon Fonksiyonları

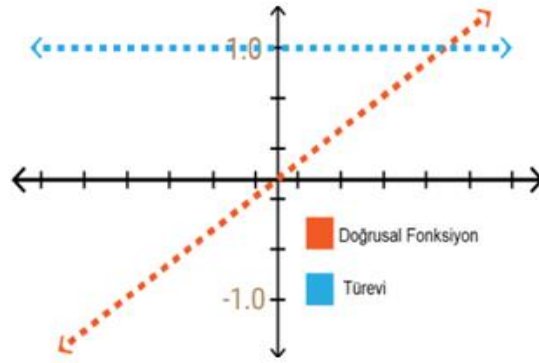
Aktivasyon fonksiyonu değişkenleri farklı boyutlara taşıyan doğrusal veya doğrusal olmayan fonksiyonlardır. Problemlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir ve gelen bilgiyi bir sonraki nörona iletip iletmeyeceğine karar verir. Girdi değerlerine belli ağırlık ve bias değerleri eklenerek yapılan hesaplama sonucu elde edilen bilginin bir sonraki nörona iletip iletilmeyeceğine karar verir. Bu fonksiyon seçilirken iki önemli duruma dikkat edilmelidir (Makinisti, 2018). Bunlar sırası ile;

1. YSA'nın doğrusal olmaması,
2. Seçilen fonksiyonun türevinin kolay alınması

3.5.1. Lineer Fonksiyonu

Giriş değerleri ve çıkış değerleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Türevin sabit olduğu bu fonksiyonda gizli katmanların değeri olmadığından çok katmanlı ağlarda kullanımı azdır. Bu sebeple tek katmanlı Ysa'da kullanılmaktadır. Lineer fonksiyon ait Denklem 3.2 verilmiştir. Fonksiyondaki denklem aralığı $(-\infty, \infty)$ ifade edilmektedir. Şekil 3.11'de lineer fonksiyon grafiği gösterilmiştir (Kızrak, 2019).

$$F(x) = x \quad (3.2)$$

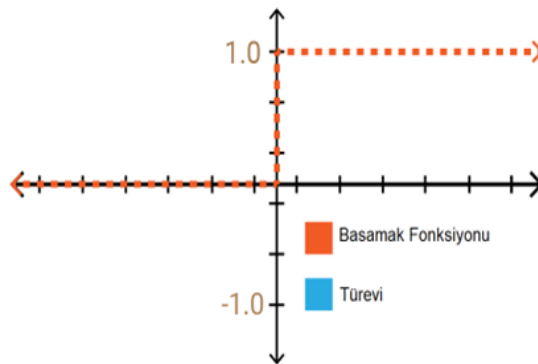


Şekil 3.11. Lineer fonksiyon (Kızrak, 2019)

3.5.2. Basamak Fonksiyonu

Gelen değerlerin bir basamak altta veya üstte çıktığı ikili değer fonksiyonudur. Çıkış katmanlarında tercih edildiği ve tek katmanlı yapılarda kullanıldığı görülmektedir. Basamak fonksiyonuna ait Denklem 3.3'de, denklem aralığı $\{0,1\}$ dir. Şekil 3.12'de basamak fonksiyon grafiği yer almaktadır (Kızrak, 2019).

$$F(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

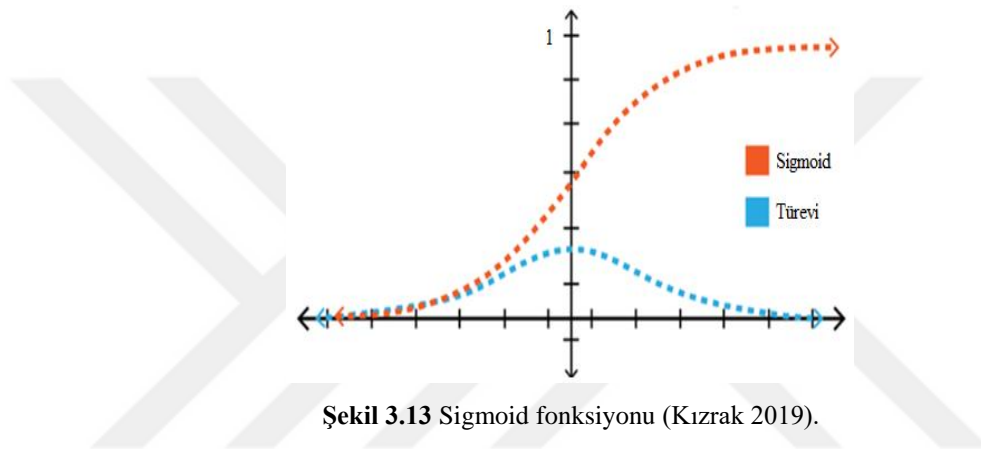


Şekil 3.12 Basamak fonksiyonu (Kızrak 2019)

3.5.3. Sigmoid Fonksiyonu

0 ile 1 aralığında türevlenebilir bir fonksiyondur. İki eksen arasındaki değişimler incelendiğinde y değerindeki oynamaların x değerinde vereceği tepkinin az olduğu ve buna bağlı olarak türevin etkisinin küçük olduğu görülmüştür. Bu özellik bize öğrenme performansının düşük olduğunu gösterirken x değerindeki oynamaların y değerinde etkisi büyük olduğu için sınıflandırmada başarılı olduğunu göstermektedir. Sigmoid fonksiyonuna ait Denklem 3.4'de, Şekil 3.13'de grafiği gösterilmektedir (Kızrak, 2019).

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}} \quad (3.4)$$

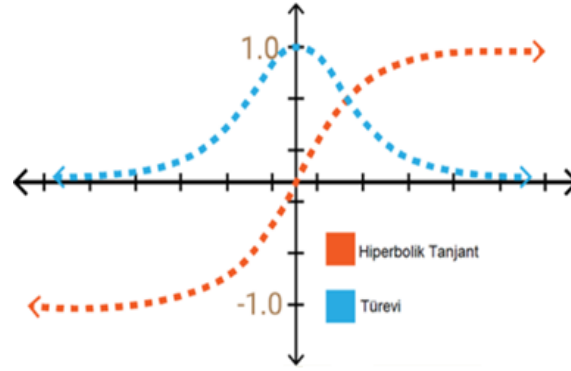


Şekil 3.13 Sigmoid fonksiyonu (Kızrak 2019).

3.5.4. Tanjant hiperbolik fonksiyonu

Fonksiyonun aralığı (-1, +1) olarak tanımlanmıştır. Sigmoid fonksiyonuna benzer yapıda olan bu fonksiyonun türevinin daha dik olması yani daha çok değer alabilmekte bu da hızlı öğrenme ve sınıflama işlemi için geniş aralığa sahip olduğu için daha verimlidir. Fonksiyonun uçlarında gradyanların ölmesi problemin devam ettiğini göstermektedir. Denklem 3.5 tanjant hiperbolik fonksiyonuna aittir. Şekil 3.14'te tanjant hiperbolik fonksiyon grafiği yer almaktadır (Kızrak, 2019).

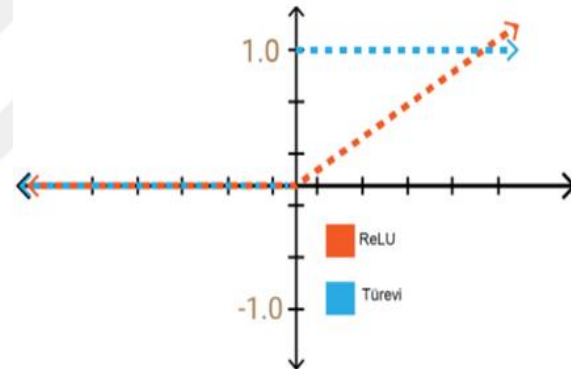
$$F(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}} \quad (3.5)$$



Şekil 3.14 Tanjant hiperbolik fonksiyonu (Kızrak 2019).

3.5.5. ReLU (Rectified Linear Unit) fonksiyonu

Girdi değeri negatifse 0 değerini veren, pozitifse kendi değerine eşit olan doğrusal olmayan tahminde başarılı sonuçlar veren bir fonksiyondur. Negatif değerde 0 değerini vermesi yapay sinir ağının daha hızlı çalışmasına neden olmaktadır. Daha hızlı olması çok katmanlı ağ yapılarında avantaj sağlar. Şekil 3.15'te ReLU fonksiyon grafiği yer almaktadır (Kızrak, 2019).

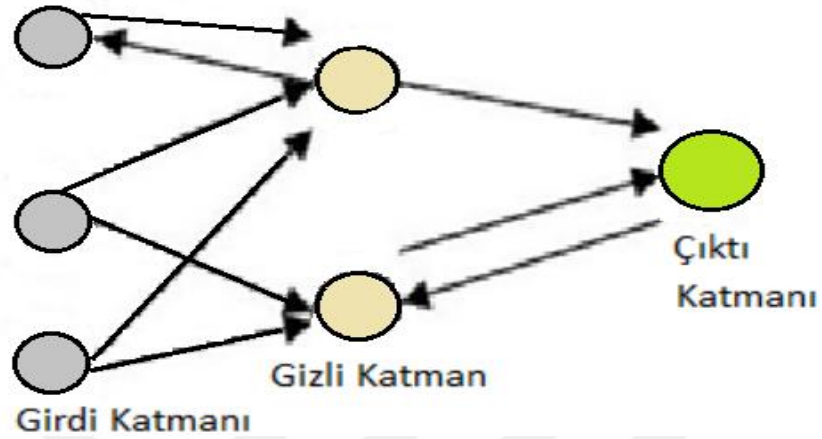


Şekil 3.15 ReLU fonksiyonu (Kızrak 2019).

3.5. İleri ve Geri Beslemeli YSA

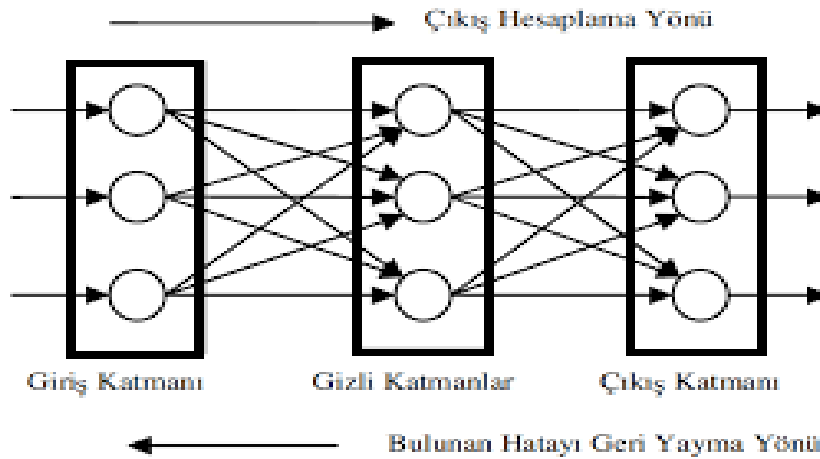
Bu tip sinir ağlarında tek yönlü bir akış görülmektedir. Girdi verilerinin gizli ve çıkış katmanına iletiildiği ağlardır. Hücreler katmanlar şeklinde tertip edilir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları diğer katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak uygulanır. n boyutlu giriş verisi şu şekilde ifade edilebilir; j gizli katman siniri, i girdisini w_{ij} ($i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots$) ağırlığına göre alır. J gizli katmanı ise x girdi işaretinin ve w_{ij} ağırlıklarının bir işlevini hesaplayıp, sonucu sonraki katmandaki tüm komşu sinirlere iletir. Devamında ise ilk gizli katman gibi ikinci gizli katman sinirleri de ağırlıklarla kendinden önceki katmana tam olarak bağlıdır. Bu katmandaki sinirlerde girişlerin ve

girişlerin ağırlıklarının bir işlevini hesaplayarak oluşan sonucu bir sonraki aşamaya aktarır. En son bu işlev, çıkış katmanındaki sinirler tarafından da yapıldıktan sonra tamamlanır. İşte bu şekilde meydana gelen ağlara, çok katmanlı ileri beslemeli ağlar adı verilir (Yıldırım, 2013).



Şekil 3.16 İleri beslemeli YSA

Tahmin uygulamalarına uygun olan geri beslemeli ağlarda ileri ve geri yönde akış görülmektedir. Bir hücrenin çıkışı diğer bir hücrenin girişine besleme olarak verilir. Bu geri besleme işlemi geciktirme elemanı üzerinden gerçekleştirilir. Katmanın hücreleri arasında olabileceği gibi başka katmanların hücreleri arasında da olabilir. Yapılış tarzına göre değişik durumlarda geri beslemeli YSA ortaya çıkabilir (Yıldırım, 2013).



Şekil 3.17 Geri beslemeli YSA

3.6 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Öğrenme, denetimli, denetimsiz ve takviyeli öğrenmeden oluşmaktadır. Denetimli öğrenmede, dışarıdan gelen veriler için hangi çıkış değerinin verileceği YSA tarafından bilinmemektedir. Fakat eğitici tarafından hangi veri için hangi çıkış değeri

oluşması gerektiği sisteme verilir. Bir eğitmen yardımıyla hangi giriş değeri için hangi çıkış değerinin beklendiği sisteme verilmektedir.

Denetimli öğrenme yapılırken örnek girişler ve çıkışlar $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$ kullanılır. Her bir eğitim aşamasında YSA tarafından üretilen çıkış değeri beklenen çıkış değeri ile karşılaştırılarak hata miktarı belirlenir. Bu hata miktarına göre YSA parametreleri ve ağırlıkları güncellenir. Eğitim işlemi çıkışta istenilen sonucu elde edilinceye kadar devam eder. Denetimli öğrenme YSA'da kullanılan en yaygın öğrenme yöntemidir (Budak, 2020).

Denetimsiz öğrenme ise genelde geri beslemeli ağlarda, giriş verileri ile hedef çıkış verileri arasındaki ilişkiyi tanımlamak zordur. Ağ yalnızca giriş verilerinden oluşan eğitim seti ile eğitilir. Eğer verimli bir eğitim için giriş verilerinin doğru seçilmesi gerekir (Nalbant, 2005). Takviyeli öğrenme denetimli (danışmanlı) öğrenmeye yakındır. Giriş verileri ağa verilerek elde edilen sonuç verilerinin denetici tarafından değerlendirilmesi beklenir. Takviyeli öğrenmede, her giriş değeri için olması gereken çıkış değerini sisteme göstermek yerine, her iterasyon sonucunda elde edilen sonuç doğru veya yanlıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında farklı elektrik dağıtım hatlarından alınan arıza verileri kullanılarak oluşan arıza türünü belirleme ve YSA'da arıza türü sınıflandırma tahmini gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. YSA kullanılarak arıza türü tahminleri elde edilmiş ve kıyaslamaları incelenmiştir.

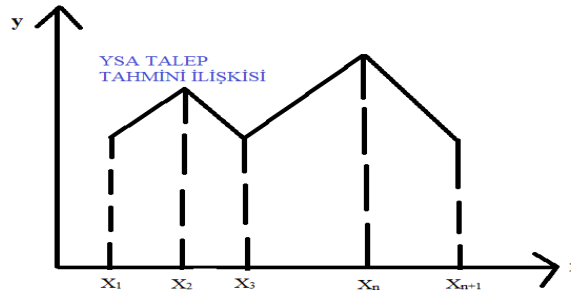
4.1. Kullanım Alanlarına ve Amaçlarına Göre YSA'da Topolojiler

YSA'da kullanım alanlarına ve amaçlarına göre topolojiler aşağıda sınıflandırılmıştır. Bu topolojiler en çok kullanılanlar olup, problem çözümlerinde daha başarılı oldukları görülmüştür.

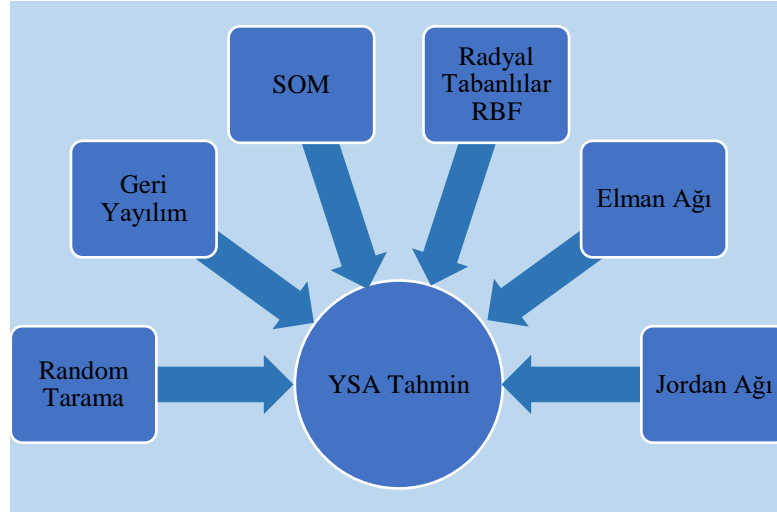
Tahmin yapmada oldukça sık kullanılan YSA topolojileri; geri yayılım (Back-Propagation), Random Tarama, SOM (Self Organizing MAP Into Back Propagation), Radyal Tabanlılardır. Tahmin elde ederken girdi verileri kullanılır. Girdi verilerinden tahmin çıktıları elde etmeyi amaçlar ve gerçek çıktı değerleri ile tahmin çıktı değerleri arasındaki ilişkiden topolojilerin başarıları hakkında sonuçlar elde edip kıyaslamaları yapabiliriz.

YSA kullanılarak tahmin elde edilen bazı kullanım yerlerine örnek vermemiz gerekirse, satış tahminleri, doğa olayları tahminleri, hastalık tahminleri, mühendislik alanında yapılan deney tahminleri, ekonomik tahminleri örnek verebiliriz. Bu çalışmada arıza türleri hakkında tahminler elde edilmesi amaçlanmıştır.

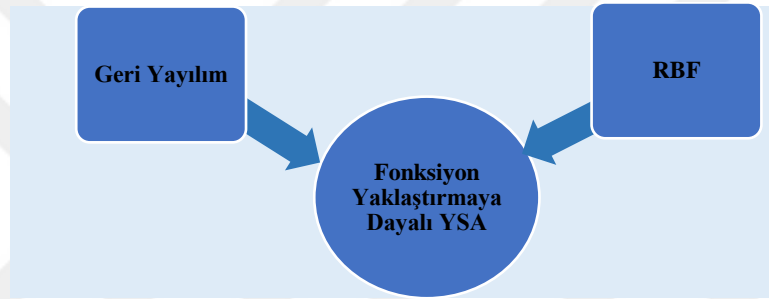
Arıza türlerinin sınıflandırılması tahmini bize gelecekte oluşabilecek arıza türleri hakkında, elektrik dağıtım hattı hakkında içinde bulunduğu durum ve gelecekte hatta oluşabilecek arızalara ışık tutar. Hattın durumuna göre bazı koşullarda iyileştirme yaptığımızda oluşabilecek yeni arızaların önüne geçebiliriz.



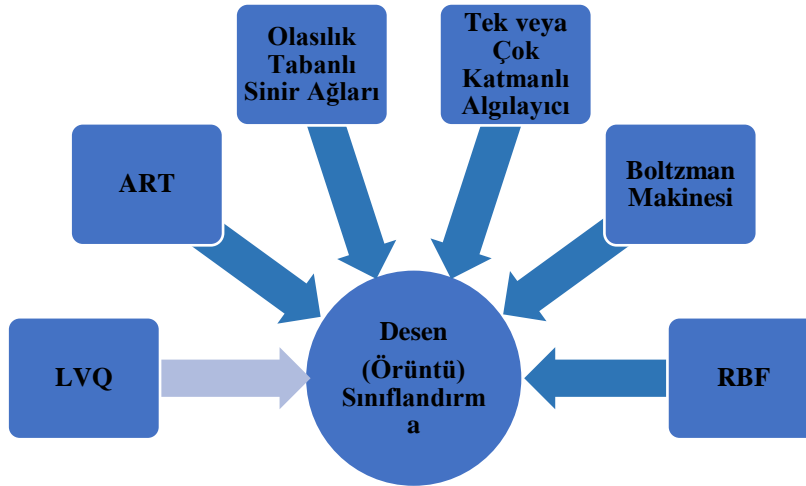
Şekil 4.1 YSA tahmin talep ilişkisi gösterimi



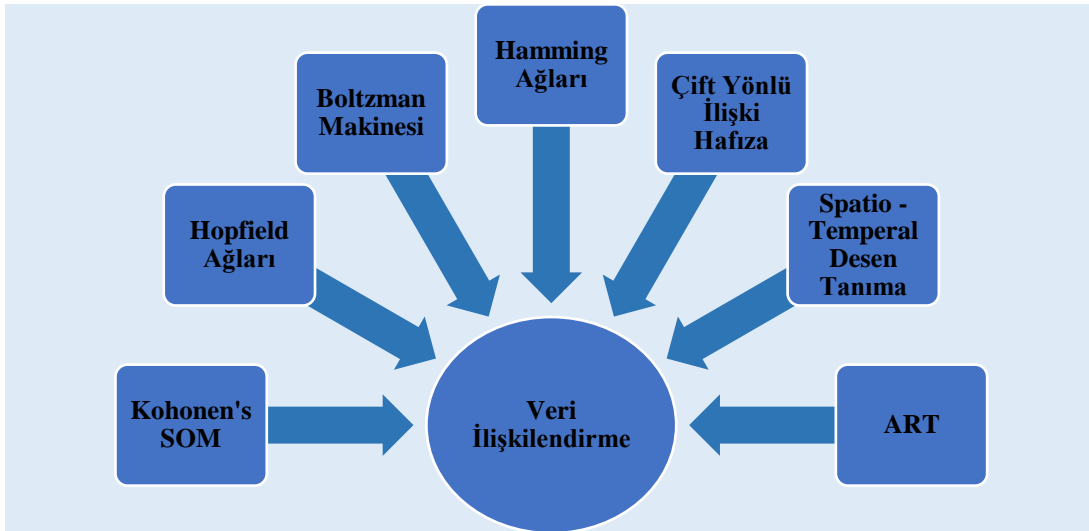
Şekil 4.2. YSA sık kullanılan tahmin topolojileri



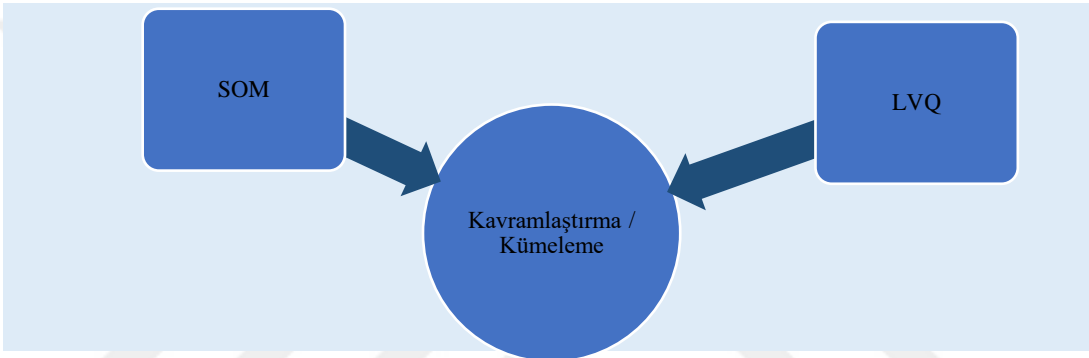
Şekil 4.3. YSA sık kullanılan fonksiyon yaklaşımaya dayalı topolojileri



Şekil 4.4. YSA örüntülendirme topolojileri



Şekil 4.5. YSA veri ilişkilendirme topolojileri



Şekil 4.6. YSA kümeleme topolojileri

4.2. Hat-1, Hat-2, Hat-3, Hat-4 Elektrik Dağıtım Hatlarına YSA Uygulanması

Bu tez çalışmasında 4 farklı konumda bulunan aşırı akım koruma rölesinden alınmış elektrik dağıtım hatlarındaki arıza verileri kullanılmıştır. Sırasıyla hatlar. Hat-1, Hat-2, Hat-3, Hat-4 olarak isimlendirilmiştir. Bu hatlarda yapılan tahmin çalışmaları Matlab/Simulink benzetim programı içinde bulunan The Neural Network toolbox (nntool) ile yapılmıştır.

Yapay sinir ağları ile yapılan çalışmalarda, 6 adet girdi değeri ve 1 adet çıktı değeri vardır. Girdi değerleri sırası ile L_1 , L_2 ve L_3 fazlarına ait akımlar, toprak akımı (R), arıza nedeni, arıza olayının haber verildiği durum bilgisi (örnek kesiciler için 3 numaralı kesici kontağı durum bilgisi vb.), çıkış ise hangi faz akımında arıza olduğu bilgisidir. Veri setinden örnekler aşağıda gösterilmiştir.

Girdi veri setinden alınmış bazı değerler incelendiğinde L_1 faz akımı 1 numaralı faz akımını, L_2 faz akımı 2 numaralı faz akımını, L_3 faz akımı 3 numaralı faz akımını, R toprak akımını, arıza nedeni 6 farklı durum olması sebebi {0, 1, 2, 3, 4 ve 5} değerleri ile

arıza sonucu olayı bildiren durum bilgisi 18 farklı durum olması sebebi ile {0-18 arasında} değerleri ile girdi verileri oluşturulmuştur. Arıza nedeni, arıza sonucu olayı bildiren durum bilgisi ve arızalı faz bilgisi değerleri verileri YSA'da kullanılması için sayısallaştırılmıştır.

Çıkış değerleri inceleyecek olursak 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 sayısal değerleri verilmiştir. 0 değeri toprak akımını, 1 değeri L1 Fazını, 2 değeri L1 ve L2 numaralı fazlarını, 3 değeri L2 Fazını, 4 değeri L1, L2, L3 fazlarını, 5 değeri L2 ve L3 fazlarını, 6 değeri ise L1 ve L3 fazlarında anormal akım değerleri ve bunun sonucunda bu fazlarda arıza oluştuğunu ifade etmektedir. Bu çalışma hangi fazlarda arıza gerçekleştiğini tahmin etmemize ve bu fazlara göre arıza türü tespiti yapabilmemizi hedeflemektedir. Alınan arıza değerleri standart aşırı akım koruma rölelerinden alınmış olup, hatlar birbirinden bağımsız ve farklıdır. Doğruluk oranının kuvvetlenmesi için birbirinden farklı 3 ayrı hat incelenmiştir. Veri sayıları farklıdır. 6 adet giriş ve 1 adet çıkışa sahiptir.

Çizelge 4.1. Hat -4 Veri setinin bir kısmından alınmış örnek girdi/çıkış değerleri

L1 faz akımı	L2 faz akımı	L3 faz akımı	Toprak akımı (r)	Arıza nedeni	Çıkış bilgisi (arızalı faz veya fazlar bilgisi)
483.60	3.01	1.40	387.34	1.00	1.00
510.40	592.80	0.50	111.64	1.00	2.00
165.19	10.13	166.58	163.44	2.00	3.00
932.40	986.60	978.55	3.01	0.00	0.00
972.80	966.20	17.45	980.58	2.00	7.00
49.044	47.60	49.081	11.049	3.00	0.00
92.400	94.26	98.425	12.79	4.00	4.00
964.60	64.08	964.98	143.100	4.00	6.00
84.25	576.81	511.37	82.40	4.00	5.00

Çizelge 4.2. Çizelge 4.1'de yer alan çıktı değerleri ile arızalı fazların sayılara göre karşılıkları

Çıkış bilgisi (arızalı faz veya fazlar bilgisi)	Çıkış bilgisi arızalı fazların sayılara göre karşılığı
1.00	L1 Fazı
2.00	L1 ve L2 Fazı
3.00	L3 Fazı
0.00	Toprak
7.00	L3 Fazı
4.00	L1, L2 ve L3 Fazı
6.00	L1 ve L3 Fazı
5.00	L2 ve L3 Fazı

Veri setimizde birbirinden farklı sayı aralıkları olduğu için verilerimizi direk bu şekilde kullanmak performansı zayıflatacağı gibi sınımlara neden olacaktır. Bu sebeple normalizasyon uygulanması ile veri aralıkları birbirlerine yakın sayı aralıklarına yaklaşarak sistem performansını arttıracaktır. Kullanılan algoritmaların tahmin başarı oranlarını değerlendirme de ortalama kare hatası (MSE), ortalama mutlak hata (MAE), kök ortalama karesel hata (RMSE) değerleri hesaplanıp kıyaslamalar yapılmıştır.

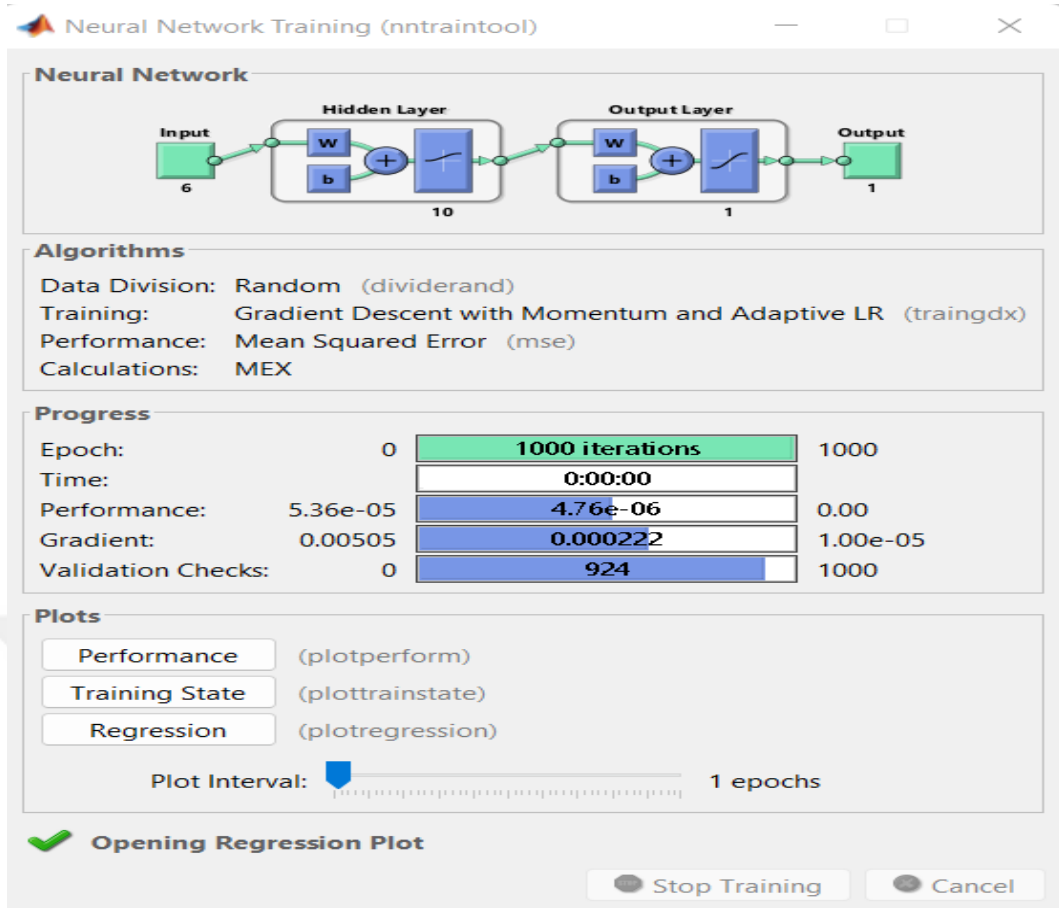
4.2.1. Hat-1 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme

20 adet arıza eğitim verisi ve 4 adet arıza test verisi kullanılmıştır. Hat-1 elektrik dağıtım hattında giriş ve gizli katmanda Logaritmik Sigmoid fonksiyonu (Logsig), çıkış katmanında lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Hat-1 dağıtım hattında iterasyon 1000 olarak karar kılınmıştır. Gizli katmanda nöron sayısı 10 olarak belirlenmiştir. İleri beslemeli geri yayımlı ağ tipi, Elman geri beslemeli ağ tipi ve Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipi ile beş farklı adet eğitim algoritması sırasıyla GDX (Variable Learning Rate Gradient Descent), OSS (One Step Secant), NRP (Resilient backpropagation), SCG (Scaled Conjugate Gradient), GDM (Gradient Descent with Momentum), kullanılarak yapılmıştır. Sırası ile yöntemlerin beklenen arızalı faz değerleri ve tahmin edilmesi beklenen arızalı faz değerleri ve hata oranları Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

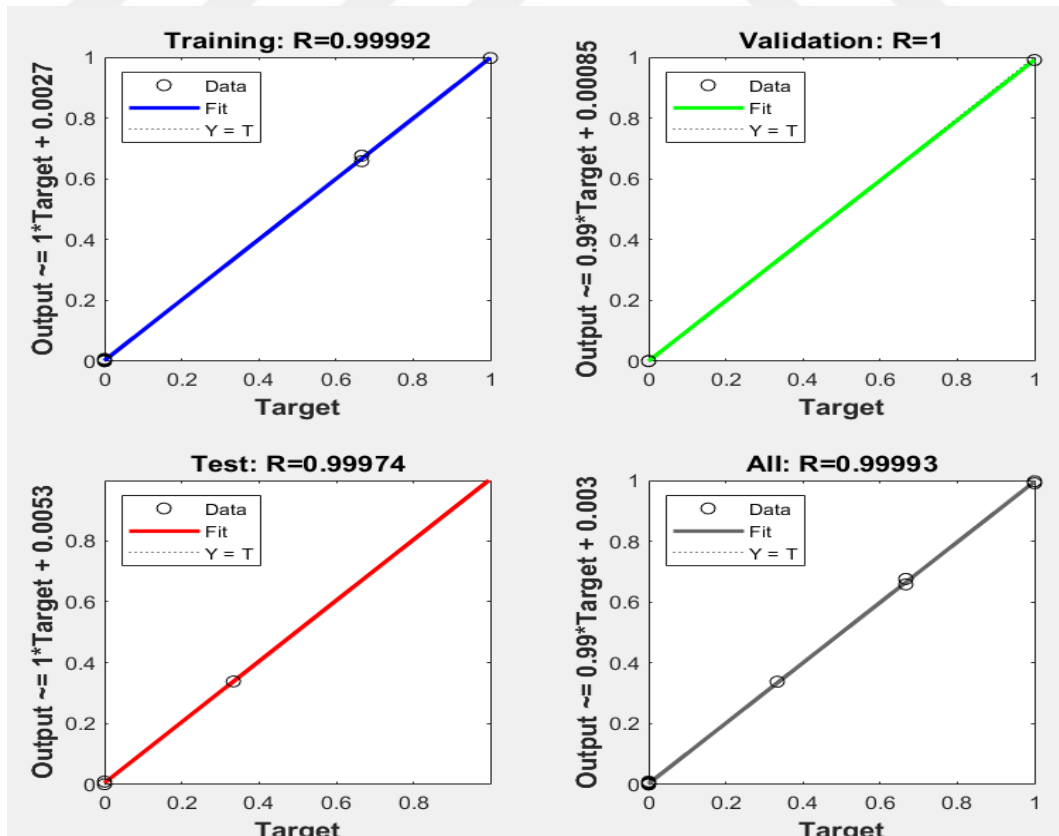
Çizelge 4.3 HAT-1 Test verileri

L1 Faz Akımı	L2 Faz Akımı	L3 Faz Akımı	Toprak Akımı	Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri
7.23	10.175	9.70	178.88	0
10.86	6.53	12.27	89.16	0
10.88	15.162	16.075	238.86	0
991.40	949.60	981.20	1846.20	0

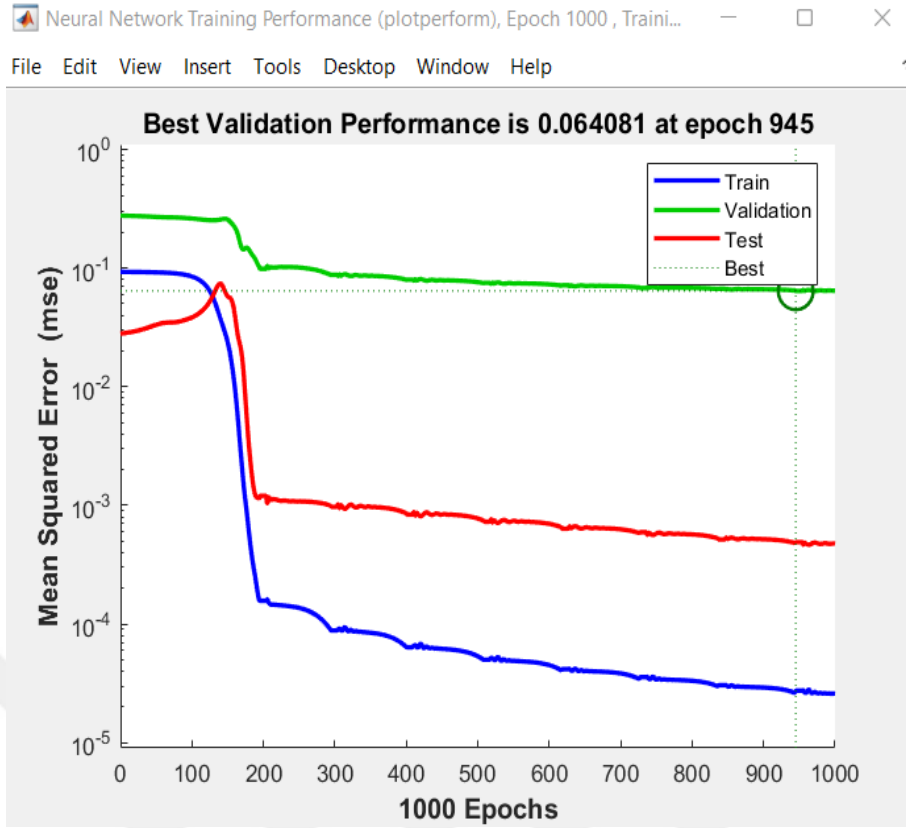
Test verileri arızalı faz değeri çıktı değerlerinde 0 toprak akımında arıza olduğu bilgisini vermektedir.



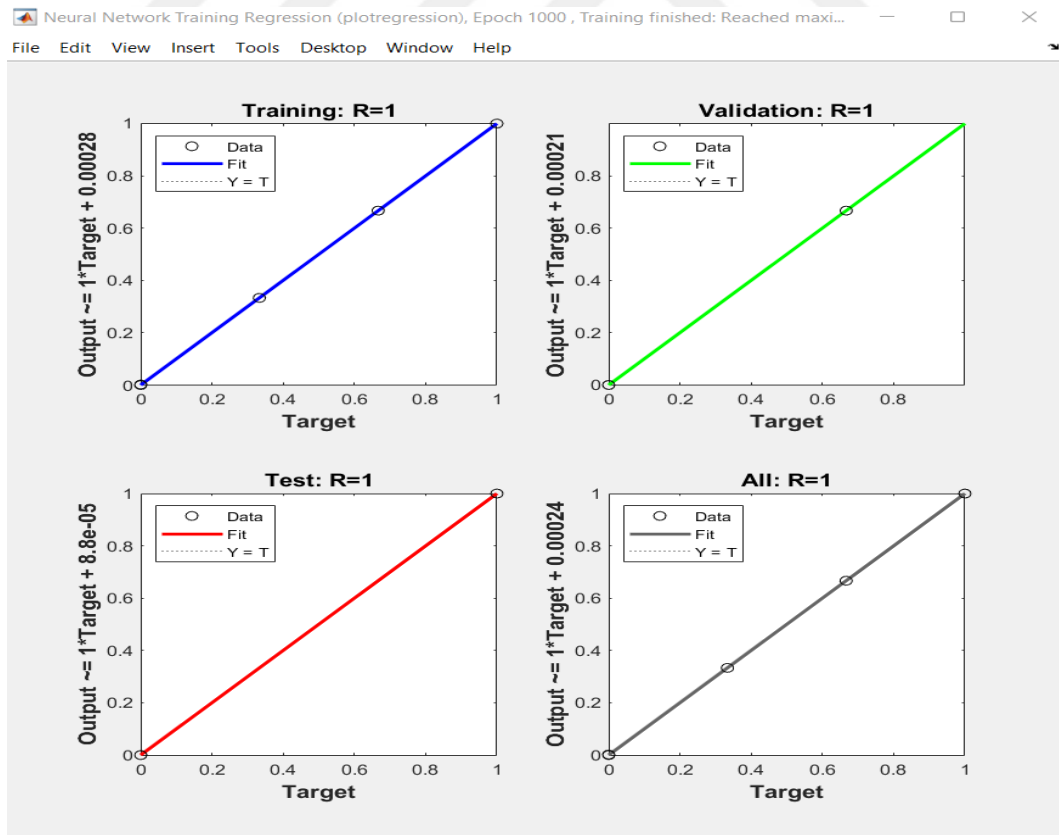
Şekil 4.7. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDX ile MATLAB/nntool genel yapısı



Şekil 4.8. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDX ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.9. Elman geri beslemeli ağ tipinde GDX ile hata grafikleri



Şekil 4.10. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDX ile hata grafikleri

Çizelge 4.4. Hat-1 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDX YSA sonuçları

Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0.0024	-0.0024
0	0.05	-0.05
0	0.72107	-0.72107
0	0.0334	-0.0334

Çizelge 4.5. Hat-1 Elman geri beslemeli ağ tipinde GDX YSA sonuçları

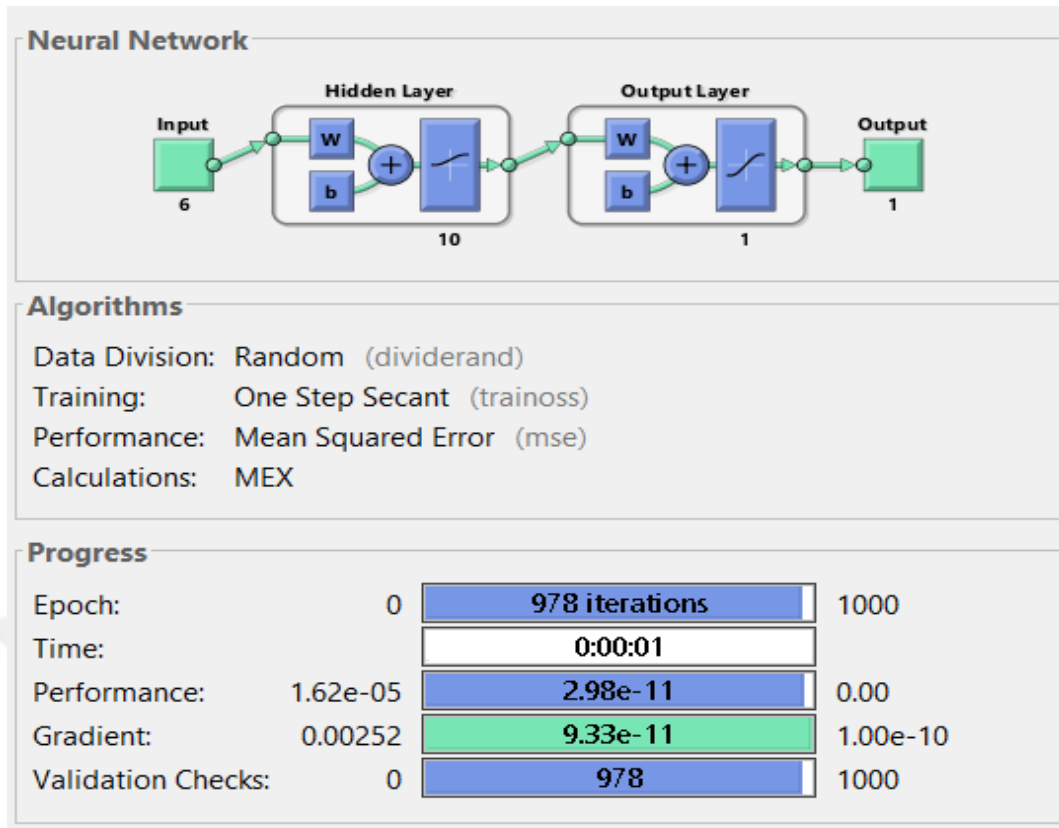
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0.28	-0.28
0	0.41	-0.41
0	0.26	-0.26
0	0.019	-0.019

Çizelge 4.6. Hat-1 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDX YSA sonuçları

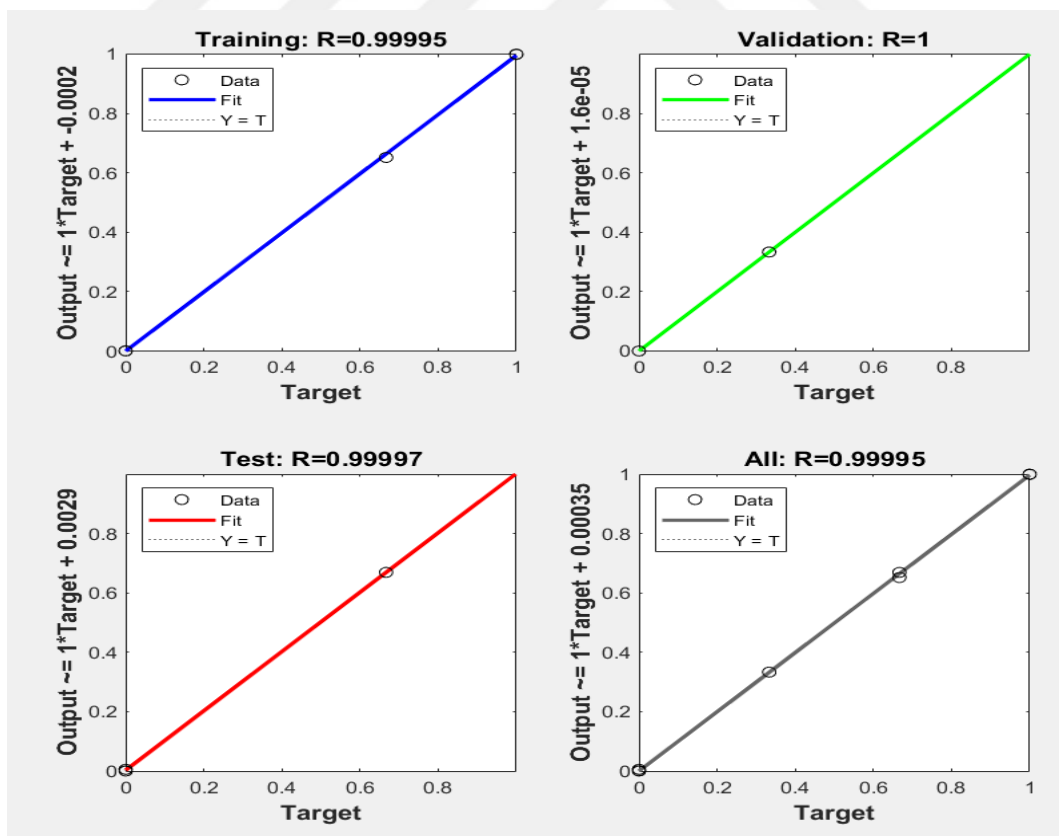
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0	0
0	0.12	-0.12
0	0	-0.99
0	0	-0.52

Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri 0 gerçek değeri toprak akımında arıza olduğunu bildirmektedir. Arıza tahmin edilen YSA sonuçları incelendiğinde değerlerin 0 değerine oldukça yakın olduğunu toprak akımında arıza tahminini yaptığı hata oranları incelendiğinde de görülmektedir. Hat-1 için ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde nntool genel yapısı ve regresyon grafikleri verilmiştir.

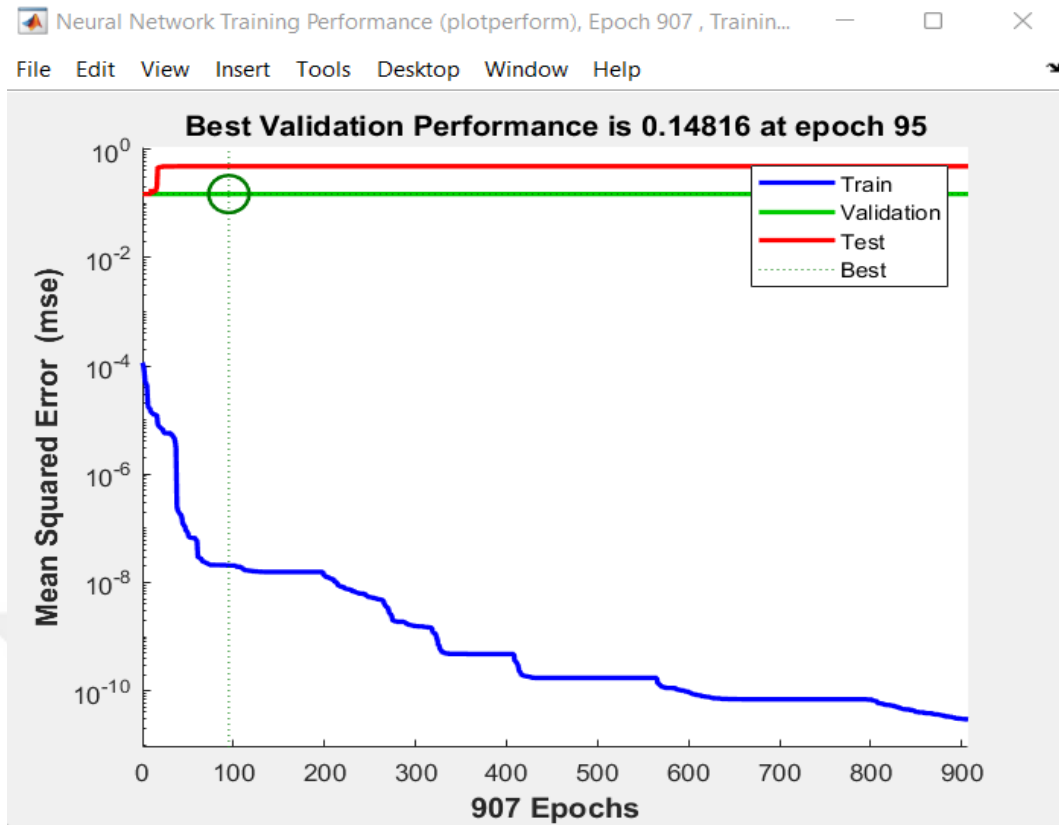
Elman geri beslemeli ağ ve kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tiplerinde test verileri arızalı faz çıktı değerleri, arıza tahmin edilen YSA sonuçları ve hata değerleri çizelgeleri verilmiştir.3 ağ tipinde en başarılı ağ ve algoritma incelenmiştir. Arıza türleri tespiti incelendiğinde türlerin tespitinde hata oranı oldukça düşüktür ve noktasal hatalar belirtilmiştir. Hat-1 için veri setinden alınan 4 adet test verilerinde arızanın 0 olduğu ve 0 değerinin toprak akımında arıza olduğu veri seti açıklama bölümünde belirtilmiştir. Yapay sinir ağları ile tespit edilen arıza sonuçları incelendiğinde değerlerin 0 ve 0 değerine çok yakın olduğu toprak akımında arıza olduğu sonucu elde edilmiştir. Noktasal hata oranları da ayrıca belirtilmiştir.



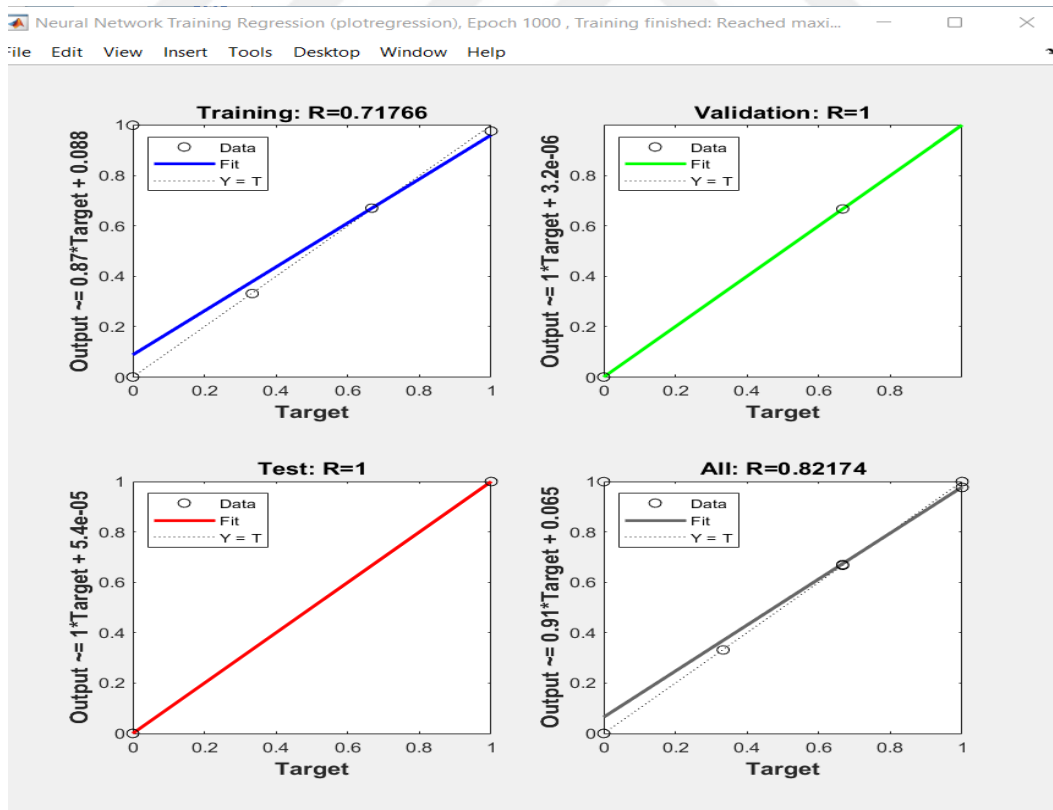
Şekil 4.11. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde OSS ile MATLAB/nnool genel yapısı



Şekil 4.12. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde OSS ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.13. Elman geri beslemeli ağ tipinde OSS ile hata grafikleri



Şekil 4.14. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde OSS ile hata grafikleri

Çizelge 4.7 Hat-1 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde OSS ile YSA sonuçları

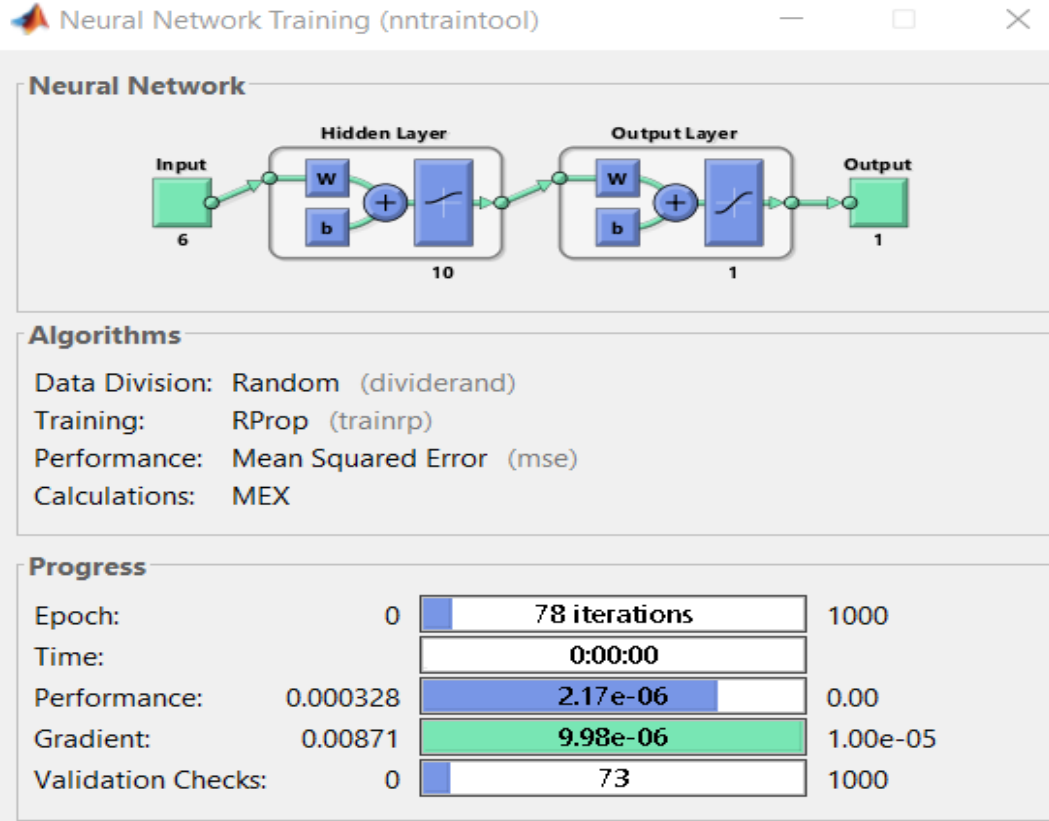
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0,0003	-0,0003
0	0,3110	-0,3110
0	0,9978	-0,9978
0	0,2723	-0,2723

Çizelge 4.8. Hat-1 Elman geri beslemeli ağ tipinde OSS YSA sonuçları

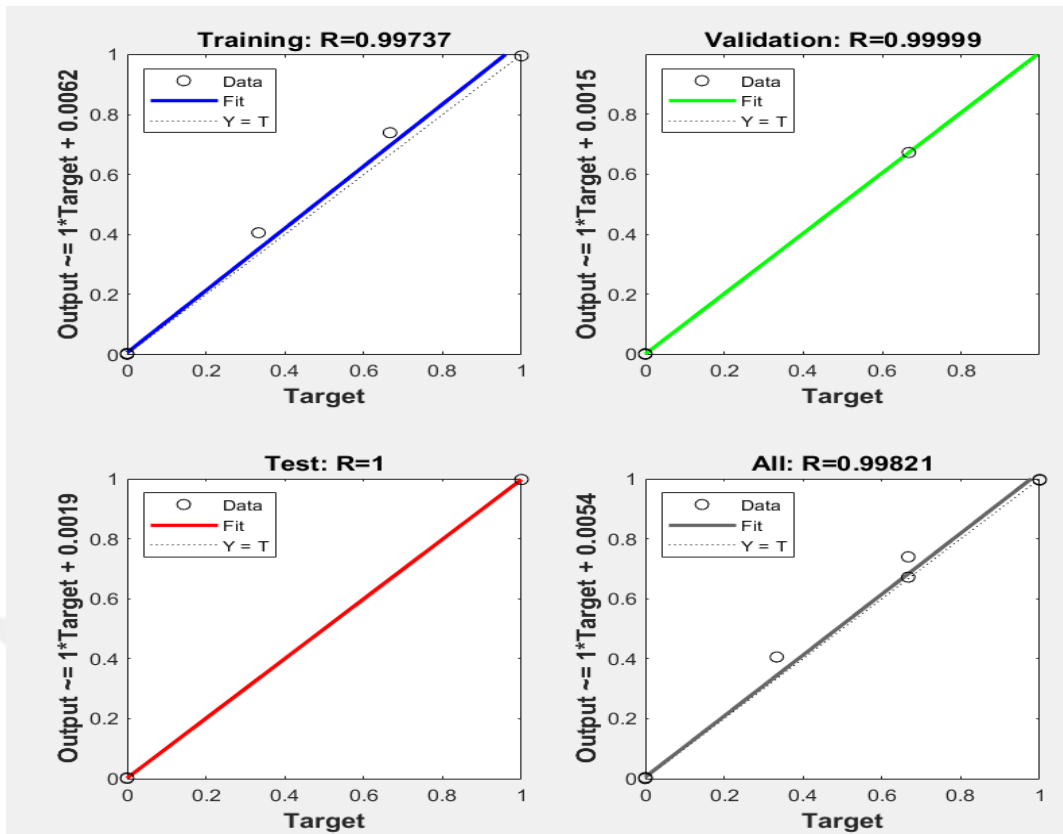
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0	0
0	0	0
0	0,99	-0,99
0	0,21	-0,21

Çizelge 4.9 Hat-1 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde OSS YSA sonuçları

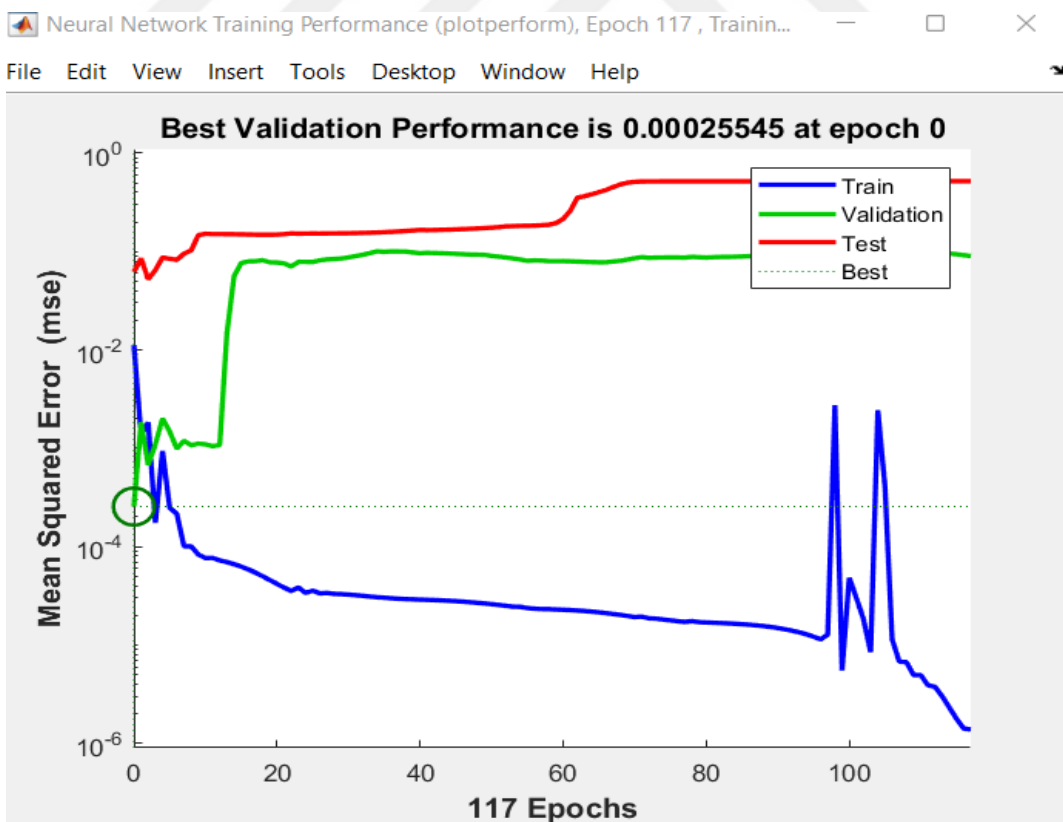
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0	0
0	0	0
0	0,99	-0,99
0	0,0002	-0,0002



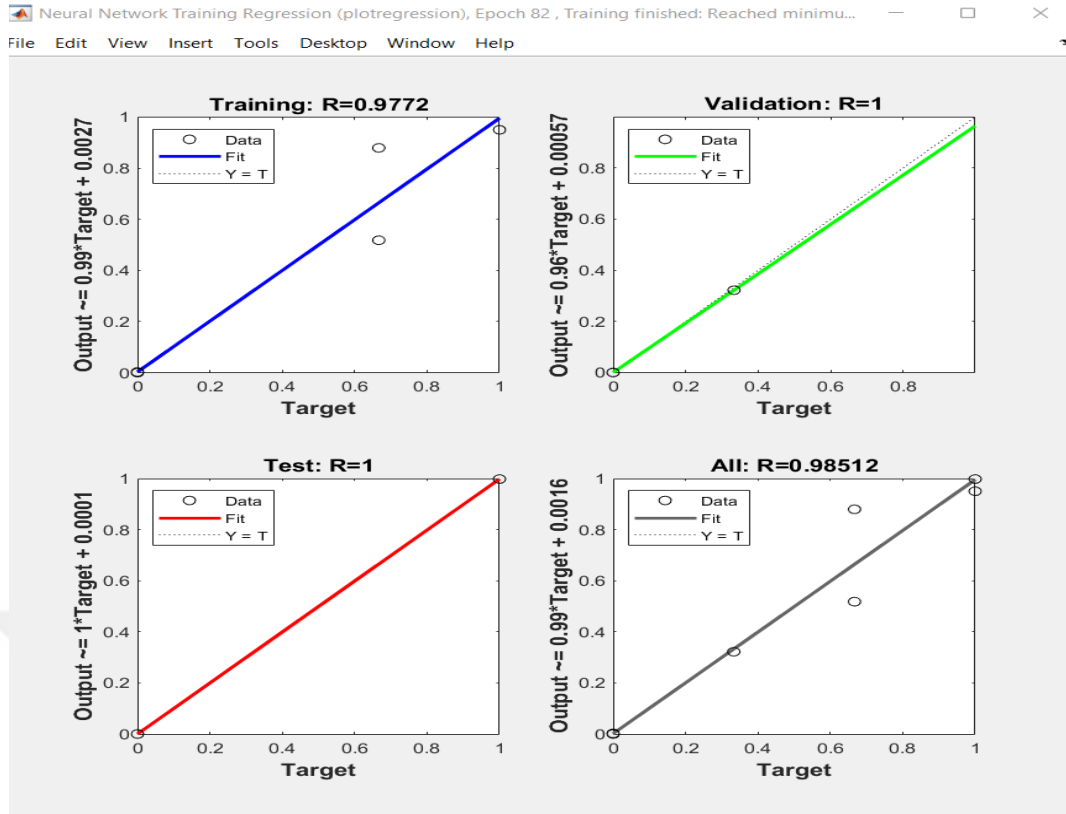
Şekil 4.15. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde NRP ile MATLAB/nnntool genel yapısı



Şekil 4.16 İleri beslemeli geri yayılım ağı tipinde NRP ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.17 Elman geri beslemeli ağı tipinde NRP ile hata grafikleri



Şekil 4.18. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde NRP ile hata grafikleri

Çizelge 4.10. Hat-1 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde NRP ile YSA sonuçları

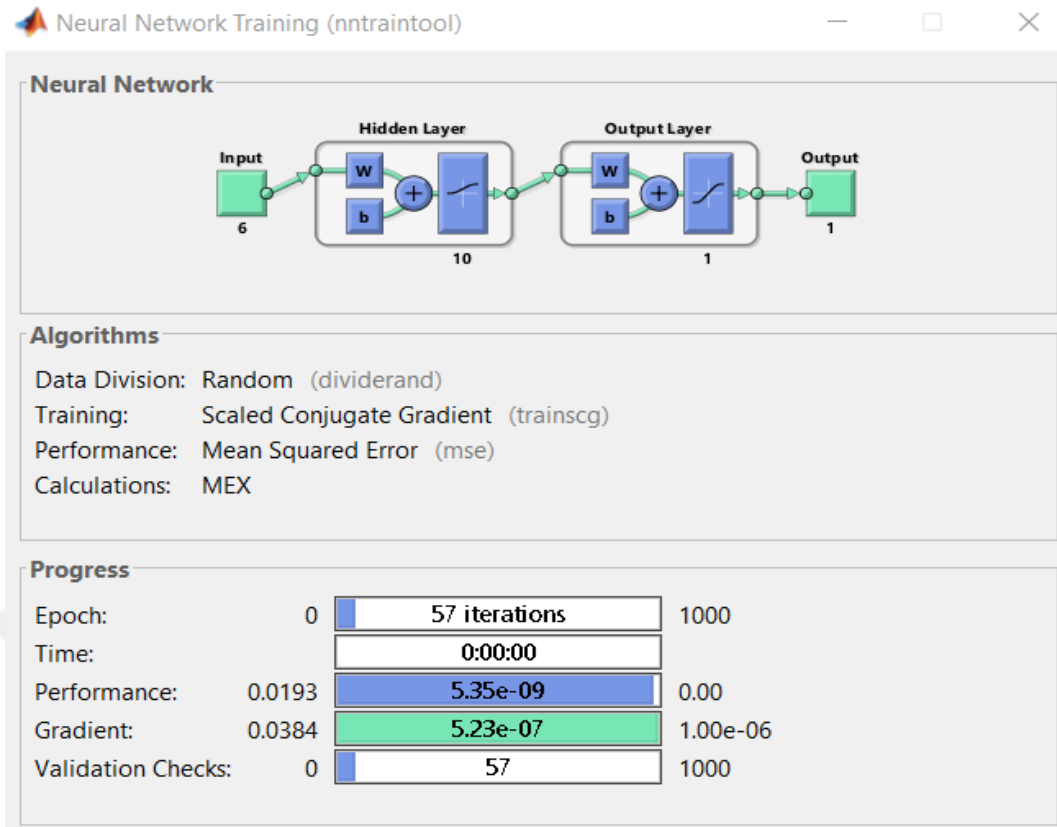
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0,0023	-0,0023
0	0,0019	-0,0019
0	0,0030	-0,0030
0	0,0019	-0,0019

Çizelge 4.11. Hat-1 Elman geri beslemeli ağ tipinde NRP YSA sonuçları

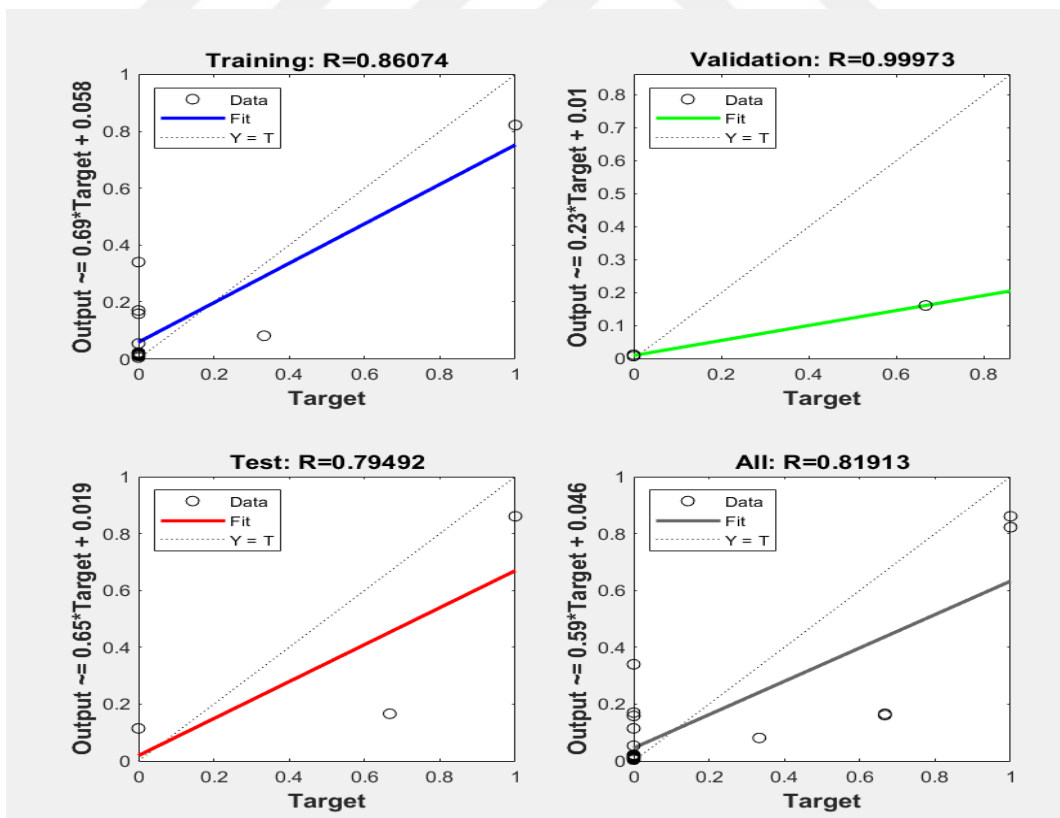
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0,0017	-0,0017
0	0,17	-0,17
0	1	-1
0	1	-1

Çizelge 4.12. Hat-1 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde NRP YSA sonuçları

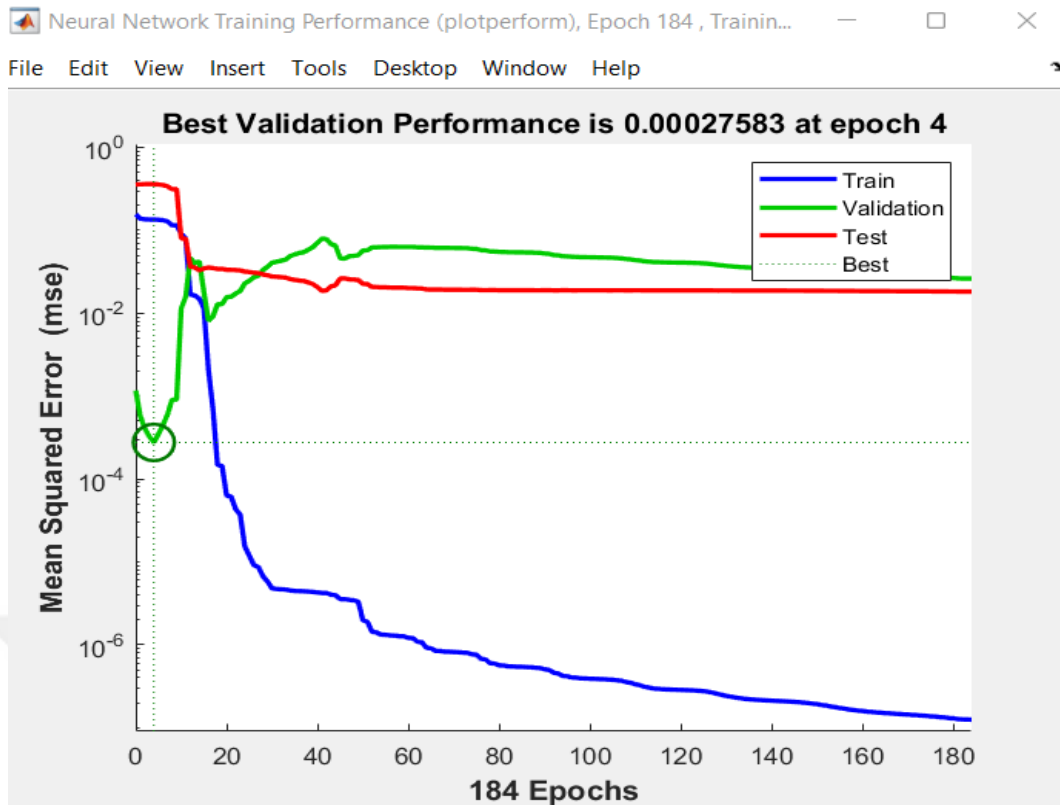
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0,0016	-0,0016
0	0,006	-0,006
0	0,02	-0,02
0	0	0



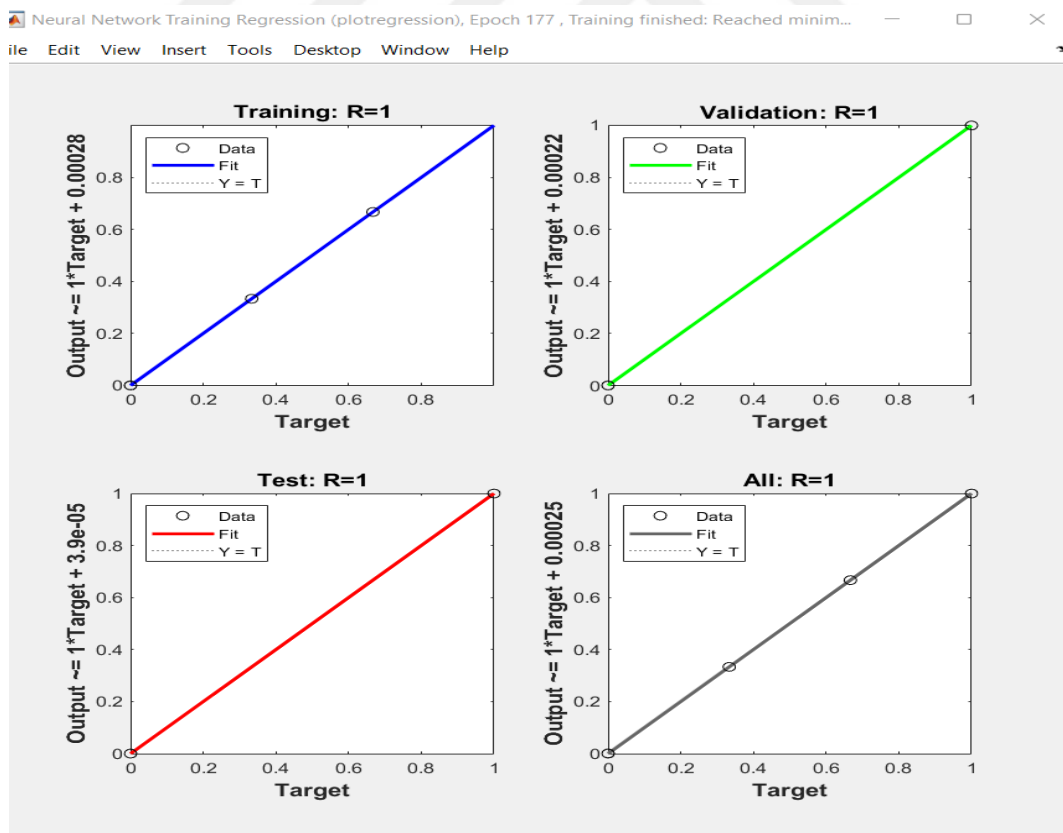
Şekil 4.19. İleri beslemeli geri yayılım ağı tipinde SCG ile MATLAB/nntool genel yapısı



Şekil 4.20. İleri beslemeli geri yayılım ağı tipinde SCG ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.21. Elman geri beslemeli ağ tipinde SCG ile hata grafikleri



Şekil 4.22. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde SCG ile hata grafikleri

Çizelge 4.13. Hat-1 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde SCG ile YSA sonuçları

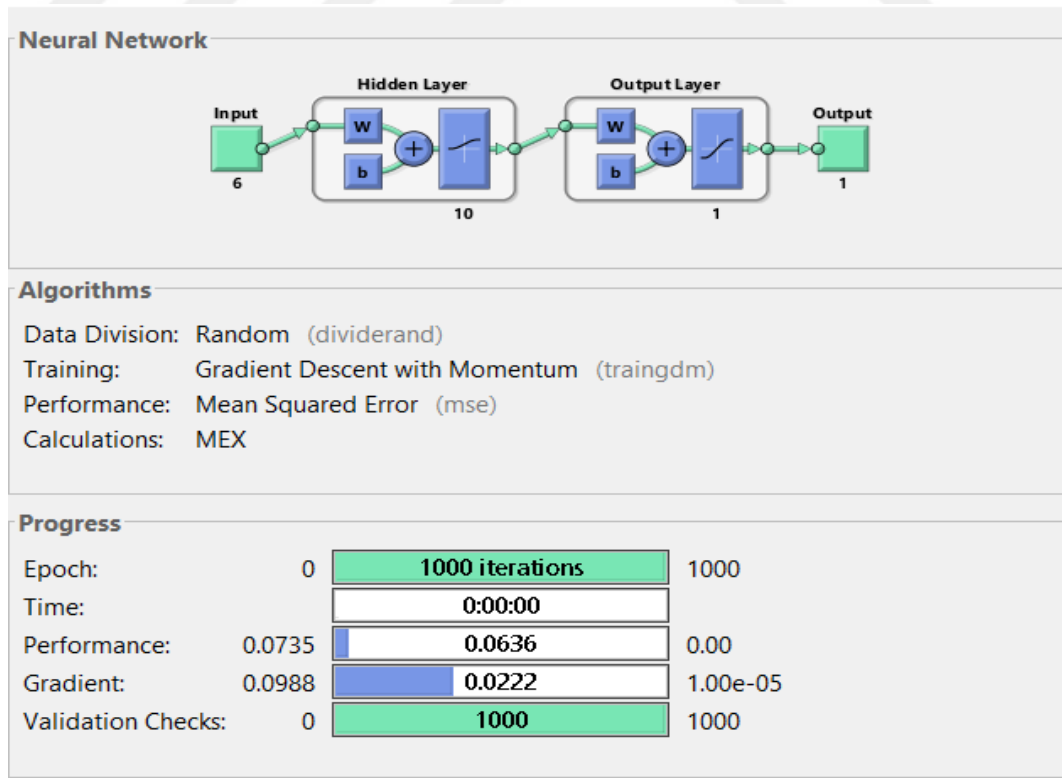
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0.0127	-0.0127
0	0.1386	-0.1386
0	0.7282	-0.7282
0	0.0570	-0.0570

Çizelge 4.14. Hat-1 Elman geri beslemeli ağ tipinde SCG YSA sonuçları

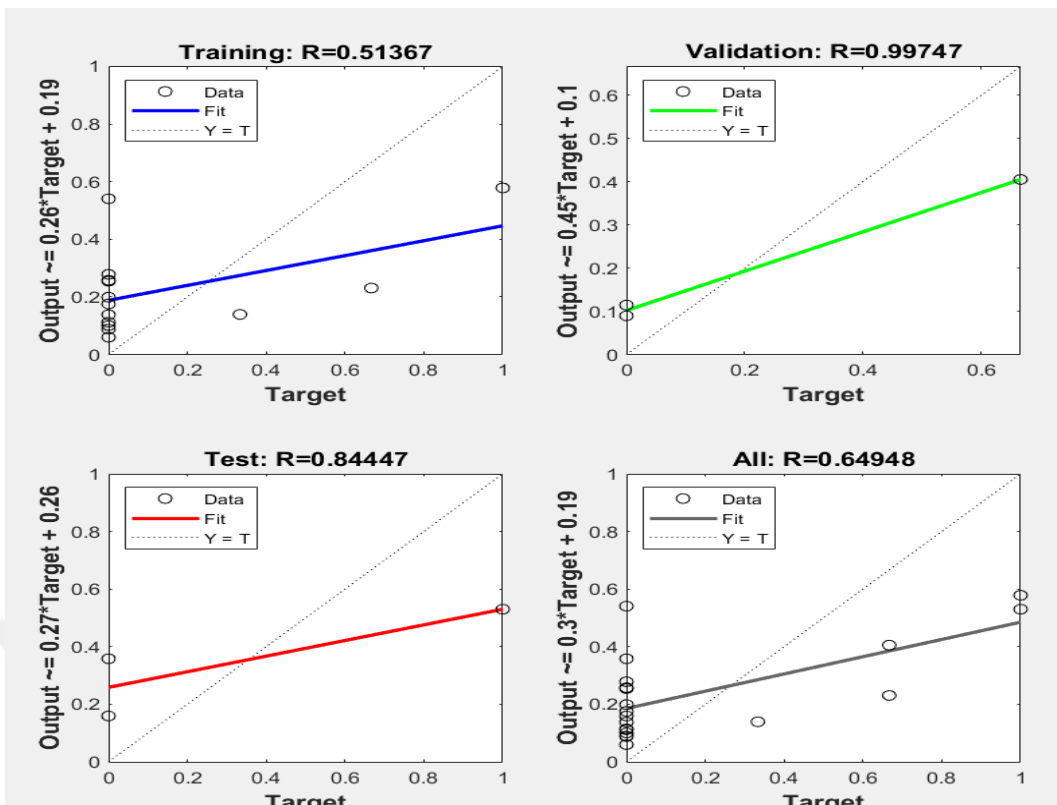
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0	0
0	0	0
0	0.04	-0.04
0	0	0

Çizelge 4.15. Hat-1 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde SCG YSA sonuçları

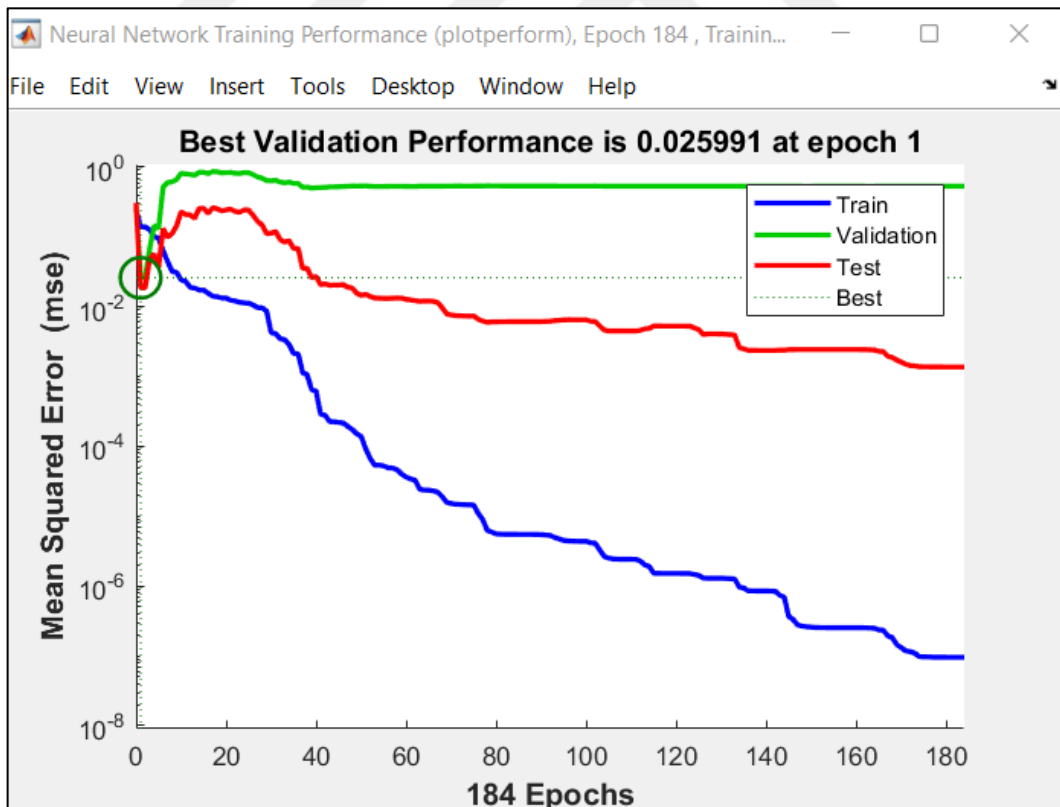
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0.0003	-0.0003
0	0.001	-0.001
0	0.95	-0.95
0	0.99	-0.99



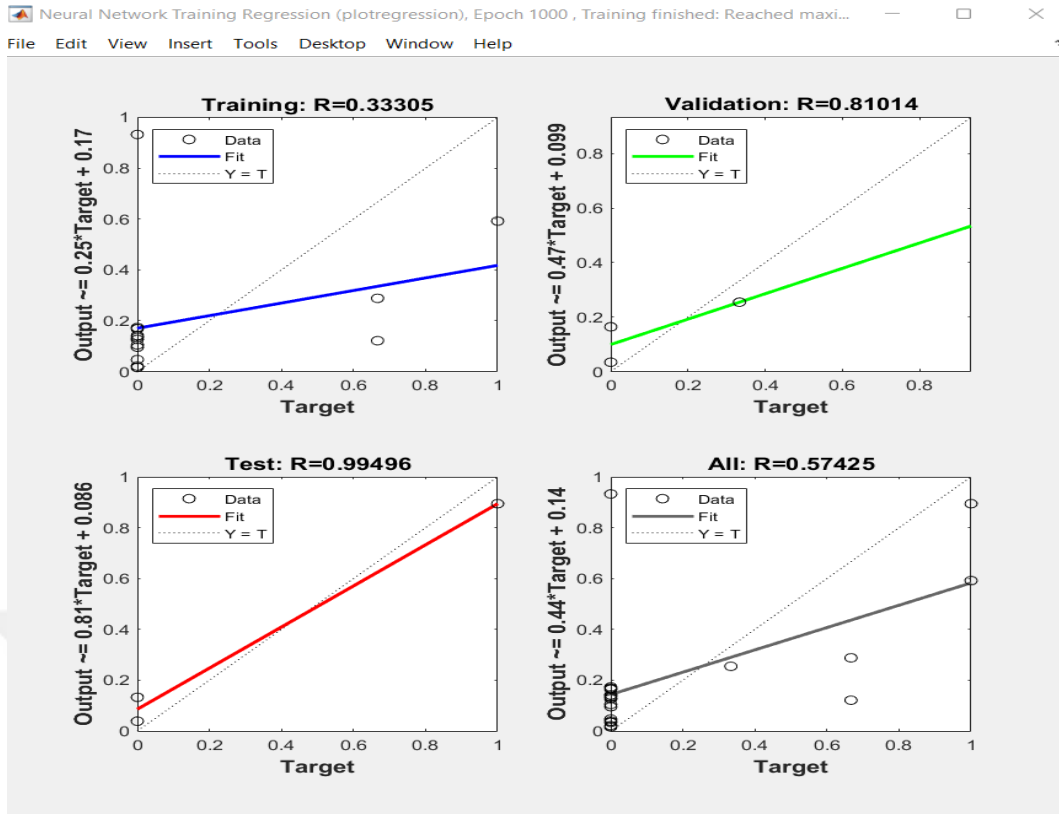
Şekil 4.23. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDM ile MATLAB/nntool genel yapısı



Şekil 4.24. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDM ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.25 Elman geri beslemeli ağ tipinde GDM ile hata grafikleri



Şekil 4.26. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDM ile hata grafikleri

Çizelge 4.16. Hat-1 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDM ile YSA sonuçları

Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0.1254	-0.1254
0	0.2537	-0.2537
0	0.4051	-0.4051
0	0.0245	-0.0245

Çizelge 4.17. Hat-1 Elman geri beslemeli ağ tipinde GDM YSA sonuçları

Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0.21	-0.21
0	0.16	-0.16
0	0.35	-0.35
0	0.12	-0.12

Çizelge 4.18. Hat-1 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDM YSA sonuçları

Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
0	0.13	-0.13
0	0.34	-0.34
0	0.79	-0.79
0	0.19	-0.19

Hat-1 dağıtım hattı için en başarılı sonuç ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde NRP eğitim algoritması ile tahminde bulunmuştur. En başarısız yöntem ise OSS yöntemi olmuştur. Regresyon grafiklerinde 1 değerine ne kadar yakınsa tahmin doğruluğu o

derece yüksektir. Hata değerleri ve kıyaslamaları çizelgede gösterilmiştir. En başarılı yöntem MAD (Mean Absolte Deviation) , MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Square Error) değerleri kıyaslandığında tahmin edilmiştir. Elman geri beslemeli ağ tipinde en başarılı tahmin SCG eğitim algoritması olmuştur. En başarısız yöntem ise NRP yöntemi olmuştur. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde en başarılı sonuç NRP olmuştur. En başarısız sonuç SCG algoritması olmuştur.

Çizelge 4.19 HAT-1 dağıtım hattında kullanılan yöntemler ve hataları

Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
İleri Beslemeli Geri Yayımlı Ağ	GDX	0.20	0.13	0.36
	OSS	0.39	0.29	0.54
	NRP	0	0	0
	SCG	0.23	0.13	0.37
	GDM	0.20	0.06	0.24
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Elman Geri Beslemeli Ağ	GDX	0.24	0.07	0.26
	OSS	0.30	0.25	0.5
	NRP	0,54	0,50	0.70
	SCG	0.01	0.004	0.06
	GDM	0.21	0.05	0.22
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde	GDX	0.40	0.31	0.55
	OSS	0.30	0.25	0.5
	NRP	0,006	0,0011	0,033
	SCG	0.48	0.47	0.68
	GDM	0.36	0.19	0.43

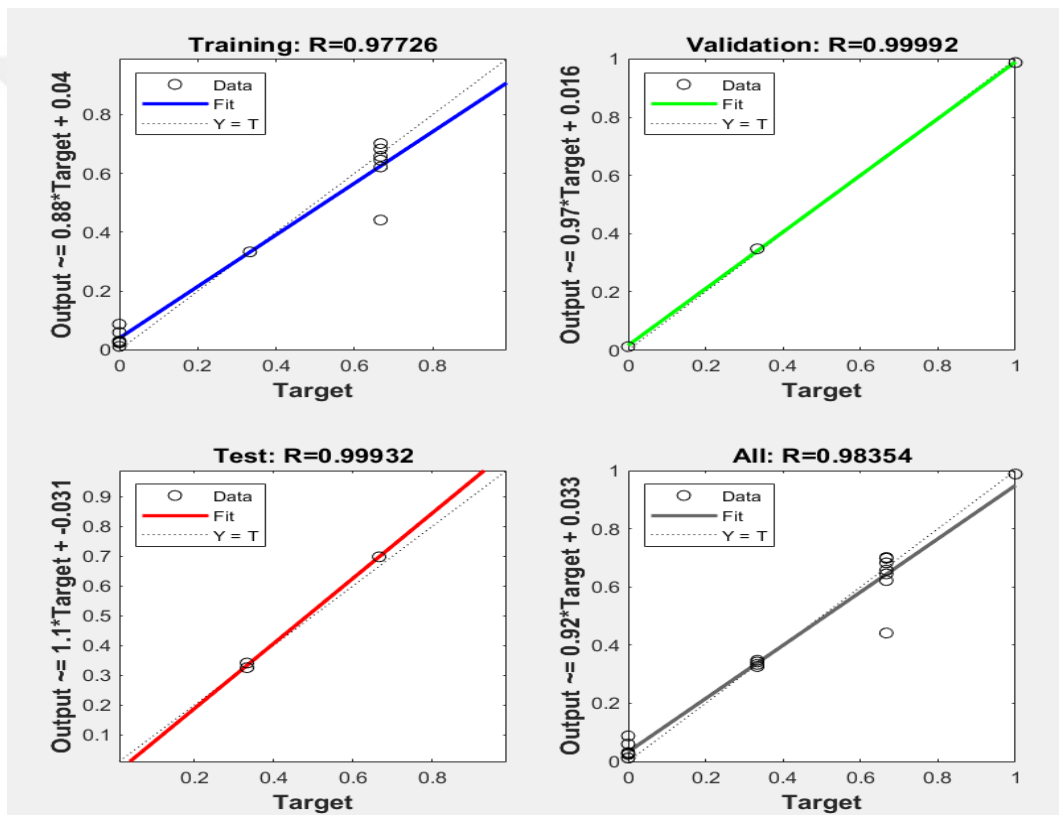
4.2.2. Hat-2 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme

19 adet arıza eğitim verisi ve 6 adet arıza test verisi kullanılmıştır. Hat-2 elektrik dağıtım hattında giriş ve gizli katmanda Logaritmik Sigmoid fonksiyonu (Logsig), çıkış katmanında lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Hat-2 dağıtım hattında iterasyon 1000 olarak karar kılınmıştır. Gizli katmanda nöron sayısı 10 olarak belirlenmiştir. İleri beslemeli geri yayımlı ağ tipi, Elman geri beslemeli ağ tipi ve Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipi ile beş farklı adet eğitim algoritması sırasıyla aa GDX (Variable Learning Rate Gradient Descent), LM(Levenberg-Marquardt), OSS (One Step Secant), GDM (Gradient Descent with Momentum), SCG (Scaled Conjugate Gradient) kullanılarak yapılmıştır. Sırası ile yöntemlerin beklenen arızalı faz değerleri ve tahmin edilmesi beklenen arızalı faz değerleri ve hata oranları verilmiştir. Tüm eğrilerin regresyon değerleri 1'e yakın olup iyidir.

Çizelge 4.20 HAT-2 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDX YSA sonuçları

Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,80	0,20
1	0,68	0,32
0,5	0,40	0,10
0	0,52	0,52
1	0,73	0,27
0,5	0,85	0,35

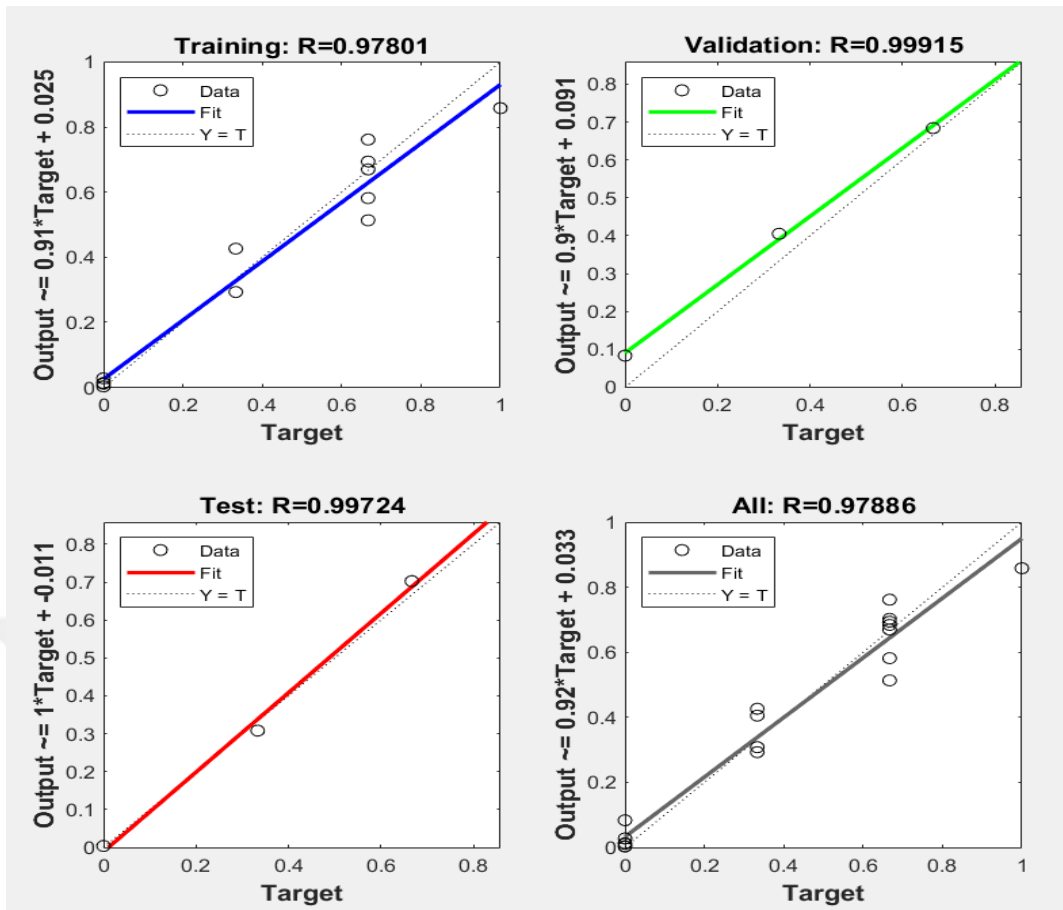
Test Verileri Arızalı Faz Çıktı Değeri 0 numaralı değer toprak akımında arıza olduğunu bildirmektedir. 1 numaralı değer L1, L2 ve L3 numaralı faz akım değerinde arıza olduğunu, 0,5 numaralı değer 1 ve 2 numaralı faz akım değerinde arıza olduğunu göstermektedir. Tahmin değerleri ve hata değerleri çizelgede belirtilmiştir.



Şekil 4.27. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDX ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.21. HAT-2 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde LM YSA sonuçları

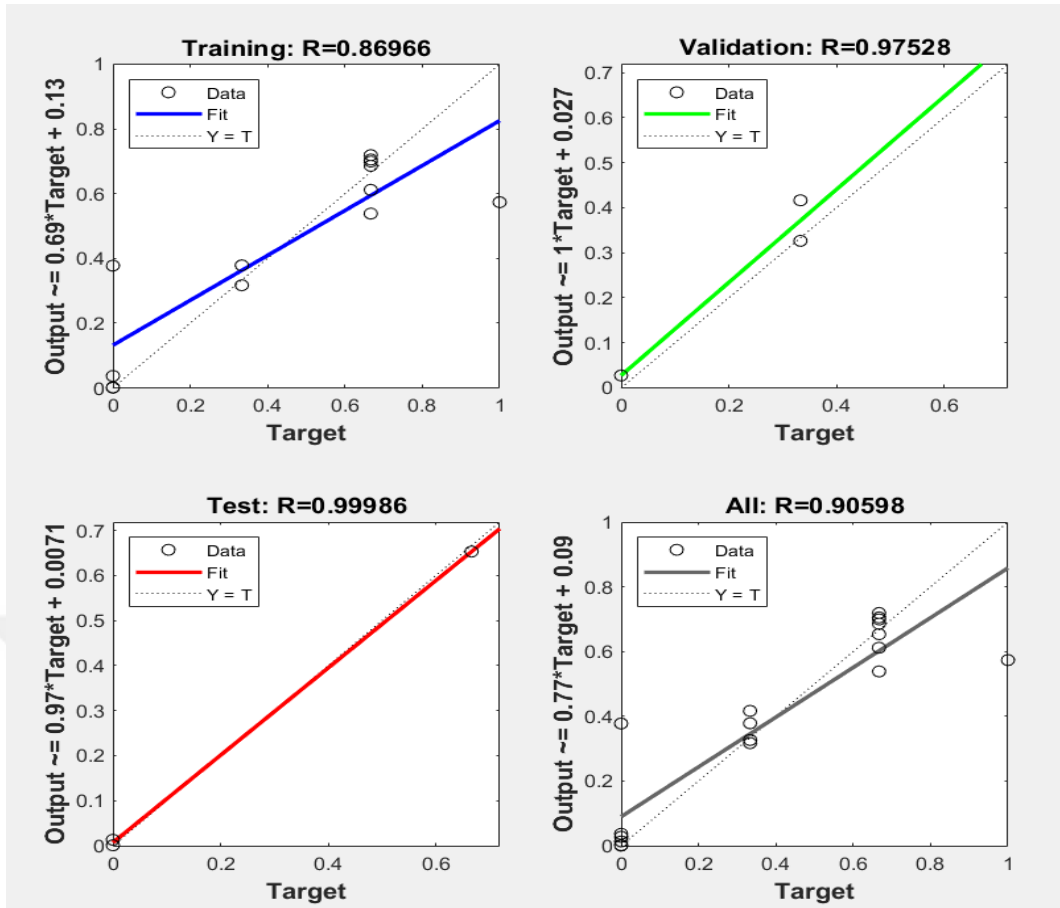
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,90	0,10
1	0,30	0,70
0,5	0,40	0,10
0	0,50	- 0,5
1	0,70	0,3
0,5	0,80	-0,30



Şekil 4.28. İleri beslemeli geri yayılım ağı tipinde LM ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4. 22 HAT-2 İleri beslemeli geri yayılım ağı tipinde OSS YSA sonuçları

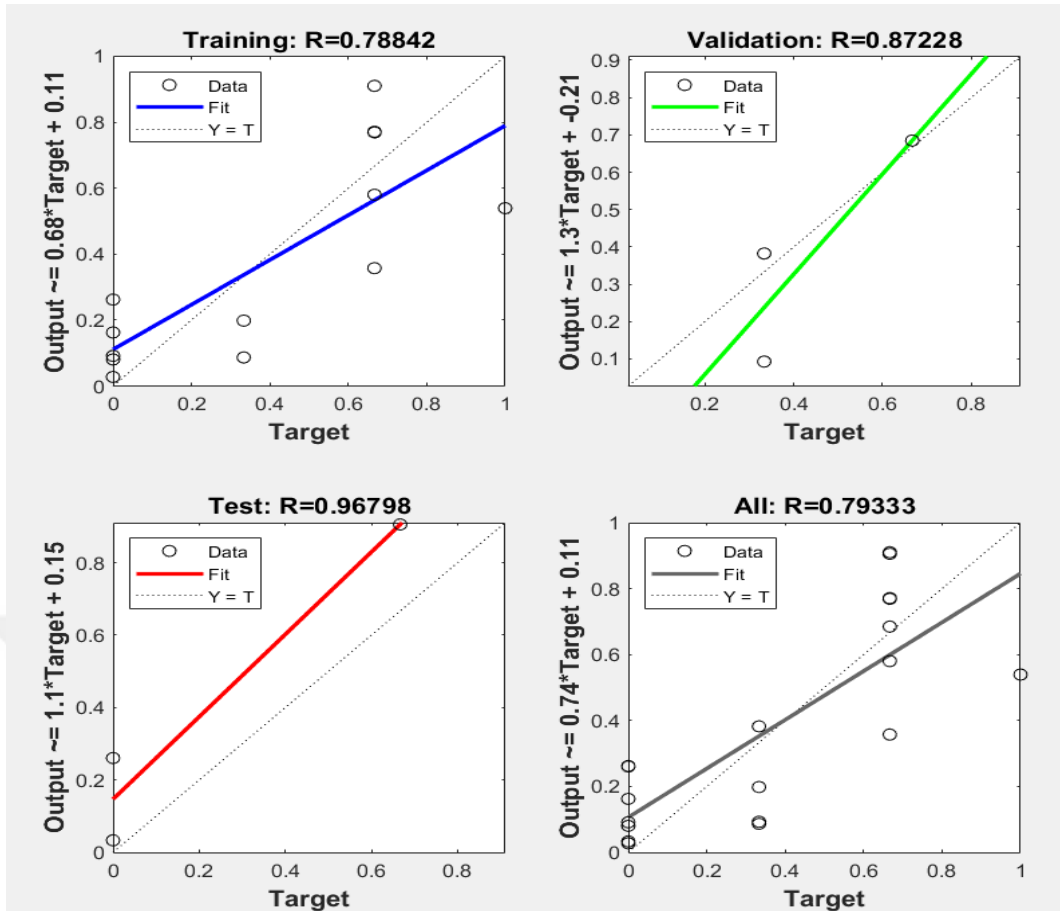
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	1	0
1	0,03	0,97
0,5	0,98	-0,48
0	0,99	-0,99
1	1	0
0,5	0,99	-0,49



Şekil 4.29. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde OSS ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.23. HAT-2 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDM YSA sonuçları

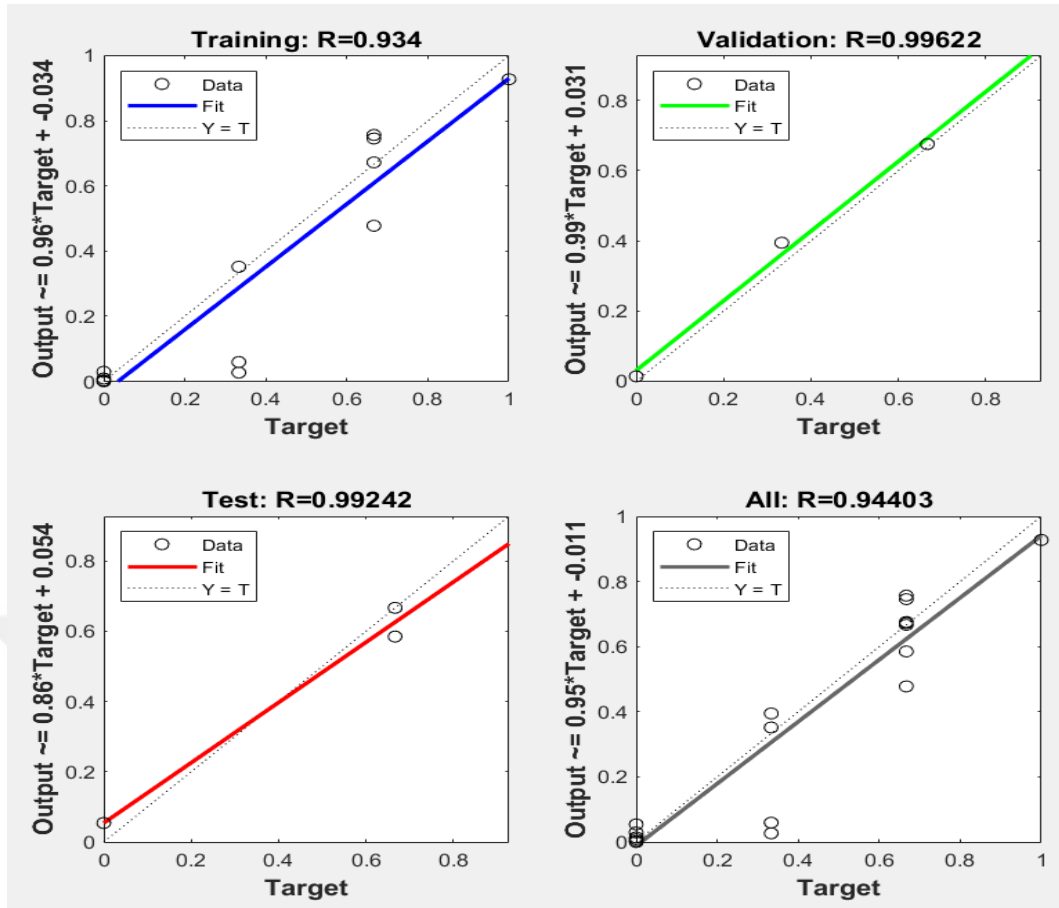
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,93	0,7
1	0,47	0,53
0,5	0,76	-0,26
0	0,52	- 0,52
1	0,76	0,24
0,5	0,77	-0,27



Şekil 4.30. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde GDM ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.24 HAT-2 İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde SCG YSA sonuçları

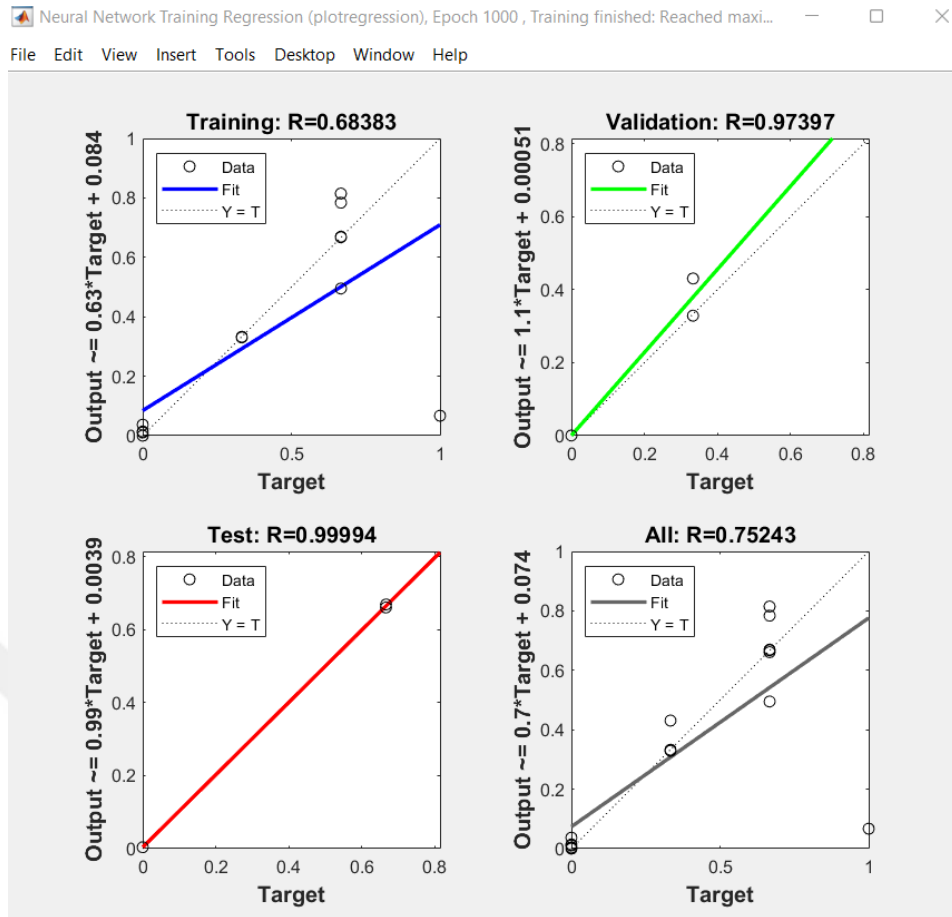
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,90	0,10
1	0,20	0,80
0,5	0,60	-0,10
0	0,30	- 0,30
1	0,60	0,40
0,5	0,60	-0,10



Şekil 4.31. İleri beslemeli geri yayılım ağ tipinde SCG ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.25 HAT-2 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDX YSA sonuçları

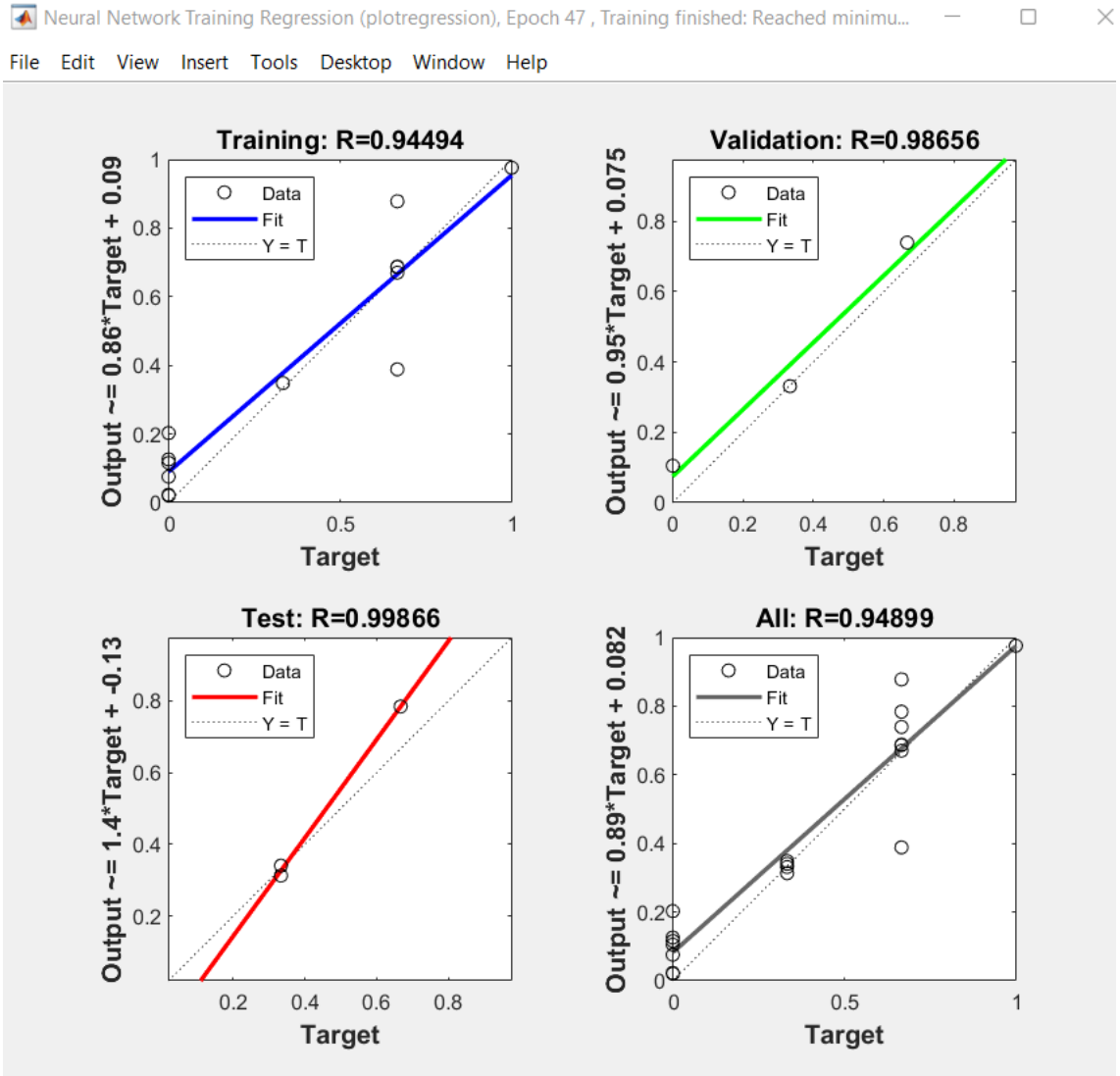
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,95	0,05
1	0,42	0,58
0,5	0,98	-0,48
0	0	0
1	1	0
0,5	0,50	-0,5



Şekil 4.32. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDX ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.26 HAT-2 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde LM YSA sonuçları

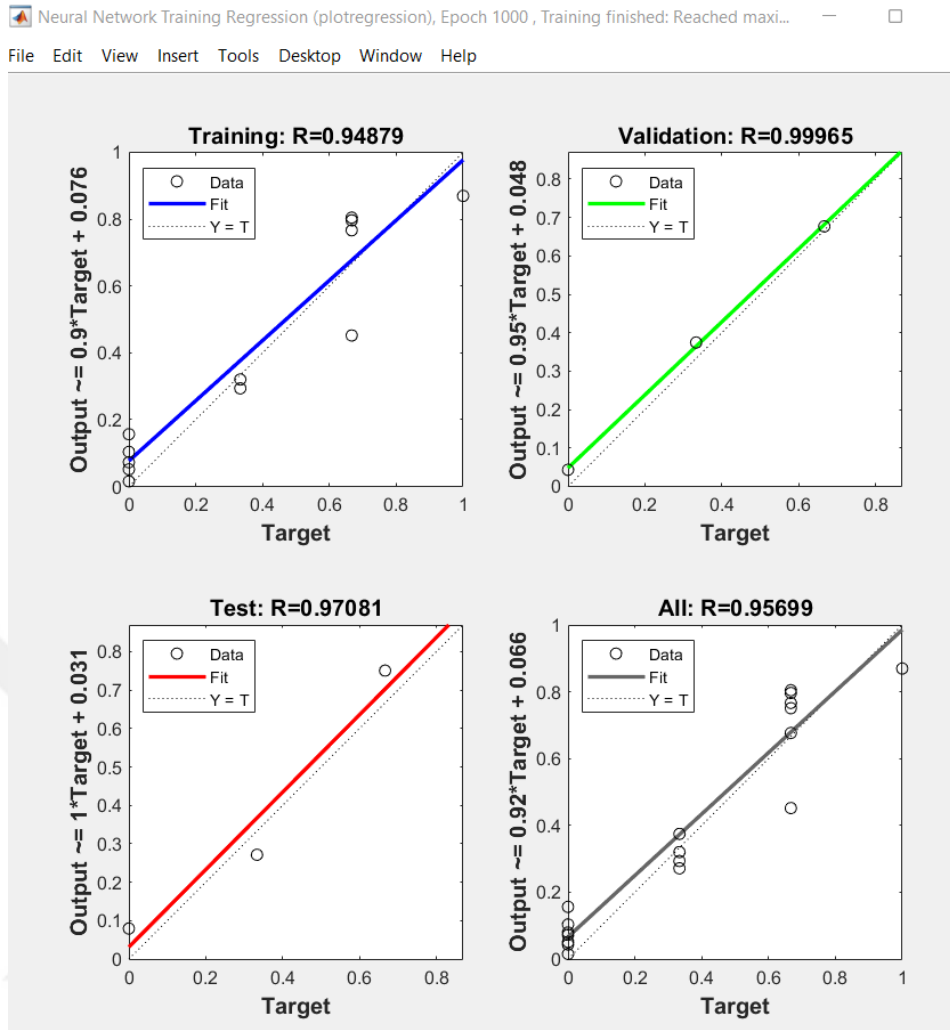
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen	Noktasal Hatalar
YSA Sonuçları		
1	1	0
1	0,60	0,40
0,5	0,98	-0,48
0	0,79	-0,79
1	1	0
0,5	0,99	-0,49



Şekil 4.33. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde LM ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.27 HAT-2 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde OSS YSA sonuçları

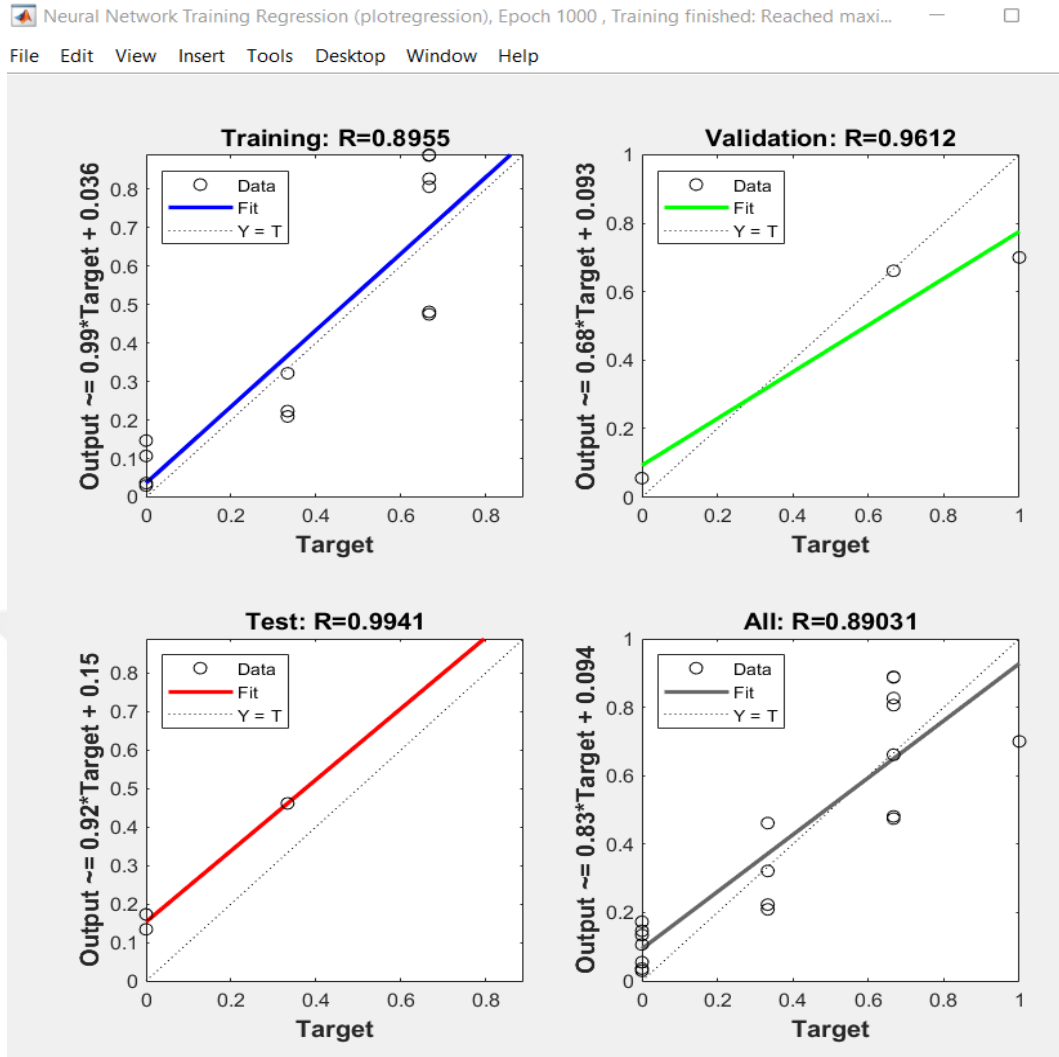
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0.80	0.20
1	0.71	0.29
0.5	0.91	-0.41
0	0.46	-0.46
1	1	0
0.5	0.99	-0.49



Şekil 4.34. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde OSS ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.28 HAT-2 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDM YSA sonuçları

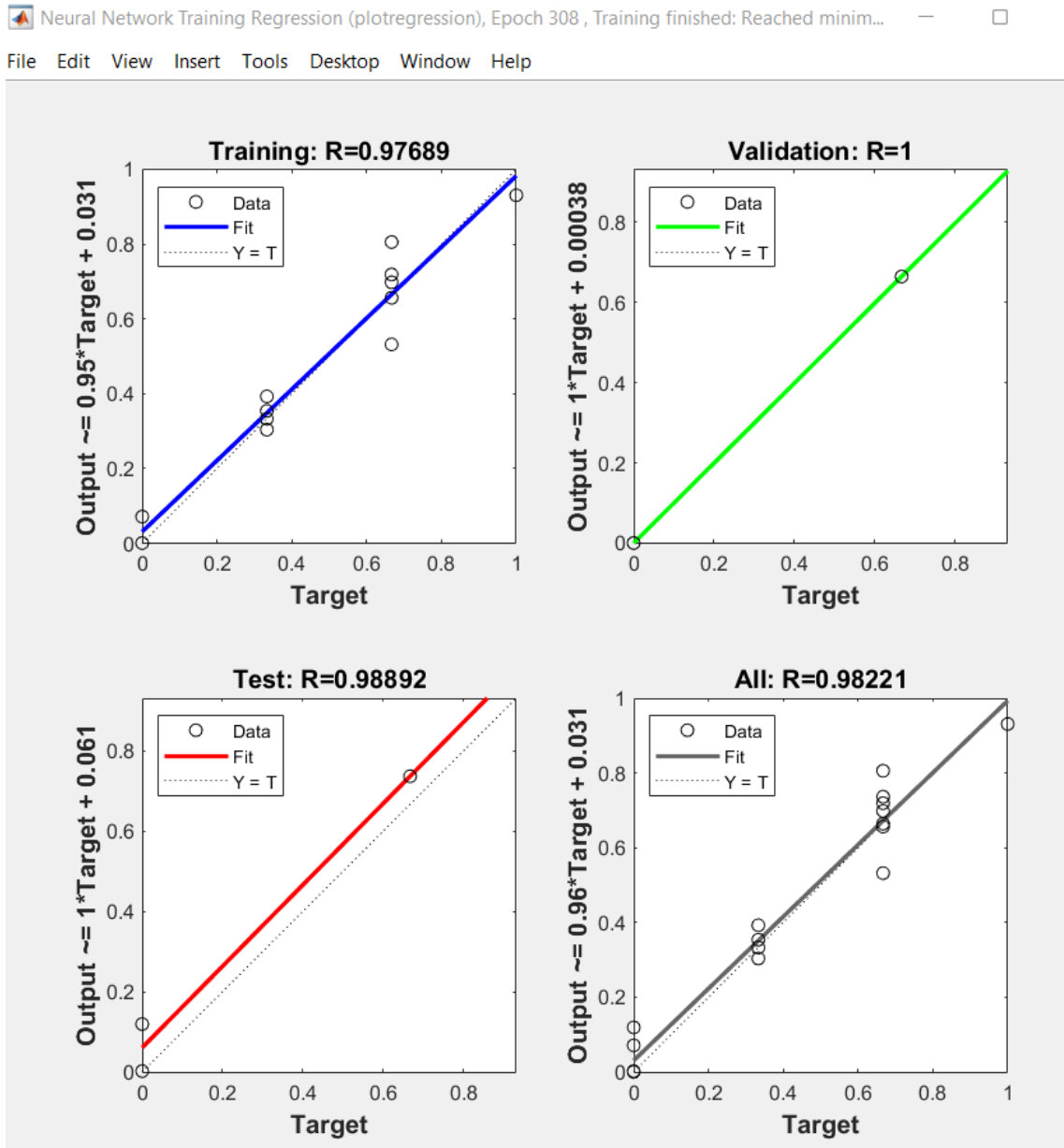
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0.80	0.20
1	0.89	0.11
0.5	0.27	0.23
0	0.24	-0.24
1	0.56	0.44
0.5	0.54	-0.04



Şekil 4.35. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDM ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.29 HAT-2 Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde SCG YSA sonuçları

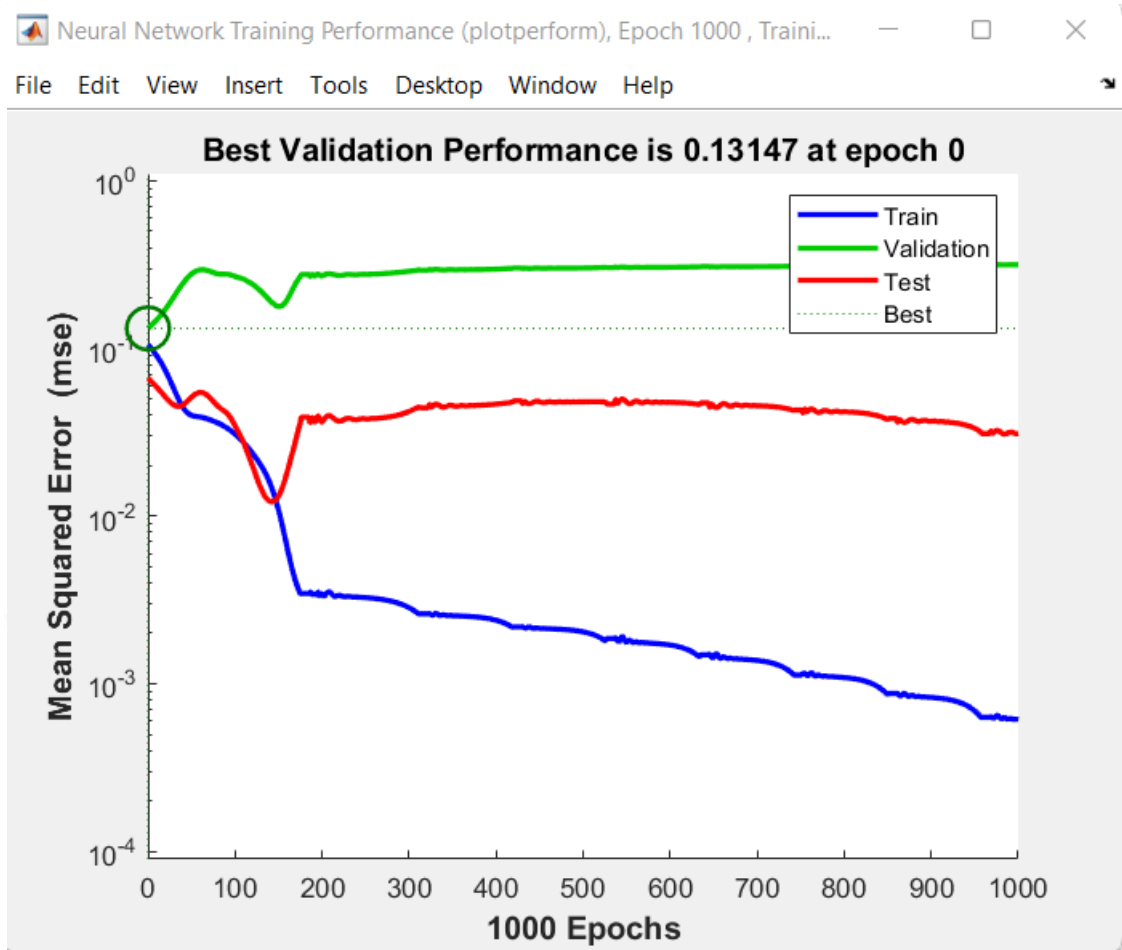
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,95	0,05
1	0,66	0,34
0,5	0,99	-0,49
0	0,99	-0,99
1	0,99	0,01
0,5	0,99	-0,49



Şekil 4.36. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde SCG ile nntool ile regresyon grafikleri

Çizelge 4.30 Elman geri beslemeli ağ tipinde GDX YSA sonuçları

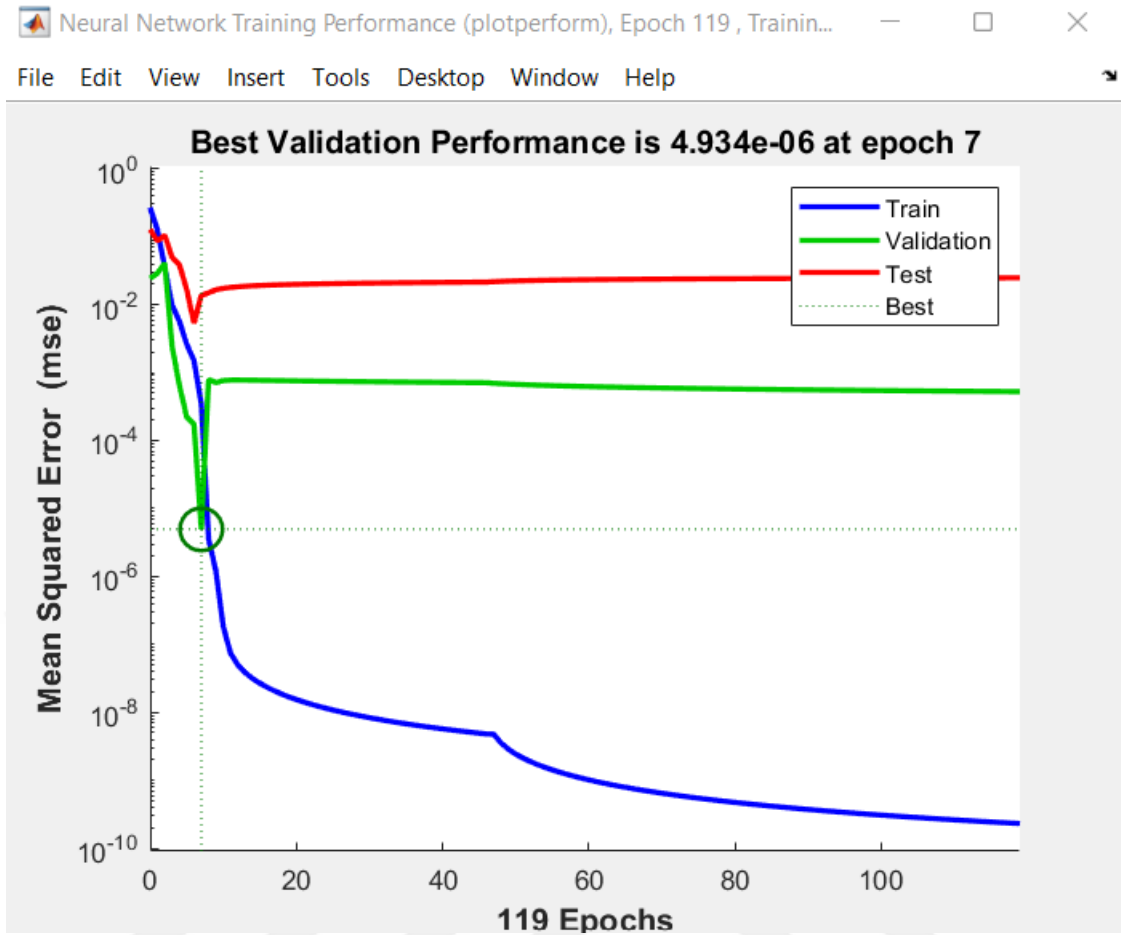
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,87	0,13
1	0,77	0,23
0,5	0,99	-0,49
0	0,94	-0,94
1	1	0
0,5	0,99	-0,49



Şekil 4.37. Elman geri beslemeli ağ tipinde GDx ile hata grafikleri

Çizelge 4.31 Elman geri beslemeli ağ tipinde LM YSA sonuçları

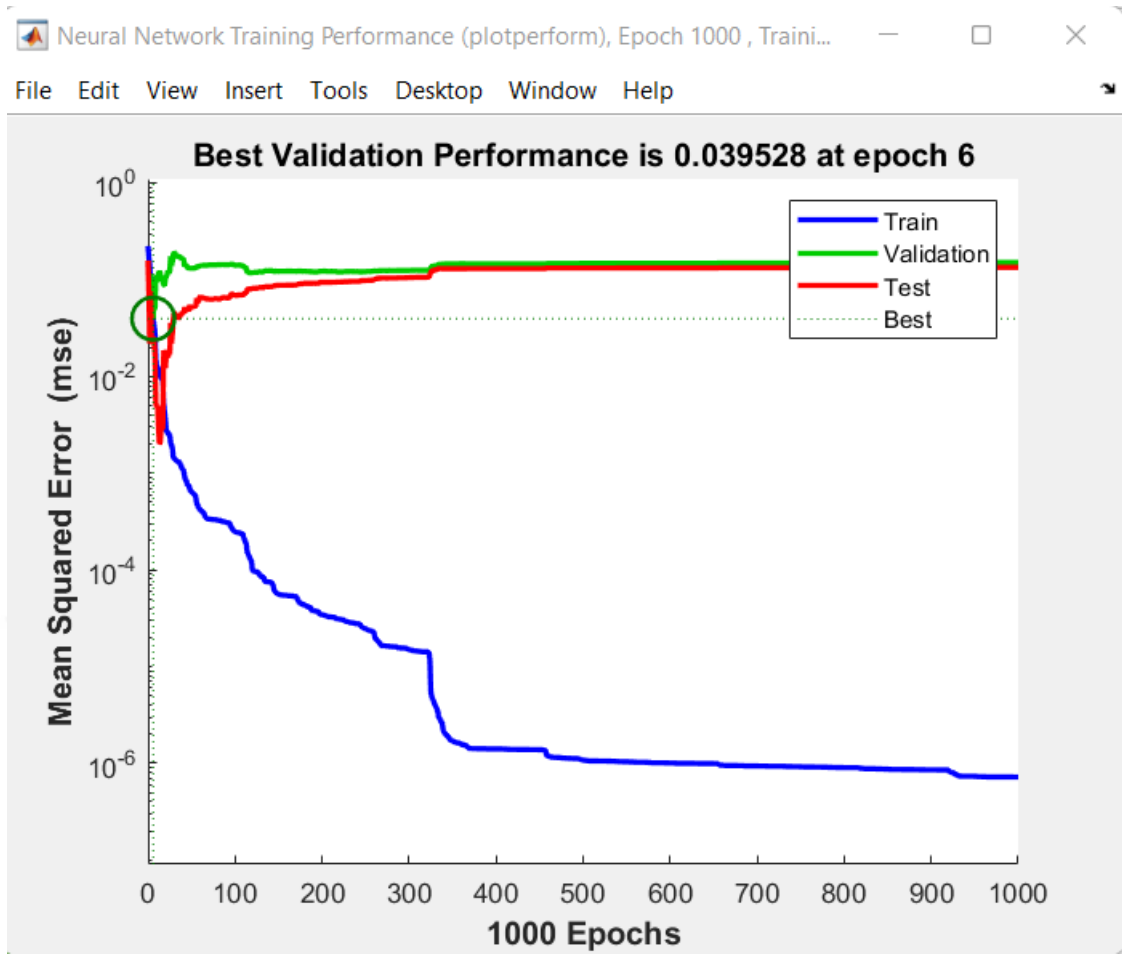
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,93	0,07
1	0,28	0,72
0,5	0,96	-0,46
0	0,88	-0,88
1	1	0



Şekil 4.38.Elman geri beslemeli ağ tipinde LM ile hata grafikleri

Çizelge 4.32 Elman geri beslemeli ağ tipinde OSS YSA sonuçları

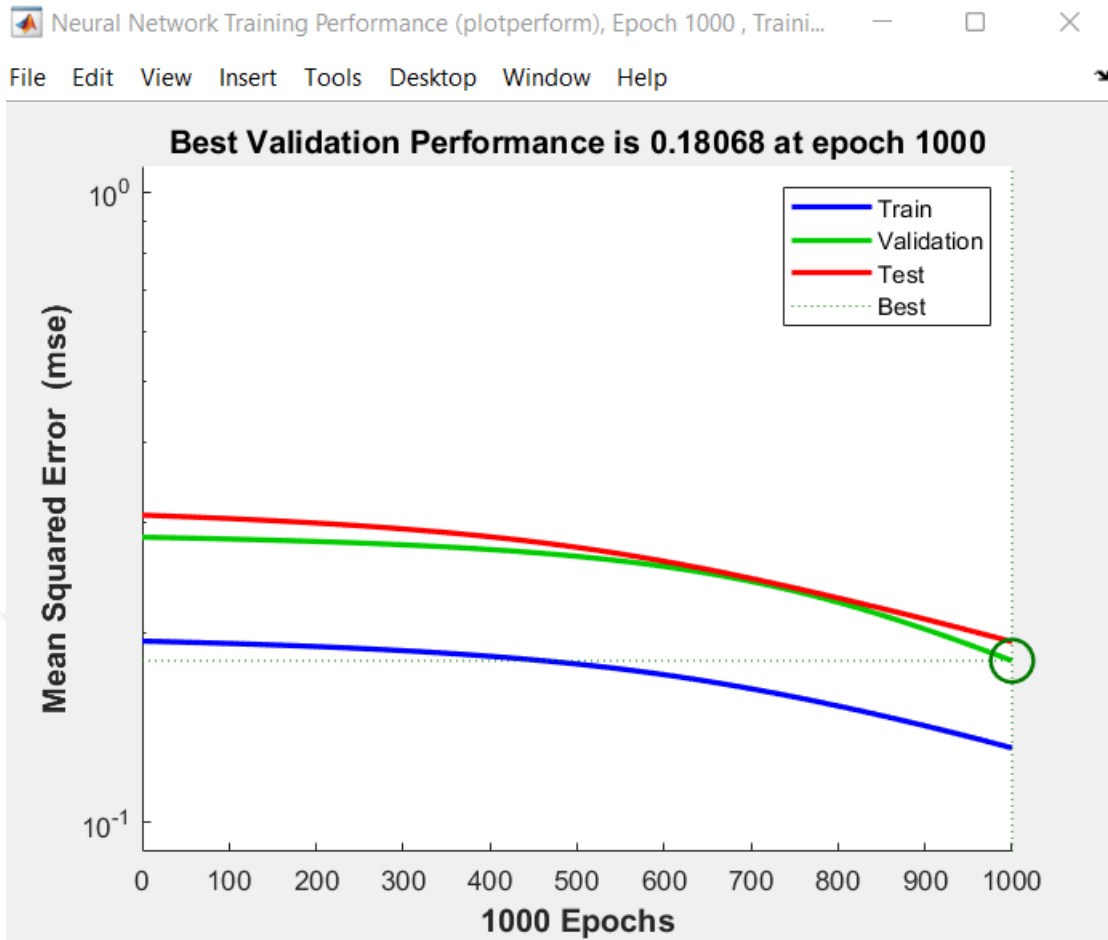
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,98	0,02
1	0,83	0,17
0,5	0,96	-0,46
0	0,64	-0,64
1	0,97	0,02
0,5	0,94	-0,44



Şekil 4.39 Elman geri beslemeli ağ tipinde OSS ile hata grafikleri

Çizelge 4.33 Elman geri beslemeli ağ tipinde GDM YSA sonuçları

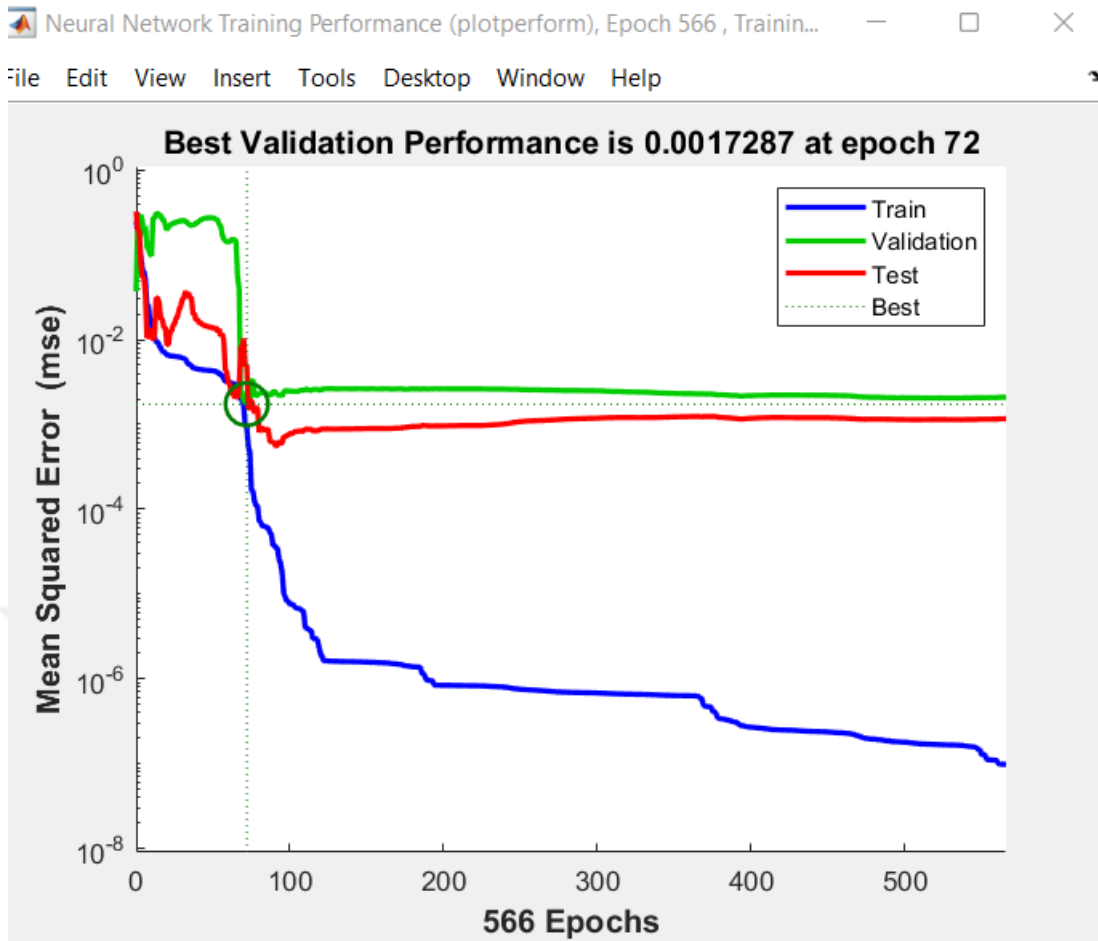
Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,17	0,83
1	0,22	0,78
0,5	0,09	0,40
0	0,11	-0,11
1	0,08	0,91
0,5	0,08	0,42



Şekil 4.40 Elman geri beslemeli ağ tipinde GDM ile hata grafikleri

Çizelge 4.34 Elman geri beslemeli ağ tipinde SCG YSA sonuçları

Gerçek Değer	Arıza Tahmin Edilen YSA Sonuçları	Noktasal Hatalar
1	0,96	0,04
1	0,53	0,47
0,5	0,99	-0,49
0	0,99	-0,99
1	1	0
0,5	1	-0,5



Şekil 4.41.Elman geri beslemeli ağ tipinde SCG ile hata grafikleri

Hat-2 dağıtım hattı için ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde en başarılı sonuç GDJ eğitim algoritması ile tahminde bulunmuştur. En başarısız yöntem ise ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde Hat-1’de de başarısız olan OSS yöntemi olmuştur. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde en başarılı sonuç GDM algoritması en başarısız sonuç ise GDJ algoritması olmuştur. Elman geri beslemeli ağ tipinde en başarılı tahmin GDJ eğitim algoritması olmuştur. En başarısız yöntem ise GDM yöntemi olmuştur. En başarılı sonucun kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDM eğitim algoritması olduğu görülmüştür.

Tüm eğrilerin regresyon değerleri 1’e yakındır. 1 değerine ne kadar yakınsa tahmin doğruluğu o derece yüksektir. Hata değerleri ve kıyaslamaları çizelgede gösterilmiştir. En başarılı yöntem MAD (Mean Absolte Deviation), MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Square Error) değerleri kıyaslandığında GDJ yöntemi olmuştur.

Çizelge 4.35 HAT-2 dağıtım hattında kullanılan yöntemler ve hataları

Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ	GDX	0.29	0.10	0.31
	LM	0.33	0.15	0.38
	OSS	0,48	0.39	0.62
	GDM	0.42	0.20	0.44
	SCG	0.30	0.15	0.38
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Elman Geri Beslemeli Ağ	GDX	0.38	0.23	0.47
	LM	0.43	0.29	0.53
	OSS	0,29	0.14	0.37
	GDM	0.57	0.41	0.64
	SCG	0.41	0.28	0.52
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayılımlı ağ tipinde	GDX	0.40	0.31	0.55
	LM	0.35	0.20	0.44
	OSS	0,30	0,12	0.34
	GDM	0.21	0.05	0.22
	SCG	0.38	0.25	0.50

4.2.3. Hat-3 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme

40 adet arıza eğitim verisi ve 10 adet arıza test verisi kullanılmıştır. Hat-3 elektrik dağıtım hattında giriş ve gizli katmanda Logaritmik Sigmoid fonksiyonu (Logsig), çıkış katmanında lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Hat-3 dağıtım hattında iterasyon 1000 olarak karar kılınmıştır. Gizli katmanda nöron sayısı 10 olarak belirlenmiştir. İleri beslemeli geri yayılımlı ağ tipi, Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ, Elman Geri Beslemeli Ağ ile üç farklı adet eğitim algoritması sırasıyla GDX (Variable Learning Rate Gradient Descent), LM (Levenberg-Marquardt), OSS (One Step Secant), kullanılarak yapılmıştır. Sırası ile yöntemlerin beklenen arızalı faz değerleri ve tahmin edilmesi beklenen arızalı faz değerleri ve hata oranları verilmiştir.

Çizelge 4.36 HAT-3 dağıtım hattında kullanılan yöntemler ve hataları

Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Elman Geri Beslemeli Ağ	GDX	0.18	0.06	0.24
	LM	0.23	0.05	0.22
	OSS	0.13	0.019	0.13
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ	GDX	0.29	0.20	0.44
	LM	0.23	0.12	0.34
	OSS	0.08	0.007	0.08
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ	GDX	0.09	0.019	0.13
	LM	0.10	0.045	0.21
	OSS	0.27	0.13	0.36

Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı ağ tipinde en başarılı sonuç GDX algoritması tespit edilmiştir. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayılımlı ağ tipinde en başarısız sonuç OSS algoritmasıdır. İleri beslemeli geri yayılımlı ağ tipinde en doğru sonuç OSS algoritması ile elde edilmiş olup, en başarısız sonuç GDX algoritması bulunmuştur. Elman geri beslemeli ağ tipinde en doğru tahmin OSS algoritması ile bulunurken, en başarısız sonuç LM algoritması olmuştur. Bu çalışmada hat-3 için 3 farklı ağ tipi ve her bir ağ tipi için 3 adet eğitim algoritması uygulanmıştır. En başarılı ağ tipi hata sonuçlarına bakılarak ileri beslemeli geri yayılımlı ağ tipidir.

4.2.4. Hat-4 Elektrik Dağıtım Hattında YSA ile Arıza Tipi Belirleme

99 adet arıza eğitim verisi ve 22 adet arıza test verisi kullanılmıştır. Hat-4 elektrik dağıtım hattında giriş ve gizli katmanda Logaritmik Sigmoid fonksiyonu (Logsig), çıkış katmanında lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Hat-4 dağıtım hattında iterasyon 1000 olarak karar kılınmıştır. Gizli katmanda nöron sayısı 10 olarak belirlenmiştir. İleri beslemeli geri yayılımlı ağ tipi, Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ, Elman Geri Beslemeli Ağ ile üç farklı adet eğitim algoritması sırasıyla GDX (Variable Learning

Rate Gradient Descent), LM (Levenberg-Marquardt), OSS (One Step Secant), GDM (Gradient Descent with Momentum), SCG (Scaled Conjugate Gradient) kullanılarak yapılmıştır. Sırası ile yöntemlerin beklenen arızalı faz değerleri ve tahmin edilmesi beklenen arızalı faz değerleri ve hata oranları verilmiştir. Regresyon grafikleri incelendiğinde; değerlerin 1'e oldukça yakın olduğu görülmüştür. Değerler 1'e yakın olduğu için regresyon sonuçları başarılıdır.

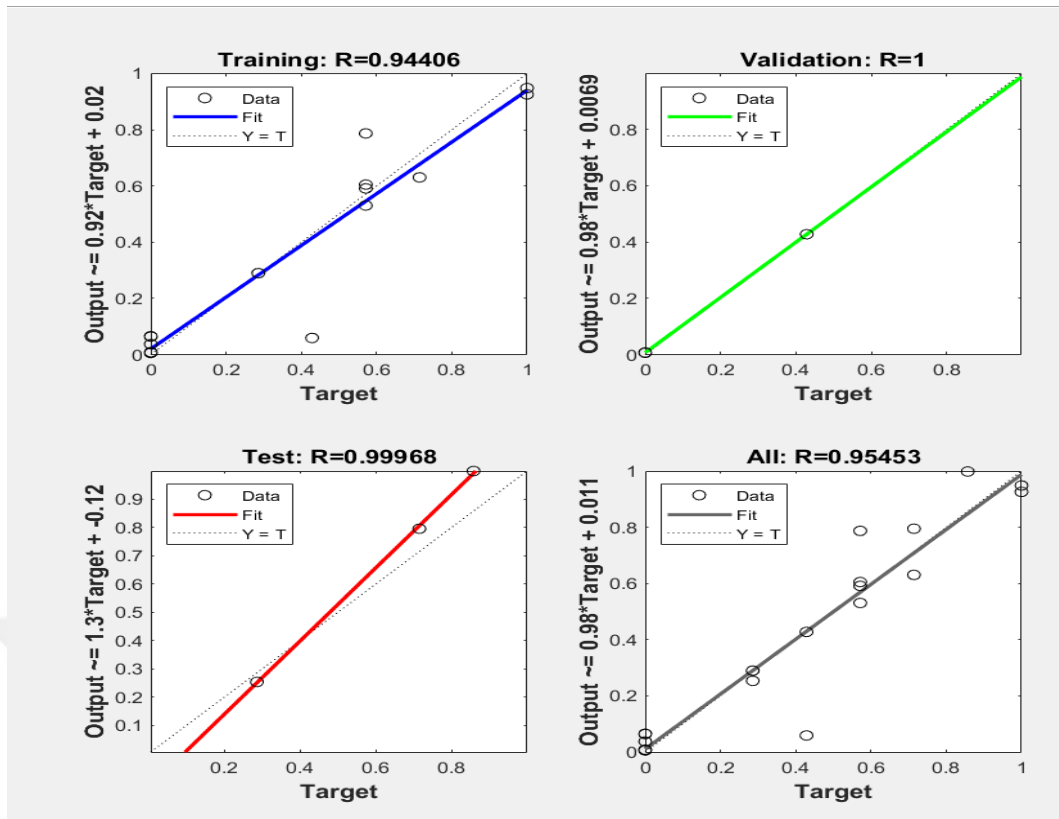
Çizelge 4.37 HAT-4 dağıtım hattında kullanılan yöntemler ve hata oranları

Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Elman Geri Beslemeli Ağ	GDX	0.18	0.06	0.24
	LM	0.19	0.10	0.31
	OSS	0.12	0.02	0.14
	GDM	0.26	0.10	0.31
	SCG	0.20	0.10	0.31
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ	GDX	0.05	0.01	0.10
	LM	0.06	0.05	0.22
	OSS	0.16	0.04	0.20
	GDM	0.21	0.06	0.24
	SCG	0.13	0.04	0.20
Kullanılan Yöntem		MAD	MSE	RMSE
Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ	GDX	0.17	0.07	0.26
	LM	0.12	0.03	0.17
	OSS	0.17	0.08	0.28
	GDM	0.19	0.06	0.24
	SCG	0.20	0.09	0.30

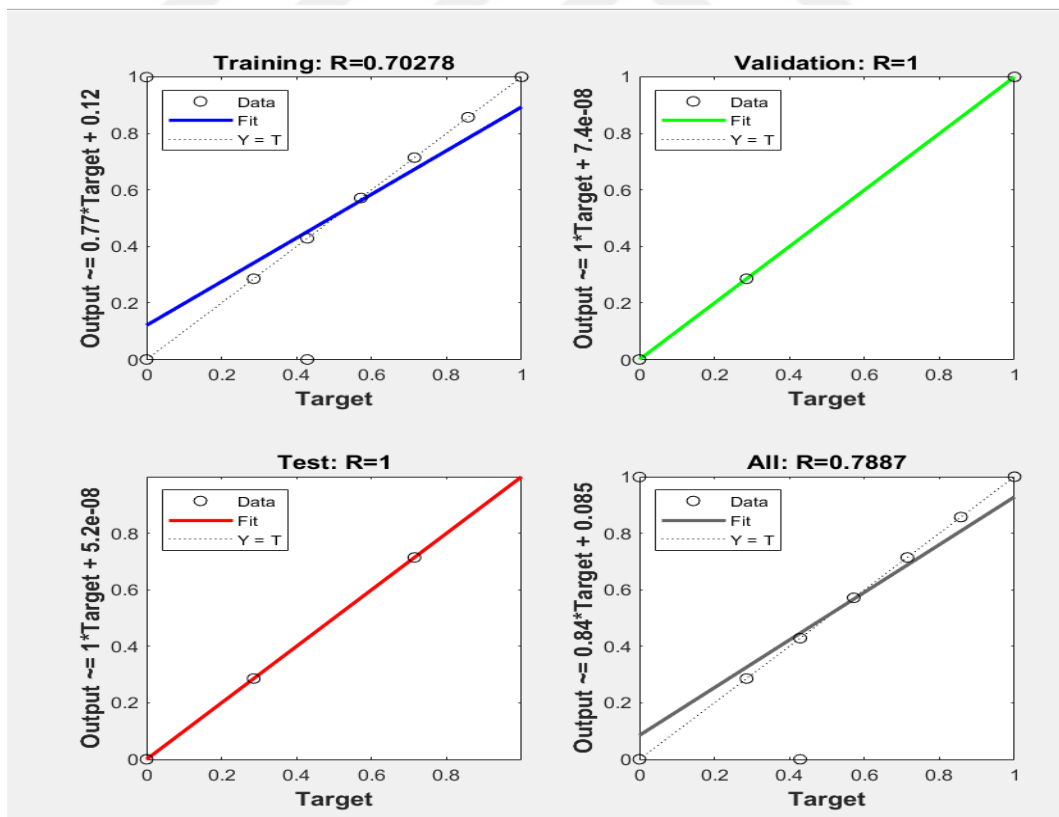
Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı ağ tipinde en başarılı sonuç LM algoritması tespit edilmiştir. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayılımlı ağ tipinde en başarısız sonuç SCG algoritmasıdır. İleri beslemeli geri yayılımlı ağ tipinde en doğru sonuç GDX algoritması ile elde edilmiş olup, en başarısız sonuç GDM algoritması bulunmuştur. Elman geri beslemeli ağ tipinde en doğru tahmin OSS algoritması ile bulunurken, en başarısız sonuç GDM algoritması olmuştur. Bu çalışmada hat-4 için 3 farklı ağ tipi ve her bir ağ tipi için 5 adet eğitim algoritması uygulanmıştır. En başarılı ağ tipi hata sonuçlarına bakılarak ileri beslemeli geri yayılımlı ağ tipidir.

Çizelge 4.38 HAT-4 Test verileri çıktı değerleri ve tahmin değerleri karşılaştırılması

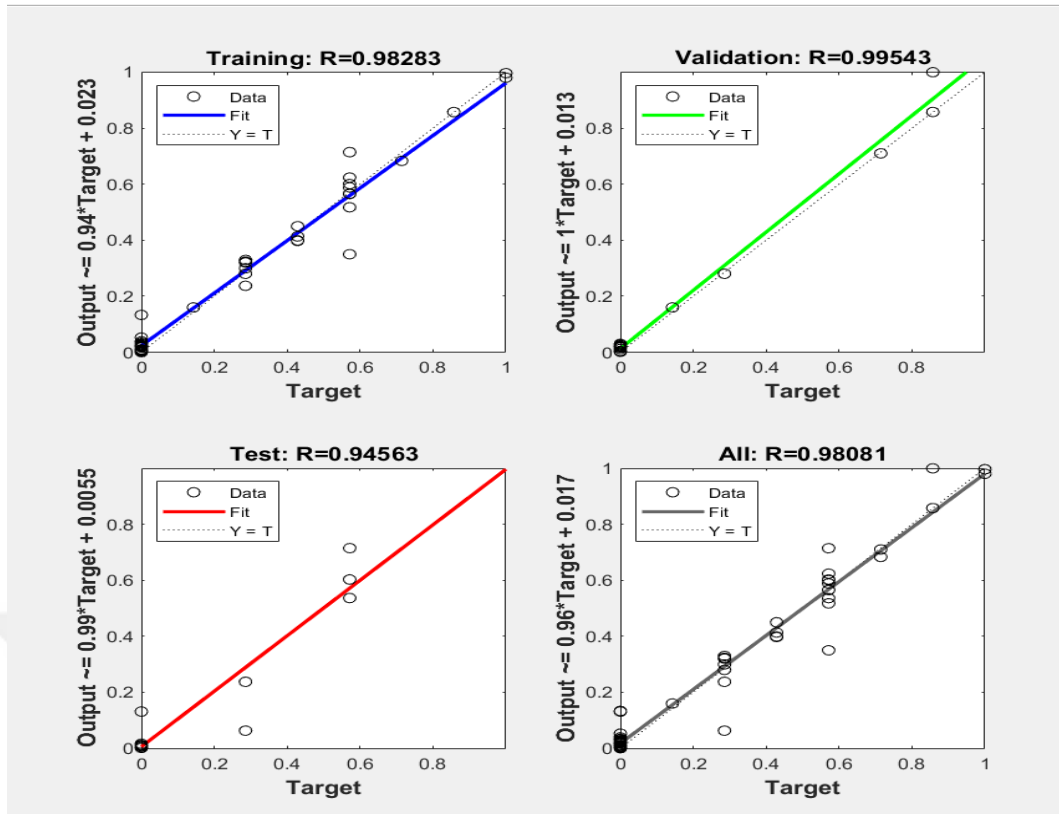
Hat-4 Test verileri çıktı değerleri	Hat-4 Test verileri normalize çıktı değerleri	Hat-4 Test verileri ileri beslemeli ağ GDX algoritması tahmin değerleri
2,00	0,29	0,28
3,00	0,43	0,05
0,00	0,00	0,00
7,00	1,00	0,92
0,00	0,00	0,06
7,00	1,00	0,94
0,00	0,00	0,03
4,00	0,57	0,60
5,00	0,71	0,79
5,00	0,71	0,63
2,00	0,29	0,25
6,00	0,86	0,99
3,00	0,43	0,42
0,00	0,00	0,06
4,00	0,57	0,53
4,00	0,57	0,59
0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00
2,00	0,29	0,28
4,00	0,57	0,78



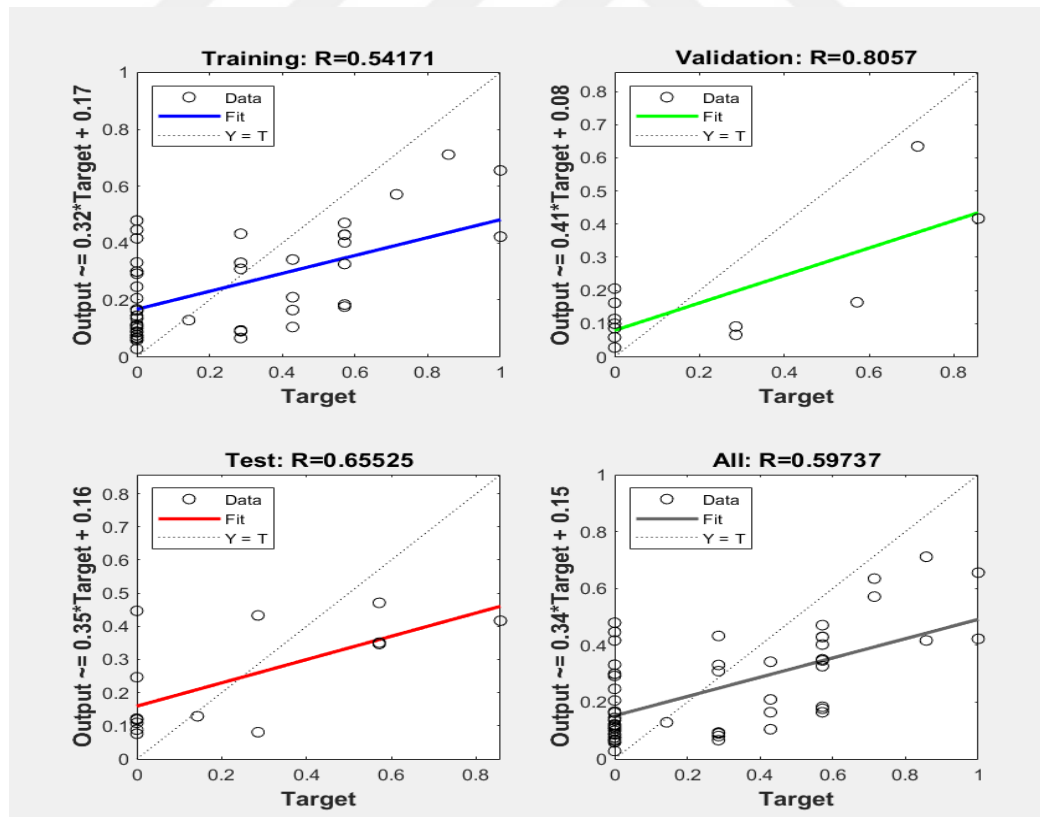
Şekil 4.42. İleri beslemeli geri yayımlımlı ağ tipinde GDX ile nntool ile regresyon grafikleri



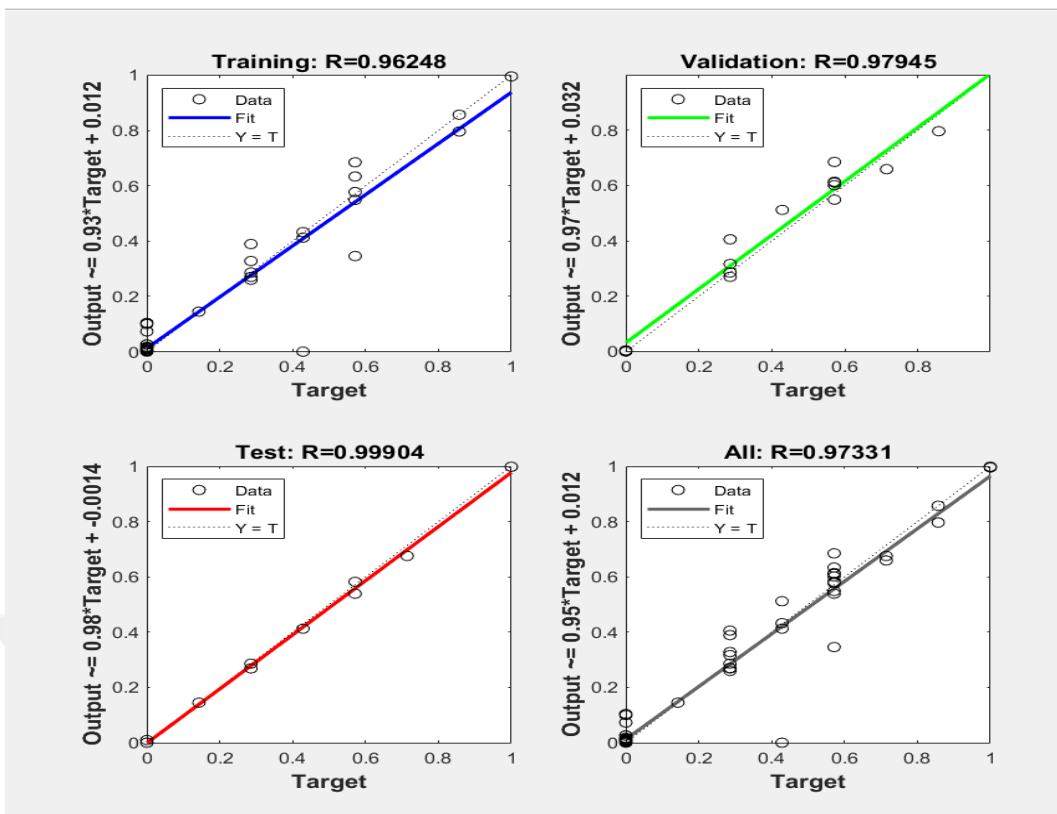
Şekil 4.43. İleri beslemeli geri yayımlımlı ağ tipinde LM ile nntool ile regresyon grafikleri



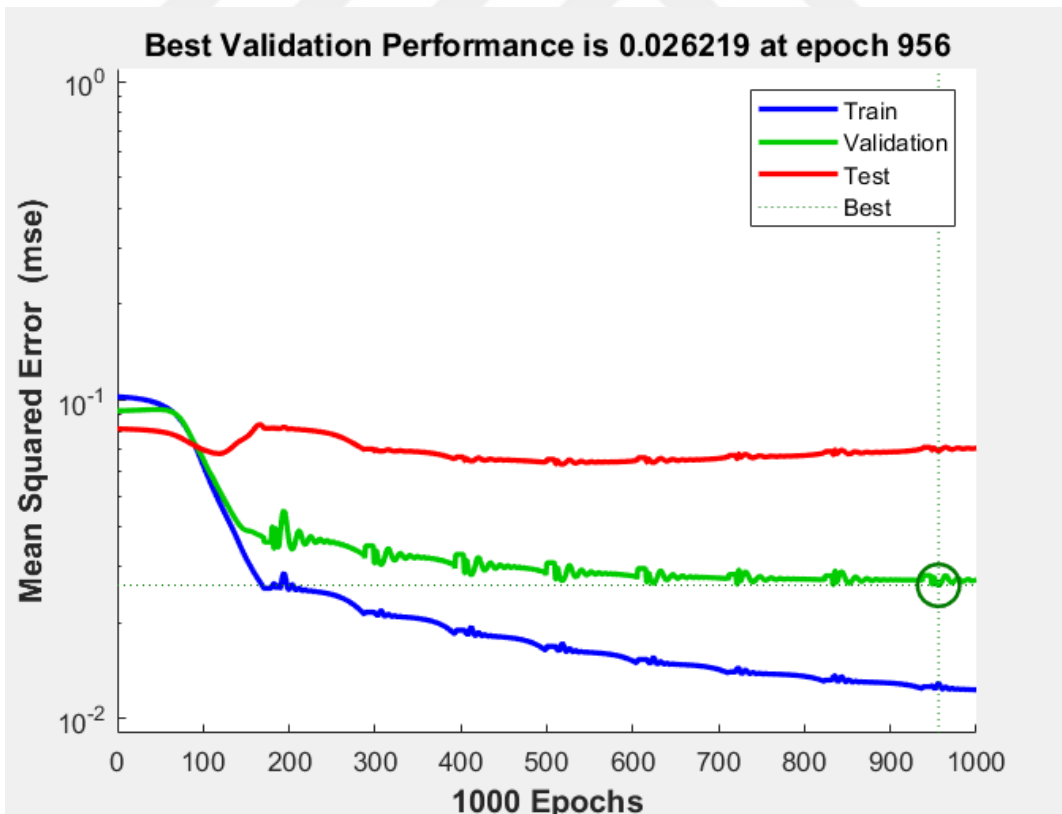
Şekil 4.44. İleri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde OSS ile nntool ile regresyon grafikleri



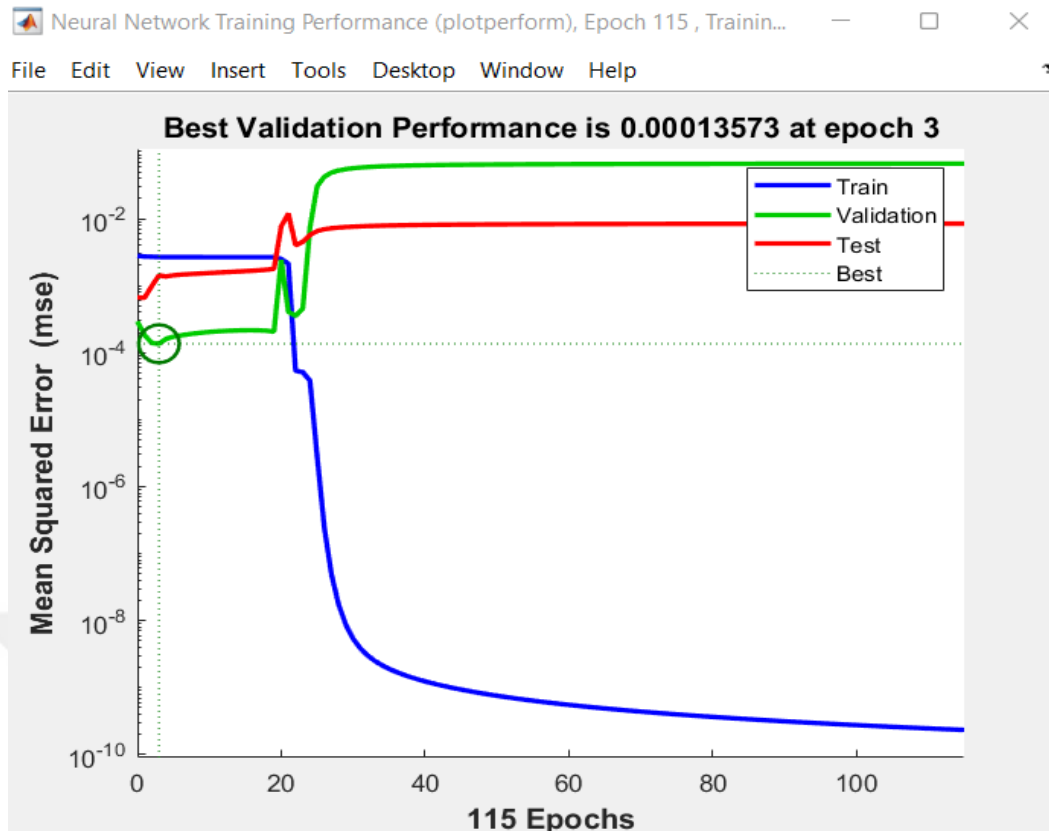
Şekil 4.45. İleri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDM ile nntool ile regresyon grafikleri



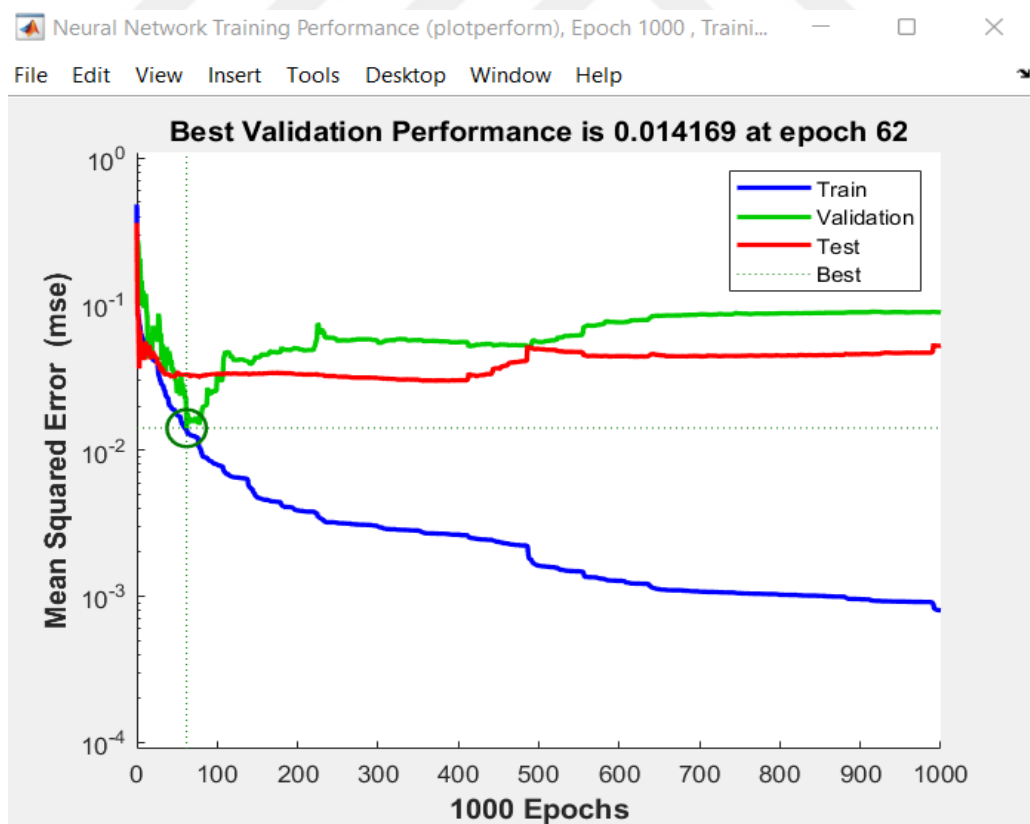
Şekil 4.46 İleri beslemeli geri yayımlımlı ağ tipinde SCG ile nntool ile regresyon grafikleri



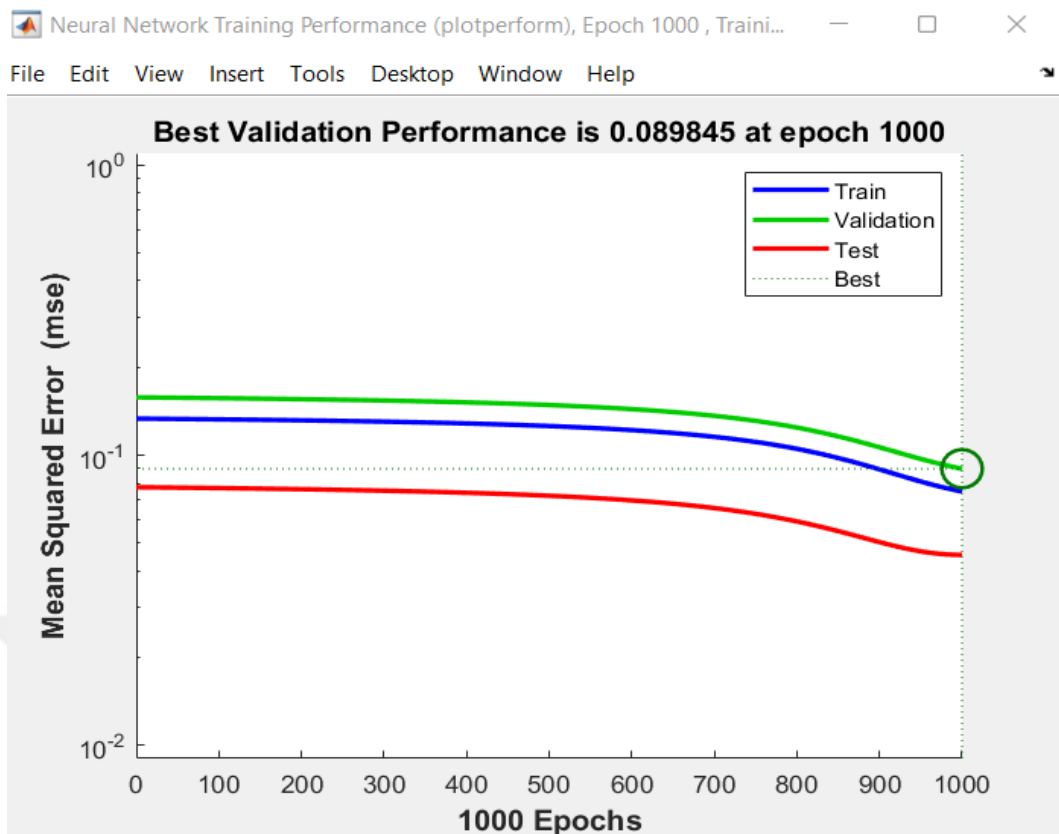
Şekil 4.47 Elman geri beslemeli ağ tipinde GDx ile hata grafikleri



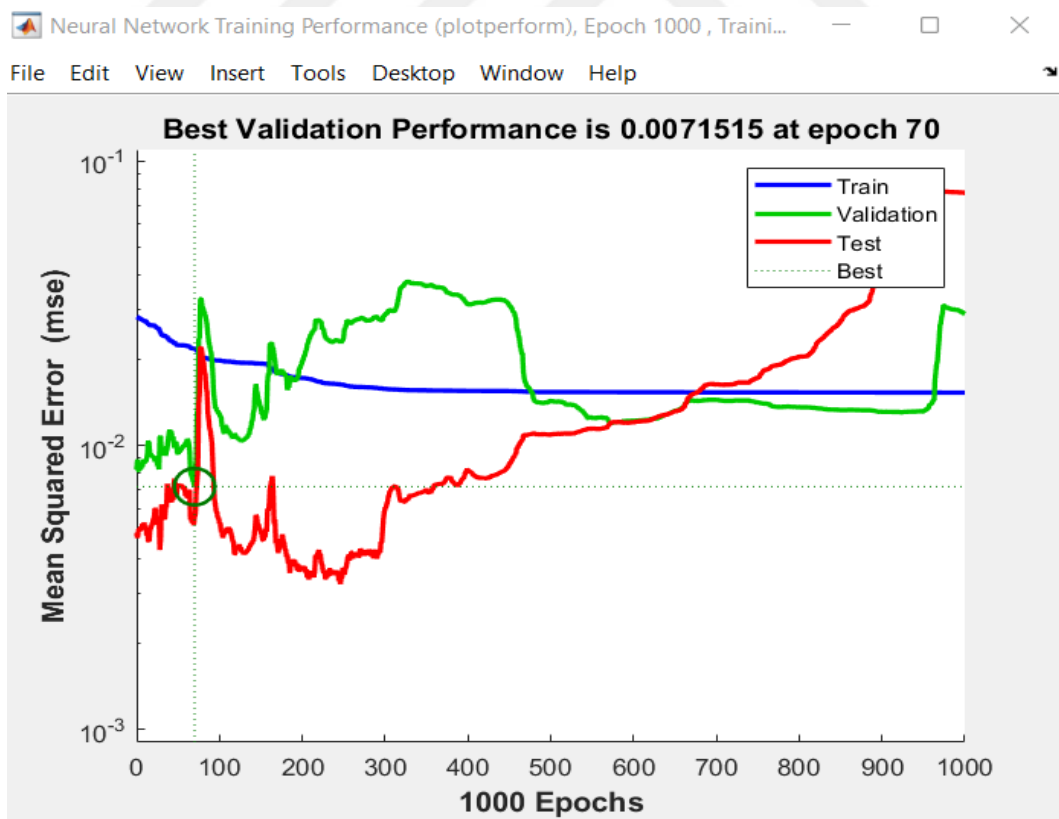
Şekil 4.48 Elman geri beslemeli ağ tipinde LM ile hata grafikleri



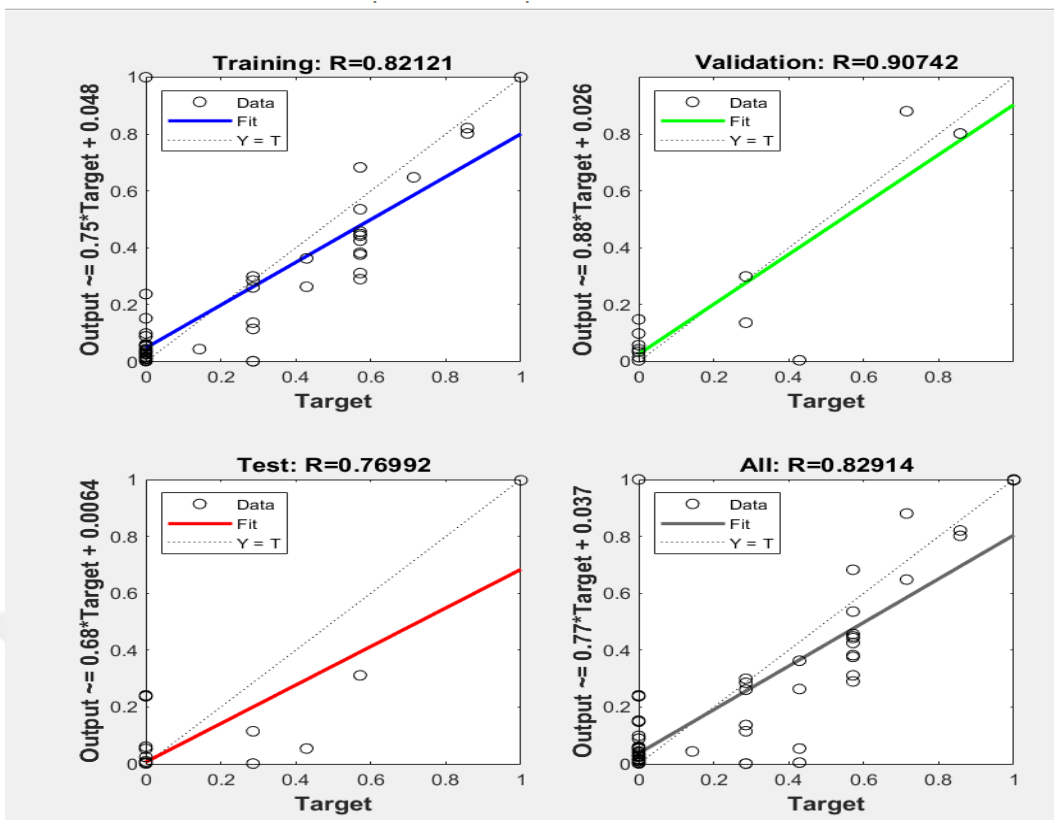
Şekil 4.49 Elman geri beslemeli ağ tipinde OSS ile hata grafikleri



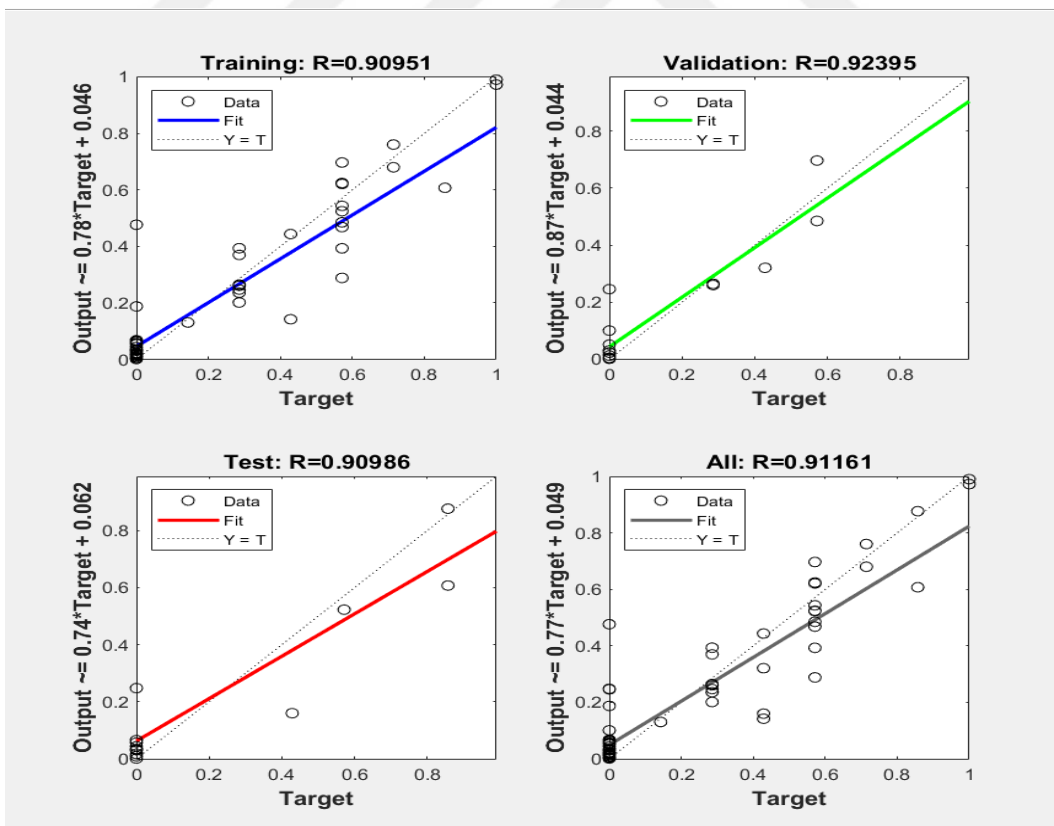
Şekil 4.50. Elman geri beslemeli ağ tipinde GDM ile hata grafikleri



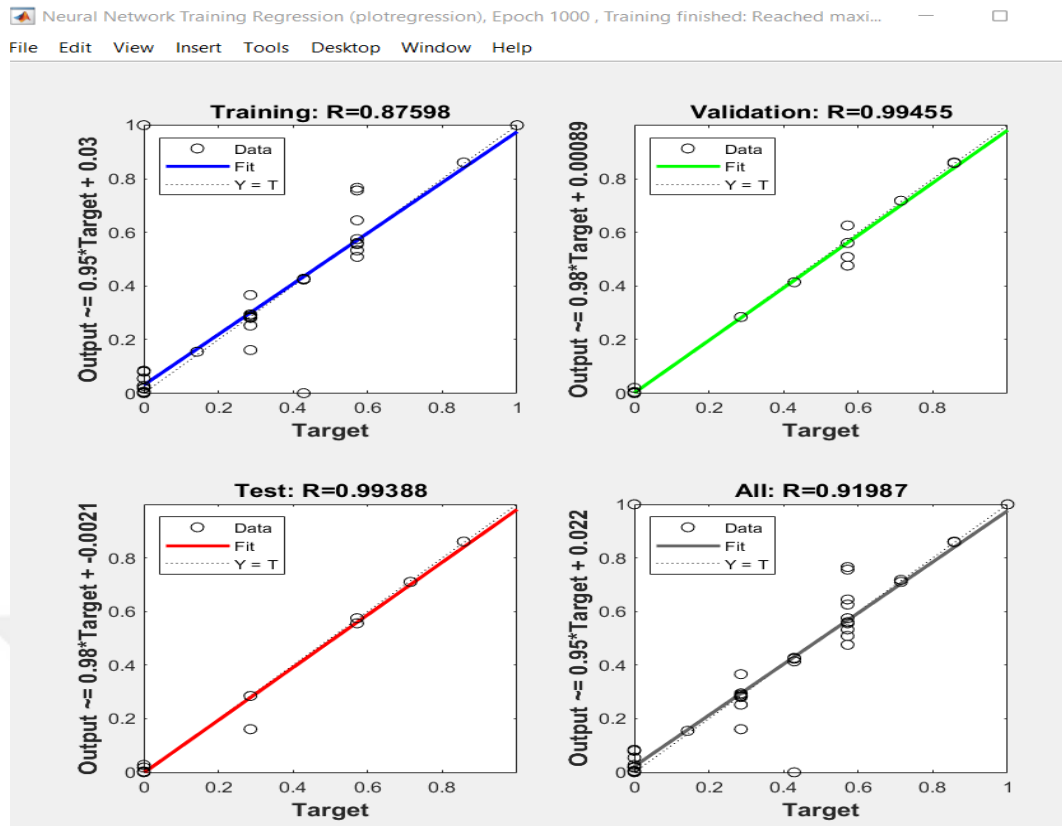
Şekil 4.51. Elman geri beslemeli ağ tipinde SCG ile hata grafikleri



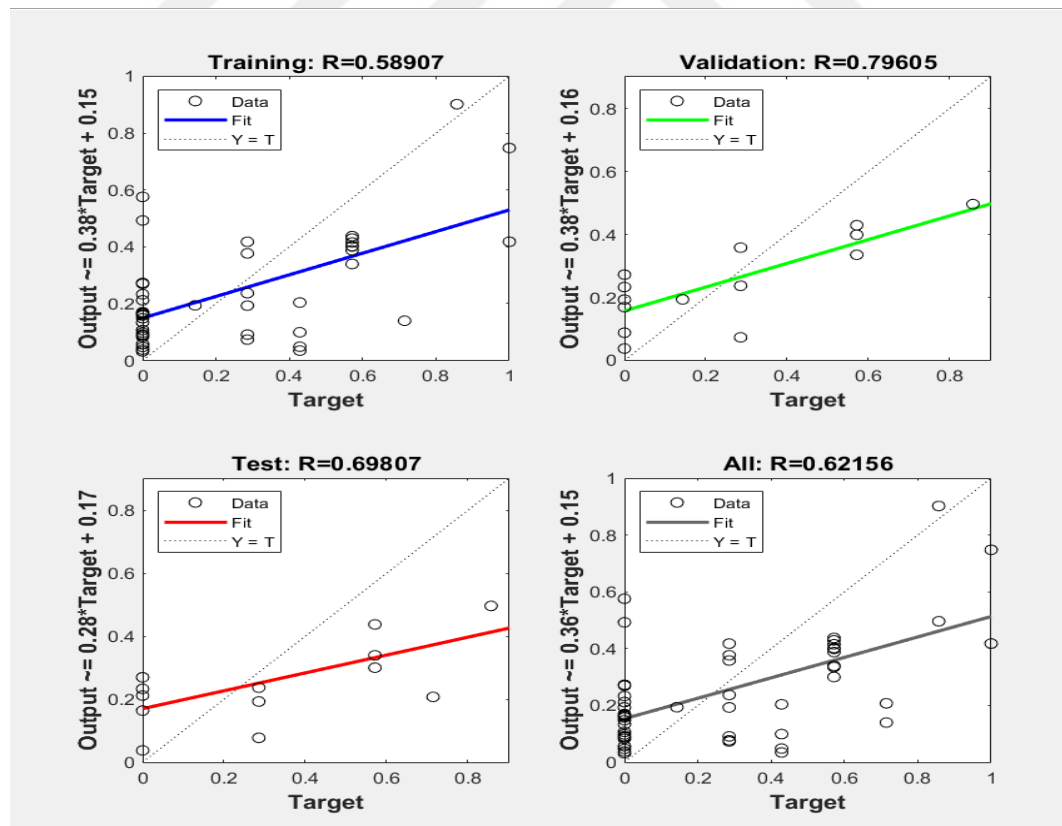
Şekil 4.52. Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı ağ tipinde GDX ile nntool ile regresyon grafikleri



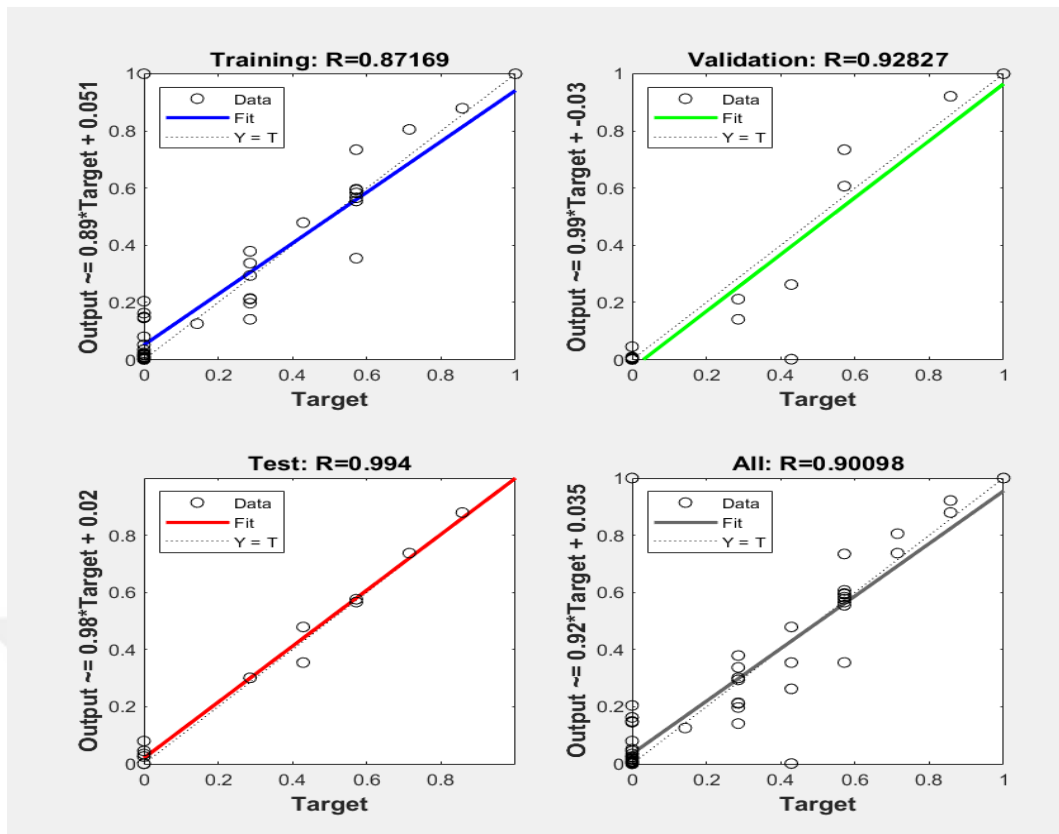
Şekil 4.53. Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayılımlı ağ tipinde LM ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.54. Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayımlı ağ tipinde OSS ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.55. Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayımlı ağ tipinde GDM ile nntool ile regresyon grafikleri



Şekil 4.56. Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayımlı ağ tipinde SCG ile nntool ile regresyon grafikler

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde tahmin çalışmalarının daha çok iletim hatlarına yönelik yapıldığı görülmektedir. Dağıtım hatlarının daha karmaşık şebeke yapılarına sahip olması bu alanda yapılan çalışma sayısının az olmasına neden olmuştur.

Dağıtım hatlarında yapılan çalışmanın daha az olması ve ülkemizde de dağıtım hatlarının öneminin oldukça büyük olması nedeni ile bu tez çalışmasında dağıtım hatları konu edilmiştir. Arıza verilerinin benzetim programlarından değil de gerçek koşullarda var olan dağıtım hatlarından alınmış olması ve tek bir hat üzerinde değil birden fazla hat üzerinde çalışılmış olması sonuçların doğruluğu açısından önemlidir.

Bu çalışmada arızalı faz değerlerinin tespit edilmesi ile 0 değeri toprak akımını, 1 değeri L1 Fazını, 2 değeri L1 ve L2 numaralı fazlarını, 3 değeri L2 Fazını, 4 değeri L1, L2, L3 fazlarını, 5 değeri L2 ve L3 fazlarını, 6 değeri ise L1 ve L3 fazlarında anormal akım değerleri ve bunun sonucunda bu fazlarda arıza oluştuğunu ifade etmektedir. Bu arızalı fazların tespit edilmesi arıza türü hakkında bilgi vermektedir.

Analizlerde çıkan sonuçlar incelendiğinde 0, 1 ve 3 değerlerini verdiğimiz arızaların faz-toprak kısa devre arızası (en yaygın arıza), 2, 5 ve 6 değerlerini verdiğimiz arıza verilerinin faz-faz kısa devre arızası, 4 değerini verdiğimiz arıza değerinin ise üç faz kısa devre ya da üç faz-toprak kısa devre arızalarını verdiğini ifade edebiliriz. Arıza türü tespiti gelecek arızaları yok etmede veya dağıtım hatlarında yaşanan arıza sıklığı ve arıza bulmada yaşanan can ve mal kaybının önüne geçmede etkili olacaktır.

Hat-1 için üç farklı ağ tipinde beş farklı eğitim algoritması çalışılmıştır. Hat-1 dağıtım hattı için en başarılı sonuç ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde NRP eğitim algoritması ile tahminde bulunmuştur. En başarısız yöntem ise OSS yöntemi olmuştur. Elman geri beslemeli ağ tipinde en başarılı tahmin SCG eğitim algoritması olmuştur. En başarısız yöntem ise NRP yöntemi olmuştur. Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde en başarılı sonuç NRP olmuştur. En başarısız sonuç SCG algoritması olmuştur.

Hat-2 için üç farklı ağ tipinde beş farklı eğitim algoritma tahmini gerçekleştirilmiştir. Hat-2 dağıtım hattı için ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde en başarılı sonuç GDX eğitim algoritması ile tahminde bulunmuştur. En başarısız yöntem ise ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde Hat-1'de de başarısız olan OSS yöntemi olmuştur. Kaskat bağlı ileri

beslemeli geri yayımlı ağ tipinde en başarılı sonuç GDM algoritması en başarısız sonuç ise GDX algoritması olmuştur. Elman geri beslemeli ağ tipinde en başarılı tahmin GDX eğitim algoritması olmuştur. En başarısız yöntem ise GDM yöntemi olmuştur. En başarılı sonucun kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipinde GDM eğitim algoritması olduğu görülmüştür.

Hat-3 İleri beslemeli geri yayımlı ağ tipi, Kaskat Bağlı İleri Beslemeli Geri Yayımlı Ağ, Elman Geri Beslemeli Ağ ile tasarlanmış üç farklı algoritma her bir ağ için kullanılmıştır. En başarılı sonucun ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipi OSS yöntemi olduğu görülmüştür.

Hat-4 İleri beslemeli geri yayımlı ağ tipi, Kaskat bağlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ, Elman geri beslemeli ağ ile tasarlanmış beş farklı algoritma her bir ağ için kullanılmıştır. En başarılı sonucun ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipi GDX yöntemi olduğu görülmüştür. Hat-3 ve Hat-4 arıza verilerinde en başarılı ağın ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipi olduğu görülmüştür. Dört farklı hatta üç farklı ağ ve eğitim algoritmaları çalışılmış en başarılı ağın Hat-1, Hat-3 ve Hat-4'te İleri beslemeli geri yayımlı ağ tipi olduğu tespit edilmiştir.

Veri sayısı arttıkça tahminlerin doğruluk oranının arttığı gözlenmiştir.

5.2 Öneriler

Bu çalışmada arıza türleri tespiti hakkında bilgi vermektedir. İleride gerçekleştirilecek çalışmalarda akım bilgisine ek olarak fazlardaki gerilim bilgisi üzerinde de durulabilir. İleride gerçekleştirilecek çalışmalarda farklı ağ tipi ve farklı eğitim fonksiyonları kullanılabilir. Bu çalışmada 4 farklı hat üzerinde çalışmalar yapılmıştır. YSA'da seçilen algoritmaların arıza yeri belirleme probleminde etkileri üzerinde çalışılabilir. İleride yapılacak çalışmalarda hat sayısı ve veri sayıları artırılabilir, farklı algoritmalar kullanılabilir ve tahmin değerleri tekrar değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Akdağ, M., 2017, Enerji iletim hatlarında arıza yerinin yürüyen dalga yöntemi ile belirlenmesi ve simülasyon, Yüksek Lisans, Bitlis Eren Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.
- Almeida, A. R., Almeida, O. M., Junior, B. F. S., Barreto, L.H.S.C, Barros, A. K, 2017, Yüksek gerilim iletim hatlarındaki arızaların yeri ve sınıflandırılması için ICA özelliği çıkarma, Electric Power Systems Research, 143, 254-263.
- Ameema Zainab, Shady S. Refaat, Dabeeruddin Syed, Ali Ghayeb, Haitham Abu-Rub, 2019, Faulted Line Identification and Localization in Power System using Machine Learning, IEEE International Conference on Big Data, 2019 IEEE International Conference, Los Angeles, 2975-2981.
- Anonim 1. <https://www.veribilimiokulu.com/yapay-sinir-aglari>
- Ayyagari, S.B., 2011, Artificial neural network based fault location for transmission lines, University of Kentucky Master's Theses.
- Budak, S., 2020, Karma iletim hatlarında mesafe koruma rölesi çalışmasının incelenmesi ve çalışma başarımlarının yükseltilmesi, Yüksek Lisans, Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Christopher W. Asbery, Yuan Liao, Electric Transmission System Fault Identification Using Artificial Neural Networks, 2019, International Energy and Sustainability Conference, 2019-IESC, Farmingdale.
- Cırık, C., 2018, Örüntü tanıma yaklaşımları kullanılarak güç sistemlerinde arıza analizi, Yüksek Lisans, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Ekici, S., 2007, Elektrik güç sistemlerinde akıllı sistemler yardımıyla arıza tipi ve yerinin belirlenmesi, Doktora, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ.
- Gelen, A., and Bayram, T., International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 2019, 3(2), 230-232.
- Jonaitis Audris, Vaicys J., Merfeldos T., Markvenos A., 2020, Arıza tespit sistemi için elektrik iletim hatlarında korona deşarj karakteristiğinin modellenmesi, IEEE International Conference Electronics, Palanga, 1-6.
- Kızrak, A., 2019, Derin Öğrenme İçin Aktivasyon Fonksiyonlarının Karşılaştırılması <https://ayyucekizrak.medium.com/derin-%C3%B6%C4%9Frenme-i%C3%A7in-aktivasyon-fonksiyonlar%C4%B1n%C4%B1n-kar%C5%9F%C4%B1la%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1-cee17fd1d9cd>
- Makinisti, S., 2018, Derin Öğrenme (Yapay Sinir Ağları-3) Derin Öğrenme (Yapay Sinir Ağları-3) – Büyük Veri ve Yapay Zekâ Laboratuvarı (firat.edu.tr)
- Moez Ben Hessine, Houda Jouni, Souad Chebbi, 2014, Fault detection and classification approaches in transmission lines using artificial neural networks, IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, 2014 Melecon, Beyrut, 515-519.

- Mohammad H., Paoria D., Saeid E., 2020, İletim sistemlerinde arızalı hat tespiti için kanal sınırlamalı PMU yerleşimi, IEEE transactions on power delivery, 35 (2), 819-827.
- Nalbant, A., 2005, Kütahya ili elektrik puant yük tahmini, Yüksek Lisans, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Neeraj Kumar Singh, Shilpa S. Badge, 2017, A Novel Fault Detection And Classification Technique For Double Circuit Transmission Line Using Artificial Neural Network, International Conference on Intelligent Computing, ICICICT-2017, Kannur,1338-1342.
- Öğücü, O., 2006, Yapay sinir ağları ile sistem tanıma, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztemel, E., 2012, Yapay sinir ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Shahriar Rahman Fahim, Yeahiha Sarker, Ömer Kamrul İslam, Subrata K. Sarker, Md. Fatin Ishraque, Sajal K. Das, 2019, An Intelligent Approach of Fault Classification and Localization of a Power Transmission Line, IEEE International Conference on Power, Electrical, and Electronics and Industrial Applications, PEEIACON-2019, Bangladesh, 53-56.
- Yağan, Y., 2015, Havai dağıtım hatlarında yapay sinir ağları kullanılarak arıza analizi, Yüksek Lisans, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Yıldırım, B., 2013. Güç Sistemlerindeki Gerilim Kararlılığının Yapay Zekâ Yaklaşımları ile İncelenmesi, Tunceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tunceli.
- Yumurtacı, M., 2014, Yüksek Gerilim Enerji İletim Hattındaki Arızaların Dalgacık Paket Dönüşümü ve Ortak Vektör Yaklaşımıyla Sınıflandırılması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zayandehroodi, H., Mohamed, A., Shareef, H. ve Mohammadjafari, M., (2010), Performance comparison of MLP and RBF neural networks for fault location in distribution networks with DGs, Power and Energy (PECon), IEEE International Conference on, s. 341-345.
- Zayandehroodi, H., Mohamed, A., Shareef, H.ve Mohamtheadjafari, M., (2011), Determining exact fault location in a distribution network in presence of DGs using RBF neural networks, IEEE IRI 2011, August 3-5, Las Vegas, Nevada, USA.