



YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÇUBUK KANGAL HADDE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Sefa ÇETİNKAYA

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK**

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÇUBUK KANGAL HADDE
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Sefa ÇETİNKAYA

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK**

**KARABÜK
Ağustos 2020**

Sefa ÇETİNKAYA tarafından hazırlanan “YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÇUBUK KANGAL HADDE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK

.....

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 10.08.2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Salih GÖRGÜNOĞLU (KÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan MENEMENCİOĞLU (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Sefa ÇETİNKAYA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÇUBUK KANGAL HADDE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Sefa ÇETİNKAYA

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK

Ağustos 2020, 53 sayfa

Çelik üretim süreçlerinin en önemli aşamalarından biri nihai ürüne şeklinin verildiği haddeleme aşamasıdır. Bu aşamadaki her parametre doğrudan kaliteyi etkilemektedir. Çelik üreticileri, verimliliklerini artırma ve süreç parametrelerini maksimum verimlilik ve kaliteye göre optimize etmeyi hedeflemektedirler. Bu hedeflere ulaşmak için yapılacak çalışma parametrelerin otomasyon sistemleri tarafından belirlenmesidir. Bu çalışmada, Kardemir Çubuk ve Kangal Haddehanesinde yapay sinir ağı ile hadde parametrelerinin üretim öncesinde tespit edilerek verimlilik ve kalitede artış hedeflenmiştir. Sekiz adet giriş ve sekiz adet çıkış parametresi üzerinde çalışma yapılarak sinir ağı geliştirilmiştir. Çıkış değerleri yapay sinir ağına ağırlık güncellemesi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapay sinir ağı mimarisi olarak ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Giriş ve çıkış parametrelerinin ölçeklendirilmesi için normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Kodlama dili olarak C#

ile verilerin saklanması için SQL SERVER veri tabanından yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Matlab nntool kütüphanesi ile aynı metot yardımı sonucu oluşturulan veriler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak yapay sinir ağı kullanarak hadde parametrelerinin belirlenmesi işlemi için tüm sonuç parametreleri gerçek değerler ile karşılaştırılmış olup hata oranları kabul değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Haddeleme parametreleri, matematiksel model, yapay sinir ağı

Bilim Kodu : 92431

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF THE ROLLING PARAMETERS OF WIRE AND ROLL MILL WITH NEURAL NETWORKS

Sefa ÇETİNKAYA

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Computer Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. İlhami Muharrem ORAK

August 2020, 53 pages

One of the most important stages of the steel production processes is the rolling stage in which the final product is shaped. Every parameter at this stage affects the quality. Steelmakers aim to increase their productivity and optimize process parameters for maximum efficiency and quality. The aim is to determine the parameters to be achieved by automation systems. In this study, it has been aimed to increase productivity and quality by determining the parameters of the rolling mill with the artificial neural network prior to production in Kardemir Rod and Wire Rolling Mill. Eight input and eight output parameters were studied, and neural network was developed. Output values are tried to be estimated by weight update in artificial neural network. Forward - back propagation algorithm is used as artificial neural network architecture. Normalization method was used to scale the input and output parameters. SQL Server database was used to store the data with C # as the coding language. The results obtained were compared with the result obtained by the same method with the

Matlab nntool library. As a result, the results of models were compared with real values to see the efficiency of the model and it is observed that the approach yielded acceptable results.

Key Word : Rolling parameters, mathematical model, artificial neural network

Science Code : 92431

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının alıŐma planının oluŐturulmasında, literatür taramasında, iŐletilmesi ve uygulanmasında alaka ve yardımlarını esirgemeyen, üst düzey bilgi ve gemiŐ tecrübelerinden faydalandığım, tez alıŐmamı bilimsel kurallar doğrultusunda yönlendiren sayın hocam Doç.Dr. İlhami Muharrem ORAK'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Çalışmaların yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, KARDEMİR Genel Müdürü Sn.Reyhan ÖZKARA'ya, Elektrik Otomasyon Müdürü Sn. Fuat YİĞİTOğLU'na, çubuk ve Kangal Haddehanesi Müdürü Osman IŐIKGÜL'e ve çalışma arkadaşım İsa YURDABAKAN'a teşekkür ederim.

Sevgili aileme her türlü yardımı esirgemedi den destekçim oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
HADDELEME.....	4
2.1. ÇUBUK VE KANGAL HADDELEME.....	6
BÖLÜM 3	7
YAPAY SİNİR AĞI	7
3.1. YAPAY SİNİR AĞLARININ EĞİTİMİ VE ÖĞRENME.....	10
3.1.1. İleri Beslemeli Ağlar	10
3.1.2. Geri Yayılım.....	11
3.2. VERİLERİN ÖLÇEKLENDİRİLMESİ	13
BÖLÜM 4	14
GİRİŞ VE ÇIKIŞ VERİLERİN BELİRLENMESİ.....	14
BÖLÜM 5	17
UYGULAMA VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	17

	<u>Sayfa</u>
5.1. KULLANILAN TEKNOLOJİLER	17
5.2. UYGULAMA YÖNTEMİ.....	18
5.3. UYGULAMA SONUÇLARI.....	19
BÖLÜM 7	43
SONUÇLAR	43
KAYNAKLAR	45
EK AÇIKLAMALAR A. VERİLER.	48
ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Hadde düzeni.....	5
Şekil 2.2. Çelik ürün çeşitleri	5
Şekil 2.3. Kangal	6
Şekil 2.4. Çubuk	6
Şekil 3.1. Yapay sinir ağı	8
Şekil 3.2. Üç katmanlı YSA	8
Şekil 3.3. Sigmoid transfer fonksiyonu	9
Şekil 3.4. İleri beslemeli YSA	10
Şekil 3.5. Geri yayımlı YSA	11
Şekil 4.1. Parametrelerin gösterimi	15
Şekil 4.2. Parametrelerin YSA mimarisi	16
Şekil 5.2. Geliştirilen uygulama sonucuna göre malzemenin giriş yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	20
Şekil 5.3. Geliştirilen uygulama sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	21
Şekil 5.4. Geliştirilen uygulama sonucuna göre kayma miktarı değer ve tahmini değer grafiği	22
Şekil 5.5. Geliştirilen uygulama sonucuna göre kalibre çapı değer ve tahmini değer grafiği.....	23
Şekil 5.6. Geliştirilen uygulama sonucuna göre merdanenin efektif çapı değer ve tahmini değer grafiği	24
Şekil 5.7. Geliştirilen uygulama sonucuna göre referans hız değer ve tahmini değer grafiği.....	25
Şekil 5.8. Geliştirilen uygulama sonucuna göre merdane paso faktörü değer ve tahmini değer grafiği	26
Şekil 5.9. Geliştirilen uygulama sonucuna göre merdane devir sayısı değer ve tahmini değer grafiği	27
Şekil 5.10. Matlab sonucuna göre malzemenin giriş yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	28
Şekil 5.11. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	29
Şekil 5.12. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	30

Şekil 5.13. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	31
Şekil 5.14. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahminin değer grafiği	32
Şekil 5.15. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	33
Şekil 5.16. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	34
Şekil 5.17. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği	35
Şekil 5.18. Malzemenin giriş yüksekliği hata oranı karşılaştırması.....	36
Şekil 5.19. Malzemenin çıkış yüksekliği hata oranı karşılaştırması	36
Şekil 5.20. Kayma miktarı hata oranı karşılaştırması	37
Şekil 5.21. Kalibre çapı hata oranı karşılaştırması.....	37
Şekil 5.22. Merdanenin efektif çapı hata oranı karşılaştırması	38
Şekil 5.23. Referans hız hata oranı karşılaştırması	38
Şekil 5.24. Merdane paso faktörü hata oranı karşılaştırması	39
Şekil 5.25. Merdane devir sayısı hata oranı karşılaştırması	39
Şekil 5.26. Uygulama sonuçlarının MSE ve MAPE formüllerine göre karşılaştırma tablosu	40
Şekil 5.27. Uygulamaların ortalama hata oranlarının karşılaştırılması.....	41
Şekil 5.28. Uygulamaların minimum hata oranlarının karşılaştırılması	41
Şekil 5.29. Uygulamaların maksimum hata oranlarının karşılaştırılması	42
Şekil 5.30. Uygulama sonuçları ortalama değer grafiği.....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Kullanılan giriş parametreleri.....	14
Çizelge 4.2. Kullanılan çıkış parametreleri.....	15
Çizelge 5.1. Eğitim ve test veri setlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri.....	18
Çizelge 5.2. Geliştirilen uygulamada malzemenin giriş yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	20
Çizelge 5.3. Geliştirilen uygulamada malzemenin çıkış yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	21
Çizelge 5.4. Geliştirilen uygulamada kayma miktarı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu	22
Çizelge 5.5. Geliştirilen uygulamada kalibre çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu	23
Çizelge 5.6. Geliştirilen uygulamada merdanenin efektif çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	24
Çizelge 5.7. Geliştirilen uygulamada referans hız test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu	25
Çizelge 5.8. Geliştirilen uygulamada merdane paso faktörü test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	26
Çizelge 5.9. Geliştirilen uygulamada merdane devir sayısı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	27
Çizelge 5.10. Matlab uygulamasında malzemenin giriş yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	28
Çizelge 5.11. Matlab uygulamasında malzemenin çıkış yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	29
Çizelge 5.12. Matlab uygulamasında kayma miktarı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu	30
Çizelge 5.13. Matlab uygulamasında kalibre çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu	31
Çizelge 5.14. Matlab uygulamasında merdanenin efektif çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	32
Çizelge 5.15. Matlab uygulamasında referans hız test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu	33
Çizelge 5.16. Matlab uygulamasında merdane paso faktörü test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	34

Sayfa

Çizelge 5.17. Matlab uygulamasında merdane devir sayısı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.....	35
Çizelge 5.18. Uygulamaların hata oranlarının ortalama, minimum ve maksimum olarak karşılaştırılması	41
Çizelge Ek A.1 Giriş verileri.....	49
Çizelge Ek A.2 Çıkış verileri	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- x' : normalizasyon sonucu
 ∂ : türev işlevi
 η : öğrenme katsayısı
 Δ : fark
 α : momentum
 Σ : toplam

KISALTMALAR

- YSA : Yapay Sinir Ağı
IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
MBD : Mesleki Bilimler Dergisi
NÇ : Nominal Çap
G : Gap
ÇH : Çıkış Hızı
S : Sıcaklık
TK : Tezhag Katsayısı
GA : Giriş Alanı
ÇA : Çıkış Alanı
BL : BL Uzunluğu
H0 : Giriş Yüksekliği
H1 : Çıkış Yüksekliği
FWS : Kayma Miktarı
DW : Kalibre Çapı
DEFF : Efektif Çap

RH : Referans Hız
PF : Paso Faktörü
MD : Merdane Devri
ÖB : Ölçü Birimi
IOT : Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
MAPE : Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MSE : Hata Kareler Ortalaması
STD : Standart sapma
MIN : Minimum
MAKS: Maksimum
ORT : Ortalama

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Demir çelik sektöründeki artan rekabet şartları işletmelerin her geçen gün proseslerini iyileştirme ve verimliliğini artırmalarını zorunlu kılmaktadır. Günümüzde, üretim süreçlerinde ürün tutarlılığının ve kalitesinin korunması, dünya pazarlarındaki artan rekabetin bir sonucu olarak yüksek verimde ürün üretmeyi ilk amaç haline getirmiştir. Çelik üretim süreçleri de verimliliğin ve kalitenin çok önemli olduğu süreçlerden biridir. Özellikle otomotiv ve savunma sanayi başta olmak üzere bağlantı elemanları gibi yan sektör temsilcileri için çelik kalitesi çok önemlidir [1]. Tüm üretim süreçlerinde olduğu gibi çelik üretiminde verimliliğin ve kalitenin artması için üretim uygun parametrelerinin belirlenmiş olması gerekmektedir. Hadde parametreleri nihai ürünü doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İşlenecek ürün ve ebada göre merdane hızı, çap, sıcaklık, kayma ve sürtünme değerleri gibi parametreler haddeleme prosesinde önemli parametrelerdir [12]. Bu nedenle haddeleme sonucunda üretilen nihai ürünün yüksek verimlilik ve istenilen kalitede olabilmesi için tüm hadde parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir [2]. Günümüzde genellikle hadde parametreleri matematiksel ve istatistiksel modelleme yöntemleriyle belirlenmektedir [4]. Ancak kalite, ebat, model, gibi özelliklerin değiştiği durumlarda tekrar hadde parametrelerinin modellenmesi ciddi maliyet ve zaman kayıplarına yol açmaktadır [3]. Bu sebeple hadde parametrelerinin belirlenmesindeki maliyet ve zaman kayıplarının önüne geçmek için son zamanlarda geleneksel matematiksel modeller ve yapay sinir ağları ile süreç parametreleri arasında çok boyutlu ilişkilerde öğrenme yöntemi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır [5].

Haddeleme parametrelerinin yapay sinir ağları kullanarak belirlenmesi ve modellenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle bir ya da birkaç sayıda parametre belirleme üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar genellikle yassı

ürün haddeleme parametreleri veya haddeleme kuvveti hesaplama gibi konular üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Moussaoui ve arkadaşları [6] yapmış oldukları çalışmada yassı mamullerde haddeleme kuvvetinin yapay sinir ağları ile modellere göre tespit edilmesi üzerine çalışma yapmıştır. Aynı şekilde Park ve Hwang [7] sıcak haddede ürün genişlik parametresinin YSA ile belirlenmesi üzerinde bir çalışma yapmıştır. Pican ve arkadaşları [8] bir tavlama tesisindeki haddeleme kuvvetini üretim öncesinde belirlemek için yapay bir sinir ağı üzerine çalışma yapmışlardır. L. Cser, A.S. Korhonen haddelemede ürün izlenebilirliği üzerine bir çalışma yapmıştır. Yapılan araştırmada YSA'nın kendini düzeltme algoritmasını kullanmışlardır. Bu algoritma parametrelere dayalı haddeleme işlemleri için kabul edilmiştir. Bu algoritma ile kaliteye etki eden parametrelerin ortaya çıkmasına yardımcı olmuştur[9]. Thomas Martinetz ve arkadaşları YSA ile haddeleme işleminde tasarruf için haddeleme parametrelerinin belirlenebileceğini ortaya koymuşlardır [10]. E. Öznergiz haddeleme işleminde YSA ile gerçek değerleri karşılaştırmışlardır. Hadde parametrelerinin gerçek veriler ile aynı parametrelerin YSA ile de tahmin edilebileceğini ortaya koymuşlardır [11]. İlgili literatür taraması sonucunda kangal üretiminde uzun yarı mamuller ile sıcak haddeleme yöntemi ile hadde parametrelerinin Yapay Sinir Ağı kullanarak belirlenmesi üzerine çalışma bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada Kardemir Çubuk ve Kangal Haddehanesinde daha önce deneysel yöntemlerle belirlenen, haddeye ait çap, hız, alan, gap gibi üretim ve kaliteyi doğrudan etkileyen parametrelerin, YSA öğrenme yeteneği ile üretim öncesinde belirlenmesi sağlanmıştır. Bu sayede parametrelerin deneysel yöntemle belirlenme aşamasında yaşanan üretim kayıpları, verim düşüklüğü gibi istenmeyen durumların önüne geçerek üretilen ürünlerin talep edilen çelik kalitesinde başta otomotiv sektöründe kullanılabilir hale gelmesi hedeflenmiştir.

Hazırlanan bu tez çalışmasında, ilk kısım "Giriş" olarak adlandırılmış olup bu kısımda uygulamanın özeti anlatılmıştır. İkinci bölümde, bu çalışmanın uygulanacağı temel alan olan haddeleme işleminden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde bu çalışmada kullanılan YSA mimarisi matematiksel modelleri, öğrenme yöntemleri detaylı bir biçimde tanıtılmıştır. YSA'da kullanılacak giriş ve çıkış parametrelerinin belirlendiği bölüm olan dördüncü bölümde ise parametreler anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, bahsedilen yöntemlerin uygulanması, gerekli teknolojik alt yapı ve kullanılan mimariler tanıtılmış ve veri seti geliştirilen uygulamada ve Matlab’da uygulanmıştır. Ortaya çıkan sonuçların açıkça gösterilmesi için görsel olarak şekillendirilmiş ve çizilen görseller değerlendirilmiştir. Ayrıca, uygulama sonucunda ortaya çıkan sonuçlar, gerçek veriler ve Matlab nntool kütüphanesi sonuç verileri ile kıyaslanmıştır.

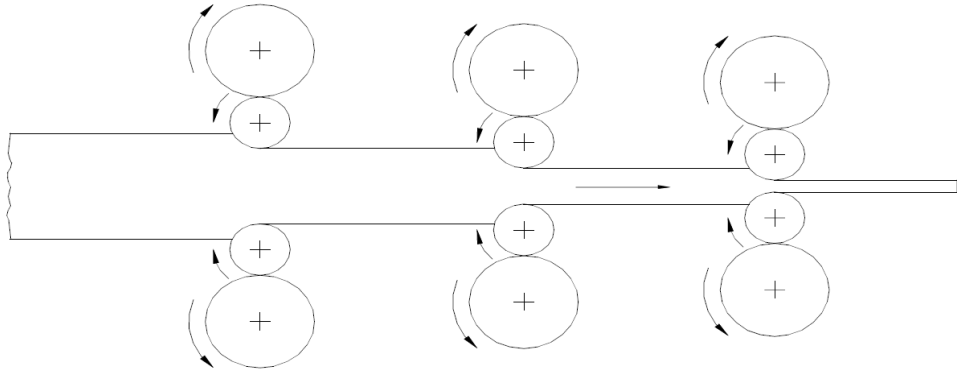
Elde edilen sonuçların açıklandığı altıncı bölümde, tüm çalışmalar sonucu ortaya çıkan değerlendirmeler, çalışmanın amacı doğrultusunda yorumlanarak sonuçlandırılmıştır.

BÖLÜM 2

HADDELEME

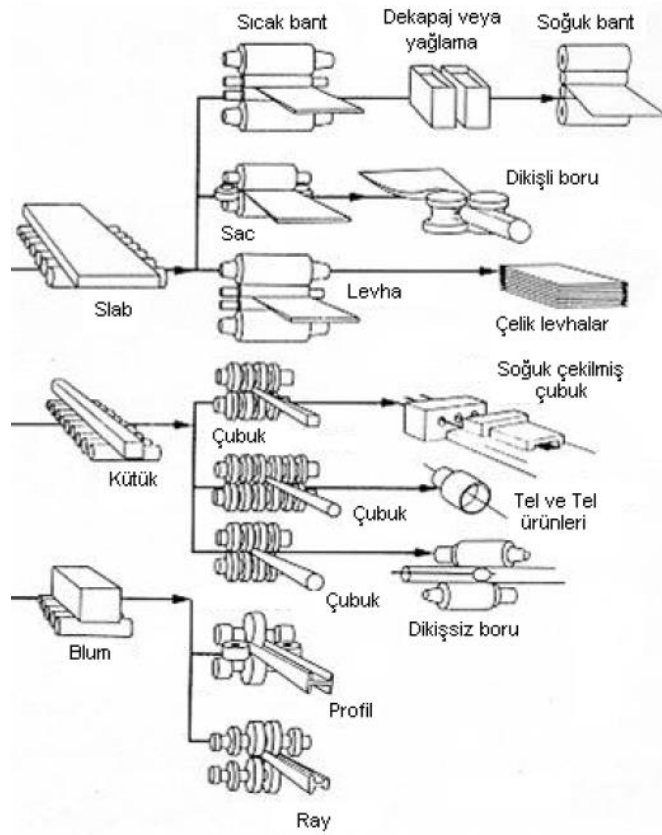
Haddeleme işlemi genellikle metalleri şekillendirmek için kullanılmaktadır. Yarımamüllere bir kalıp yardımıyla kalıcı şekil verilmesi işlemine haddeleme adı verilmektedir. Metal yarı mamüller Şekil 2.1’de görüldüğü gibi merdane adı verilen kalıplarla haddelenmesi sonucu uzatılarak ürün haline getirilir. Yarı mamül şekillendirme aşamalarının büyük bir bölümü de haddeleme metoduyla yapılmaktadır. Nihai ürün haline getirilecek yarı mamül, birbirlerine ters şekilde döndürülen iki veya daha çok merdanenin arasından belirli yükler üstünde ilerletilerek şekillendirilir [12]. Haddelemedeki ilk hedef, haddelenecek yarı mamülü sıkıştırarak daha yoğun bir forma sokmaktır. Diğer bir amaç ise yarı mamüllerin kesitini azaltarak uzaması ile istenen şekile sokulmasıdır [13].

Haddelemenin en çok kullanılan iki çeşidi vardır. Bunlardan ilki sıcak haddelemedir. Sıcak haddeleme, malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerinde uygulanmaktadır. Sıcak haddelemede yarı mamuller genellikle kütük, blum veya slab olabilir. Yarı mamuller, döküm makinalarından çıkıp haddehaneye geldiği anda haddeleme işlemi için yeterli sıcaklıkta ise işlemeye alınabilir. Ancak yeterli sıcaklıkta değil ise tav fırınlarında ısıtılmalıdır. Yarı mamul işleme öncesinde, sıcaklığın tekrar yeterli sıcaklıkta olup olmadığı kontrol edilmektedir. Sıcak malzeme Şekil 2.1’de görüldüğü gibi çeşitli hadde tezgâhlarından belirli parametreler çerçevesinde geçerek nihai ürün haline getirilebilir.



Şekil 2.1. Hadde düzeni [13].

Haddeleme ile çok yüksek mukavemette malzemeleri şekillendirme yapılabilir. Çelik üretiminin büyük bir kısmı hadde mamulleri olarak kullanıma sunulmaktadır [13]. Yarı mamul olarak slab, kütükler kullanarak Şekil 2.2’de görüldüğü üzere çeşitli profiller, raylar, köşebentler, demir yolu tekeri, çubuk ve kangallar üretilmektedir.



Şekil 2.2. Çelik ürün çeşitleri [13].

2.1. ÇUBUK VE KANGAL HADDELEME

Yarı mamuller iticiler yardımıyla tavlama fırınına alınır. Yarı mamuller yeterli sıcaklığa ulaşıncaya kadar fırında tavllanır. Tavlama sonrası üretilecek ürünün reçetesine göre hazırlanmış olan hatta gönderilir. İlk olarak yarı mamul kütük merdaneler ile haddelenerek nihai mamul oluşumuna hazırlanır ve haddenin ikinci bölümüne doğru ilerler. Daha sonra yolluk sistemi ile haddeleme esnasında ayar yapma, düşük redüksiyon oranları ve hassas malzeme toleransları imkânları olan bölgeye doğru ilerler. Son bölümde ürün çeşit ve ebadına göre farklı hatlar üzerinden ürün nihai şeklini alır. Soğutma, kesme ve paketleme işlemlerinin ardından ürün satışa hazır hale gelir. Kardemir Çubuk ve Kangal Haddehanesinde Şekil 2.3’de görüldüğü üzere 5,5mm-20mm ince kangal, 20mm-56mm kalın kangal ve Şekil 2.4’de görüldüğü üzere 20mm-100mm yuvarlak çubuk üretimleri yapılmaktadır. Üretilen çelikler cıvata somun, elektrot kaynak telleri, lastik teli ve rulman çelikleri olarak kullanılabilir. Kardemir Çubuk ve Kangal Haddehanesi Türkiye’deki 56mm kadar kangal üretimi yapan tek tesistir.



Şekil 2.3. Kangal.



Şekil 2.4. Çubuk.

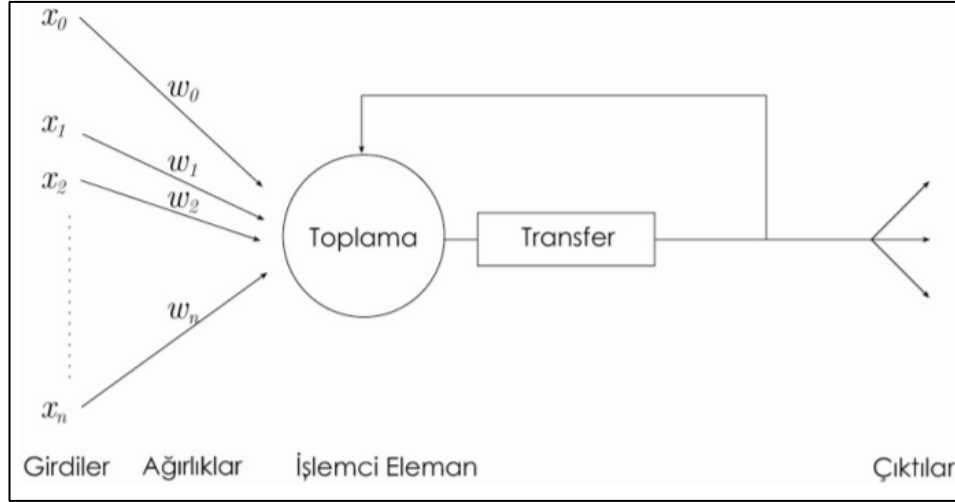
BÖLÜM 3

YAPAY SİNİR AĞI

Yapay sinir ağları; bilgisayar destekli bir makinenin, insan beynine özgü nitelikler olduğu düşünülen öğrenme, fikir edinme, anlamlandırma, kabuller ve varsayımlar yapma gibi zihinsel problemleri çözme olarak isimlendirilmektedir [25]. Yapay sinir ağlarında, istenilen sonucu elde etmek için matematiksel modeller ve algoritmalar gibi birçok yöntem kullanılmaktadır.

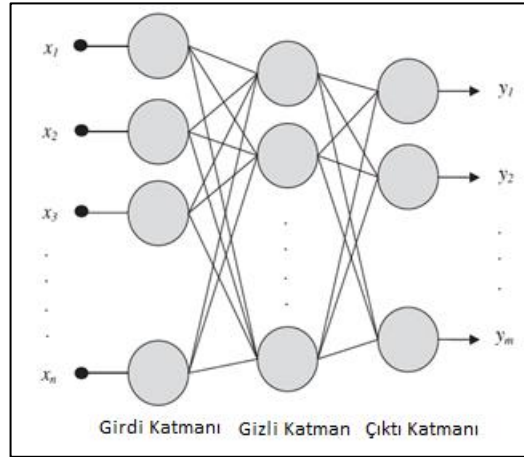
YSA öğrenme, karar verme, kıyas yapma ve genelleme yapabilme özellikleri, esnek ve güçlü olmalarını sağlamakta ve bu yetenekler sayesinde karar verme noktasında vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir. Bu özellikleri sayesinde geleneksel yöntemlerle hesaplanamayacak ancak insan beyni özellikleri ile çözülebilecek problemlere çözümler sunmaktadır. Bu yetenekleri belirli bir formül olamaması sebebiyle algoritma kullanarak sonuca ulaşmak mümkün değildir. Yapay sinir ağlarının, bu tür durumlar için geliştirilmiş insan beynini taklit eden bilim olduğu söylenebilir.

YSA, tıpkı insan beyni gibi öğrenme ve en uygun şekle sokma konularında başarılıdır. Öğrenme ve optimizasyon işlemlerinin gerçekleşmesi için çok sayıda örneğe ihtiyaç vardır. Bu örneklerden elde edilen deneyim sayesinde benzer işlemlerde benzer sonuçların verilmesi sağlanmaktadır. Yapay sinir ağlarının en önemli amacı, kendisine sunulan öğrenme girdi değerlerine karşılık gelebilecek sonuç ortaya koymaktır [27]. Yapay sinir ağlarının ana bileşeni, Beyindeki nöronlar gibi çalışan yapay nöronlardır. Bu nöronlar, algoritmalara göre belirli bir düzen ile katmanlar oluşturularak yapay sinir ağını meydana getirirler. Şekil 3.1'de nöronlardan meydana gelen yapay sinir ağının matematiksel model hali gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Yapay sinir ağı[15].

Yapay sinir ağında nöronların bir düzlemde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşur. Bir yapay sinir ağı üç tip katmandan meydana gelir. Bunlar girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olarak adlandırılır [26]. Katmanların belirli bir düzende dizilmesiyle ağlar oluşur. Şekil 3.2’de üç katmanlı yapay sinir ağı modellenmiştir.



Şekil 3.2. Üç katmanlı YSA [14].

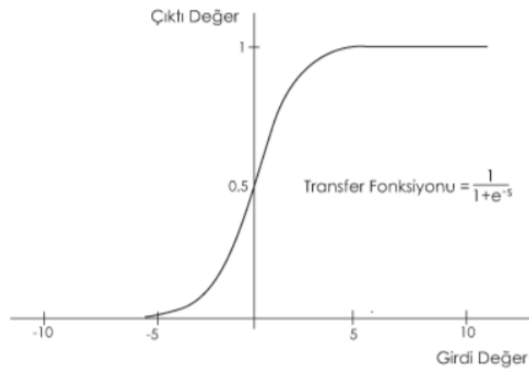
Giriş değerleri YSA’ya girdi katmanından giriş yapılır. Gizli katmanlarda ilgili aşamalardan geçerek çıktı katmanına gönderilir. Gizli katmanlarda yapılan işlem girdi katmanından gelen değerlerin ağırlık oranlarına göre çıktı katmanına iletilmesidir. Girdi katmanlarına göre istenen çıktılar elde edilebilmesi için ağırlıkların doğru değerler üretmesi gereklidir. Ağırlıkların doğru sonuçlar vermesi işlemine YSA’nın

eğitilmesi adı verilmektedir. Ağırlıkların giriş değerleri rasgele olarak bir ile sıfır arasında bir değer olarak tanımlanır. Eğitim sırasında çıktılar gerçek değerlerle karşılaştırılarak ağırlık değerleri güncellenir. Daha sonra tekrar sonuç değerleri ile karşılaştırılarak ağırlıklar yine değeristirilir ve en doğru değerleri bulunmaya çalışılır.

Bu işlemler her bir girdi, ağırlık değerleri çarpılarak, toplam fonksiyonu ile birleştirilir. Toplam fonksiyonu Eşitlik 3.1 deki denklem ile verilmiştir.

$$net = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \quad (3.1)$$

Toplam fonksiyonu sonucunda net değerleri çeşitli matematiksel işlemler sonucunda üreteceği çıktıyı hesaplayan fonksiyona aktivasyon fonksiyonu denir. Aktivasyon fonksiyonu doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir. Yapay sinir ağlarının bir özelliği olan “doğrusal sonuç üretmeme” aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmamasından kaynaklıdır. Aktivasyon fonksiyonu geri yayılımlı algoritmalarda türev işlemini kullanması sebebiyle işlemlerin yavaşlamaması için türevi kolay hesaplanabilen bir fonksiyon seçilmektedir. Günümüzde sık olarak uygulanan “ok katmanlı ağ” algoritmalarında genel olarak aktivasyon fonksiyonu olarak “Sigmoid fonksiyonu” seçilir [17]. Sigmoid transfer fonksiyonu grafiği Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



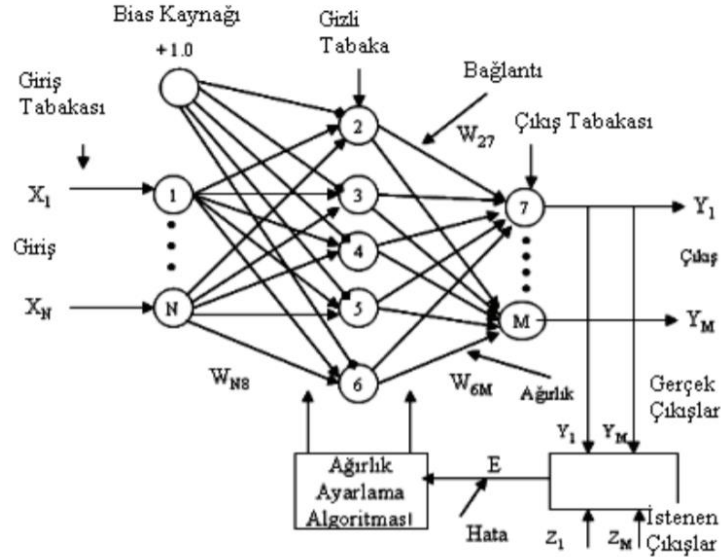
Şekil 3.3. Sigmoid transfer fonksiyonu.

3.1. YAPAY SİNİR AĞLARININ EĞİTİMİ VE ÖĞRENME

YSA'da girdi katmanındaki ağırlık değerleri, belirli bir hesaplama yöntemiyle hesaplanmaz ve girişte önceki değeri olmadığı için rasgele üretilir. Bu nedenle YSA, istenen sonucu verecek şekilde, giriş olarak aldığı veri setini kullanarak ağırlıkları her iterasyonda güncelleyerek giriş ile çıkış arasındaki ilişkiyi öğrenmelidir [16]. Başka bir ifadeyle ağa, girdi bilgileri ve çıktı bilgileri gösterilerek ağın girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanmakta, böylece ağın uygun ağırlık değerlerini öğrenmesi sağlanarak eğitimi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler için kullanılan en yaygın algoritma, ileri beslemeli geri yayılım algoritmasıdır [14].

3.1.1. İleri Beslemeli Ağlar

Yapay sinir ağının en temel şekli ileri beslemeli ağlardır. Bu ağda veri aktarımı sadece ileri yönde diğer katmanlara doğru hareket eder [18]. Şekil 3.4'de çok katmanlı ileri beslemeli ağ algoritması görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere işlem hep ileri yönlü yani çıkış yönüne doğru yapılmaktadır.

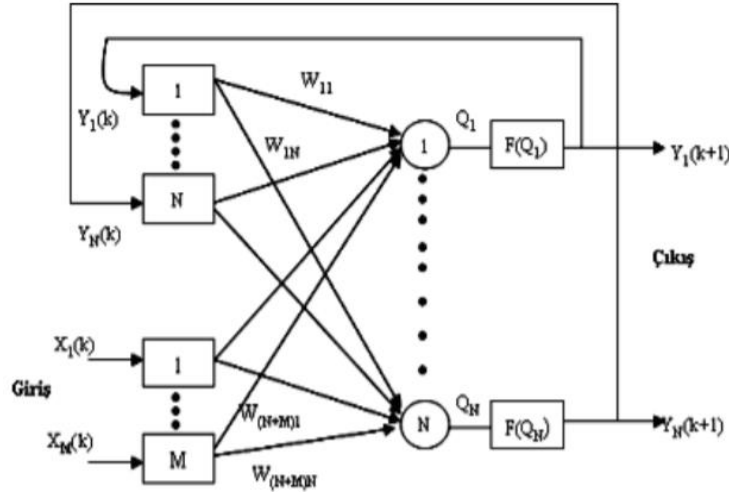


Şekil 3.4. İleri beslemeli YSA [20].

İleri besleme adımında, giriş katmanındaki değerler doğrudan gizli katmana iletir. Gizli katmandaki nöronlar, giriş değerlerini ağırlıkla hesaplayarak toplam değeri aktivasyon fonksiyonu ile çıkış katmanına iletir. Ağırlık değerleri algoritmanın başlangıcında 1 ile 0 arasında rastgele seçilir. Çıkış katmanındaki, her bir nöron ağırlıkla beraber hesaplanarak yine aktivasyon fonksiyonu yardımıyla hata hesaplanır. Hata gerekli seviyeye düşüncüye kadar döngü devam eder ve sonunda YSA'nın eğitim kısmı tamamlanmış olur.

3.1.2. Geri Yayılım

Geri yayımlı ağlar giriş katmanına geri dönerek ağırlıkların güncellemesinin yapıldığı bir ağ yapısıdır. Bu çeşit sinir ağları bir önceki ağırlık değerini güncelleyecek olması sebebiyle hafızaları vardır. Bu algoritmadaki nöronların çıkışı değeri önceki giriş değerlerine de bağlıdır. Bundan dolayı, bu ağ yapısı genellikle tahmin işlemleri için kullanılır [19]. Geri yayılım algoritması şeması Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Geri yayımlı YSA [20].

Geri yayımlı ağlar, sinir ağının öğrenimli sınıfına giren bir algoritmadır. İstenen çıkış değerleri ile YSA'nın hesapladığı çıkış değeri arasındaki hata bulunarak, ağırlıklar bu hataya göre değiştirilmektedir. Hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılır: Nöron çıkış katmanındaysa n. iterasyonda, nöronun çıkışındaki hata;

$$e_j(n) = d_j(n) - y_j(n) \quad (3.2)$$

Şeklinde tanımlanır. Ağın öğrenme sırasındaki hatası geri yayılım algoritmasıyla en küçük değere indirilene kadar devam eder. Hata fonksiyonu, eğitim kümesindeki çıkışlara ait hata, Eşitlik 3.2 deki denklem ile bulunur:

$$E_{ort} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^N E(n) \quad (3.3)$$

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum_{j \in C} e_j^2(n) \quad (3.4)$$

Tüm hataların n . iterasyondaki hata ortalaması Eşitlik 3.3 deki denklem ile hesaplanmıştır. Hata sonucunun hesaplanması için Eşitlik 3.4 deki denklem kullanılmış olup denklemdeki C , ağın çıkış katmanındaki nöron sayısını belirtmektedir.

Ağırlıkların güncellenme işlemi şu şekilde yapılır.

1. $\partial E / \partial w$ (3.5)

2. Ağırlıklar $w(n)$ 'den $w(n+1)$ 'e güncellenir.

$$w(n+1) = w(n) + \Delta w(n) \quad (3.6)$$

$$\Delta w_{ji}(n+1) = \eta \partial_j(n) y_i(n) + \alpha \Delta w_{ji}(n) \quad (3.7)$$

Geri yayılım algoritmasında kullanılmak üzere gizli katmandaki ağırlıkların güncellenmesi için öncelikle Eşitlik 3.5 deki denklem ile toplam hatanın gizli katmandaki ağırlıklara göre ∂ türevi alınır. Eşitlik 3.6 ve Eşitlik 3.7 deki denklemler ile yazılan formüle delta formülü denilmektedir. Ağ ağırlıklarını güncellemek için kullanılan bu eşitlikte, η öğrenme katsayısı, α momentum katsayısıdır. Momentum katsayısı yerel minimumlardan global minimum noktalarına ilerlemeyi sağlayan katsayıdır.

Geri yayılım algoritmasının en büyük problemi öğrenme oranına bağlı olarak, çok uzun eğitim süresine sahip olmasıdır. Bu nedenle eğitim süresini hızlandırmak için bazı metotlar geliştirilmiştir. Bunlardan biri ağırlıkların değişim miktarlarının belirlendiği öğrenme katsayısıdır. Öğrenme katsayısı küçük kabul edildiğinde eğitim süresi uzayacak, büyük kabul edilirse sonuçlar çok fazla aralık içerisinde dolaşacak olması sebebiyle tutarsız olacaktır.

Momentum katsayısı 0 ile 1 aralığında seçilir. Momentum kullanımı ile YSA eğitme aşamasında hızlanma gözlenmektedir [21].

3.2. VERİLERİN ÖLÇEKLENDİRİLMESİ

Yapay sinir ağının tüm parametrelerinin ölçeklendirilmesi YSA'nın başarısını ve eğitim süresini etkilemektedir. Parametrelerin normalizasyon ile belirli bir aralığın içine alınması gerekir. Tüm parametrelerin belirli aralıkta ölçeklendirilmesi hem farklı düzlemlerde olan ortamların aynı düzleme getirilmesine, hem de sonuçtan çok uzak değerlerin etkisinin ortadan kaldırılmasına olanak sağlar. YSA uygulanacak probleme göre kullanıcı tarafından normalizasyon yöntemi seçilebilir. İlgili literatür taramasında çıkan sonuçlara göre normalizasyon çalışmaları ile ilgili olarak 0,1 – 0,9 arasındaki parametrelerin normalizasyon uygulamaları arasında daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır [22]. Tahmin uygulamalarında en yüksek tahmin oranı ortaya koyan normalizasyon yöntemi ‘‘D Min Max Normalizasyon Yöntemi’’ olduğu tespit edilmiştir.

$$x' = 0,8 \times \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + 0,1 \quad (3.8)$$

BÖLÜM 4

GİRİŞ VE ÇIKIŞ VERİLERİN BELİRLENMESİ

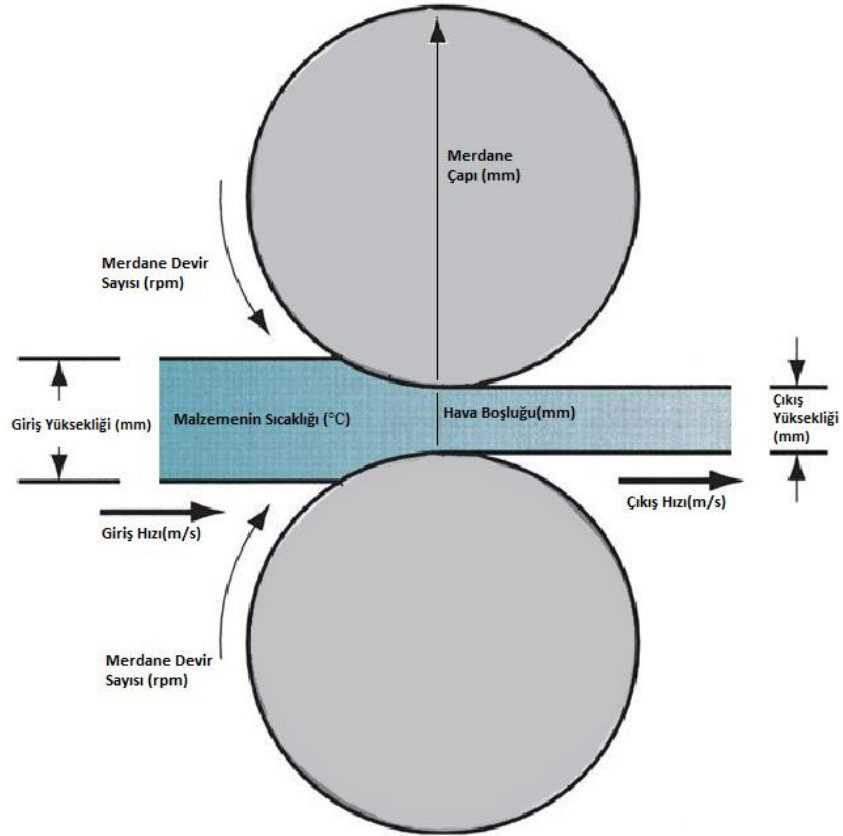
Haddeleme işlemi, yüzeylerinin çeşitli proseslerden geçerek merdaneler yardımıyla istenen şekle getirilme işlemidir. Yarı mamullerin istenen şekle getirilebilmesi için prosese etki eden tüm parametrelerin malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre belirli bir matematiksel model ile hesaplanması gerekmektedir. Yapılan çalışmada ürün kalitesini doğrudan etkileyen ve ürün reçetesinde yer alan sekiz adet giriş parametresi ve buna bağlı sekiz adet çıkış parametresi kullanılmıştır. Parametreler, ürünün ebadını, kalitesini ve verimliliği doğrudan etkileyen ve birbirine bağlı değişkenlerdir [23,24]. Parametreler ile YSA'ya öğrenim için gerekli veri kümesinin oluşturulması adına parametreler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiş, Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Kullanılan giriş parametreleri.

Parametre	Ölçü Birimi	Açıklama	Minimum	Maksimum
MÇ	mm	Merdane Çapı	208	680
G	mm	İki merdane arasındaki hava boşluğu	10	220
ÇH	m/s	Malzemenin merdaneden çıkış hızı	20	10.000
S	°C	Malzemenin Sıcaklığı	1000	1200
TK		Tezgâh katsayısı (projeye göre)	0,8	1
GA	mm ²	Malzemenin merdaneye giriş kesiti	240	200.000
ÇA	mm ²	Malzemenin merdaneden çıkış kesiti	240	200.000
BL	mm	Malzemenin köşegen uzunluğu	0	100.000

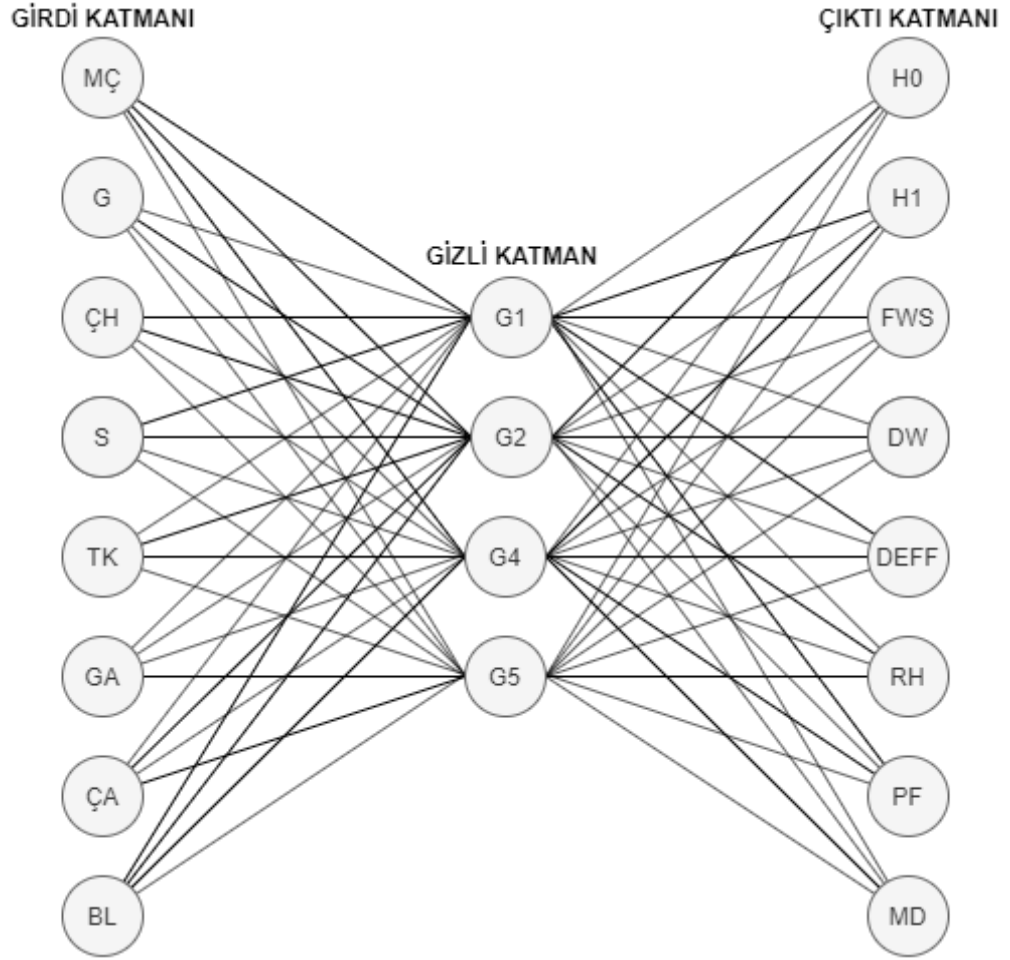
Çizelge 4.2. Kullanılan çıkış parametreleri.

Parametre	ÖB	AÇIKLAMA
H0	mm	Malzemenin giriş yüksekliği
H1	mm	Malzemenin çıkış yüksekliği
FWS	-	Kayma miktarı
Dw	mm	Kalibre çapı
Deff.	mm	Merdanenin efektif çapı
RH	m/s	Referans Hız
PF	mm	Merdane paso faktörü
MD	RPM	Merdane devir sayısı



Şekil 4.1. Parametrelerin gösterimi.

Yapılan çalışmada ürün kalitesini doğrudan etkileyen ve ürün reçetesinde yer alan sekiz adet giriş parametresi ve buna bağlı sekiz adet çıkış parametresi ile oluşturulan katmanlı YSA modeli Şekil 4.2’de görselleştirilmiştir.



Şekil 4.2. Parametrelerin YSA mimarisi.

BÖLÜM 5

UYGULAMA VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

5.1.KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Bu çalışmada, uygulama desktop uygulaması olarak tasarlanmış, kodlama dili olarak C# kullanılmış oluş mimari olarak 2016 yılında Microsoft tarafından duyurulan .Net Core mimarisi kullanılmıştır. .Net Core açık open soruce olarak geliştirilmesi devam etmekte olan, platform bağımsız çalışan, esnek ve modern geliştirme platformudur. Bu teknoloji, geleneksel mimari olan .Net freamework mimarisinden farklı olarak her platformda çalışan, günümüz esnek yapısına uygun ağır kütüphaneler içermeyen hızlı çalışan bir mimaridir. Bu avantajları sayesinde makine öğrenmesi, cloud ve IOT teknolojileri için uygun bir mimaridir. Uygulamamızda öğrenme, normalizasyon ve çeşitli fonksiyonlar kullanılıyor olması sebebiyle .Net Core mimarisi seçilmiştir. Entegrasyon için Entity Freamwork yapısı kullanılmıştır. Entity Freamwork .Net Core platformunda Nesne ilişkilendirme araçlarından birisidir. Nesne ilişkilendirme aracı veritabanı ile nesneye yönelik programlama arasındaki ilişkiyi yönetmek için kullanılmıştır. Entity Framework, nesne tabanlı programlamada veri tabanındaki tablolara uygun nesnelere oluşturma amacıyla kullanılmıştır. Veri tabanı nesnelere oluşturmak için code first yapısı kullanılmıştır.

Verilerin saklanması ve işlenmesi işlemleri için veri tabanı olarak yine Microsoft'un ortaya çıkardığı ilişkisel veri tabanı yönetim sistemi olan SQL Server tercih edilmiştir. İlişkisel veri tabanında veriler tablolar halinde saklanırlar ve bu tablolar kendi aralarında çeşitli yöntemler ile bağlantılıdır. Microsoft tarafından SQL Server için çeşitli versiyonlar sunulmuştur. Bu çalışmamız eğitim amaçlı ve ticari olmayan bir proje olması sebebiyle ücretsiz sürüm olan ve özellikleri ile gereksinimlerimizi karşılayan Express versiyonu kullanılmıştır.

Üretilen verilerin grafiksel gösterimleri giriş ve çıkış verilerinin karşılaştırılması ve ekranda gösterim işlemleri için Chart kütüphanesinden yararlanılmıştır. Verilerin Matlab ile karşılaştırılması için Matlab 2019 versiyon nntool kütüphanesi kullanılmıştır.

5.2.UYGULAMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada Kardemir AŞ’de Çubuk ve Kangal Haddehanesinin kaliteye etki eden hadde parametrelerinden sekiz giriş ve sekiz çıkış parametresi kullanılmıştır. Veri seti haddehanede kullanılan verilerden oluşturulmuştur. Tahmin yapma üzerine oluşturulmuş mimaride eğitim kuralı olarak 3. Bölümde anlatılan ileri beslemeli geriye yayılım algoritması seçilmiş, sekiz adet çıkış parametresi olması sebebiyle eğitim, 1000 iterasyon olarak belirlenmiştir. Hem geliştirilen uygulamada hem de Matlab uygulamasında 80 adet veri ile eğitim yapılmış ve 20 adet veri ile benzetim yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Eğitim ve test veri setlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Veriler, oluşturulan sinir ağlarında eğitim ve test aşamalarından önce geliştirilen uygulama için uygulama içerisinde, matlab ortamı için Excel’de normalize edilmiştir.

Çizelge 5.1. Eğitim ve test veri setlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri.

		EĞİTİM VERİLERİ				TEST VERİLERİ			
		MİN	MAKS	ORT	STD	MİN	MAKS	ORT	STD
INPUT	MÇ	350,0	680,0	491,0	130,7	350,0	680,0	509,0	131,3
	G	1,8	21,4	12,2	6,4	1,6	21,7	12,0	7,1
	ÇH	0,2	20,4	3,1	2,8	0,3	6,9	2,8	1,8
	S	1000,0	1198,0	1086,2	57,7	1022,0	1188,0	1093,4	52,8
	TK	0,8	0,8	0,8	0,0	0,8	0,8	0,8	0,0
	GA	248,7	19734,3	5727,2	4678,2	558,8	17993,5	4409,0	4081,7
	ÇA	142,7	4428,3	2012,5	1016,0	278,6	3615,3	1776,9	974,2
	BL	7,3	98,7	65,8	24,9	7,6	97,3	54,3	25,0
OUTPUT	H0	12,6	220,3	80,4	49,7	35,8	185,0	75,2	38,7
	H1	7,9	50,3	30,3	9,1	12,6	50,7	32,7	8,2
	FWS	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Dw	325,0	675,8	472,9	128,6	326,5	664,5	488,3	127,8
	Def.	330,9	677,8	481,5	130,8	331,3	676,4	501,2	132,2
	RH	0,2	20,2	3,1	2,7	0,3	6,9	2,7	1,8
	PF	0,5	19,4	9,5	5,2	2,3	18,7	7,8	4,4
	MD	7,9	574,7	129,5	99,4	12,0	386,0	121,0	102,9

5.3.UYGULAMA SONUÇLARI

İki farklı uygulama ile ortaya çıkan sonuçlar grafikler ve tablolar ile karşılaştırılmıştır. İlk olarak geliştirilen uygulamanın tahmin grafikleri ve hata oranları tablosu daha sonra Matlab uygulaması tahmin grafikleri ve hata oranları tablosu ve son olarak iki uygulamanın karşılaştırma sonuçları ortaya konmuştur.

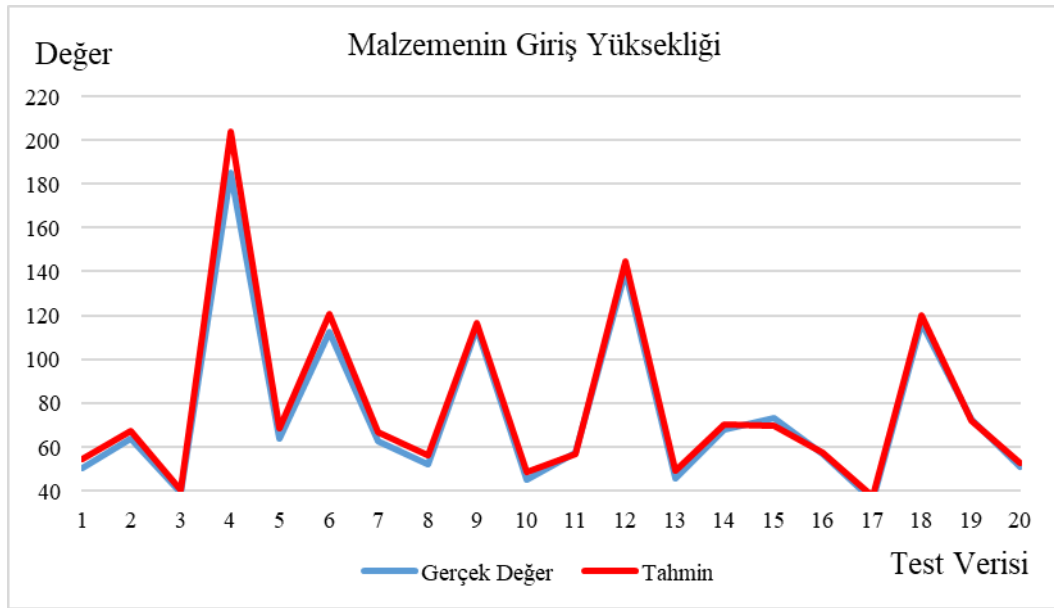
Geliştirilen uygulamaların tahmin başarılarını karşılaştırmak için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE, Mean Absolute Percentage Error) ve Hata Kareler Ortalaması (MSE, Mean Square Error) matematiksel fonksiyonlar kullanılmıştır. MAPE sonuçları yüzde olarak çıktı vermesi sebebiyle diğer fonksiyonlara göre tek başına anlam ifade etmesi sebebiyle başarılı kabul edilmektedir [28]. Uygulama sonuçlarına incelendiğinde hata ile doğruluk doğru orantılı değildir. Hata oranı düşükse doğruluk yüksektir. Farklı tahmin uygulamaları karşılaştırılırken en düşük hata oranına sahip uygulama en başarılı olarak kabul edilmektedir [28]. MAPE ve MSE fonksiyonlarına ait matematiksel formüller 5.1 ve 5.2 numaralı denklemlerle gösterilmiştir.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100(\%) \quad (5.1)$$

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (5.2)$$

Çizelge 5.2. Geliştirilen uygulamada malzemenin giriş yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	50,471	54,561	8,104	11	57,097	56,600	0,871
2	63,690	67,471	5,937	12	139,726	144,850	3,668
3	38,920	40,430	3,880	13	45,698	49,185	7,630
4	185,002	204,024	10,282	14	67,968	69,974	2,951
5	63,652	68,451	7,541	15	73,295	69,636	4,992
6	112,633	120,500	6,985	16	56,508	57,240	1,296
7	62,396	66,571	6,691	17	35,785	37,246	4,082
8	51,905	56,042	7,970	18	116,527	120,061	3,033
9	114,327	116,679	2,057	19	72,391	72,169	0,308
10	44,920	48,168	7,231	20	50,724	52,641	3,779

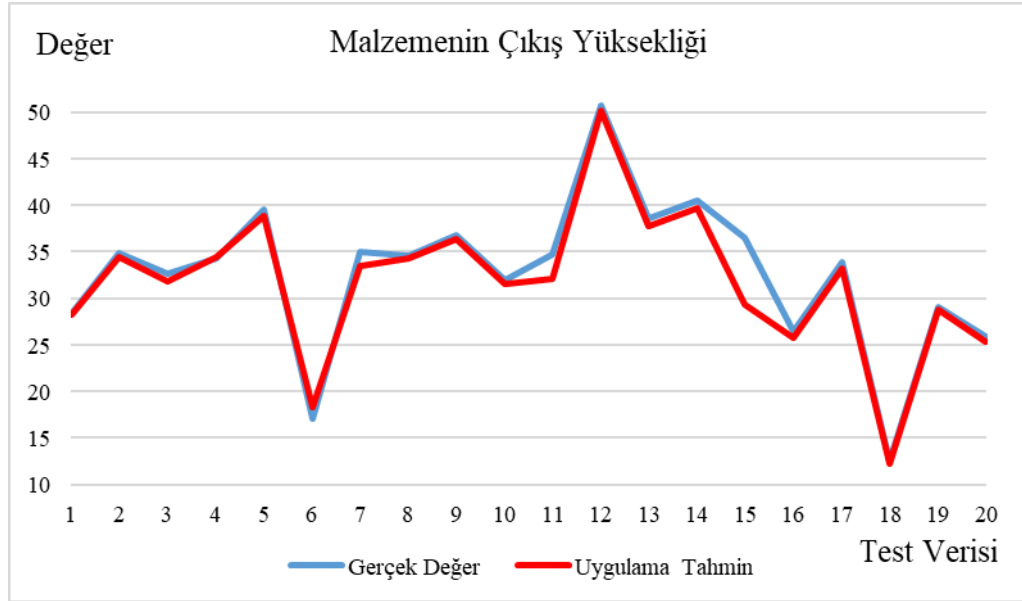


Şekil 5.2. Geliştirilen uygulama sonucuna göre malzemenin giriş yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Malzemenin giriş yüksekliği çıktısı Şekil 5.2’de ve Çizelge 5.2’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek dördüncü test verisinde 10,282 olarak, hata oranı en düşük on dokuzuncu test verisinde 0,308 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.3. Geliştirilen uygulamada malzemenin çıkış yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	28,361	28,173	0,666	11	34,696	32,122	7,420
2	34,793	34,409	1,103	12	50,679	50,092	1,158
3	32,625	31,786	2,573	13	38,539	37,786	1,956
4	34,302	34,377	0,220	14	40,545	39,702	2,079
5	39,503	38,846	1,664	15	36,542	29,284	19,862
6	17,093	18,360	7,412	16	26,445	25,693	2,845
7	34,957	33,449	4,316	17	33,905	33,135	2,271
8	34,541	34,313	0,661	18	12,566	12,220	2,749
9	36,784	36,349	1,182	19	29,064	28,742	1,109
10	31,920	31,510	1,284	20	25,857	25,325	2,057

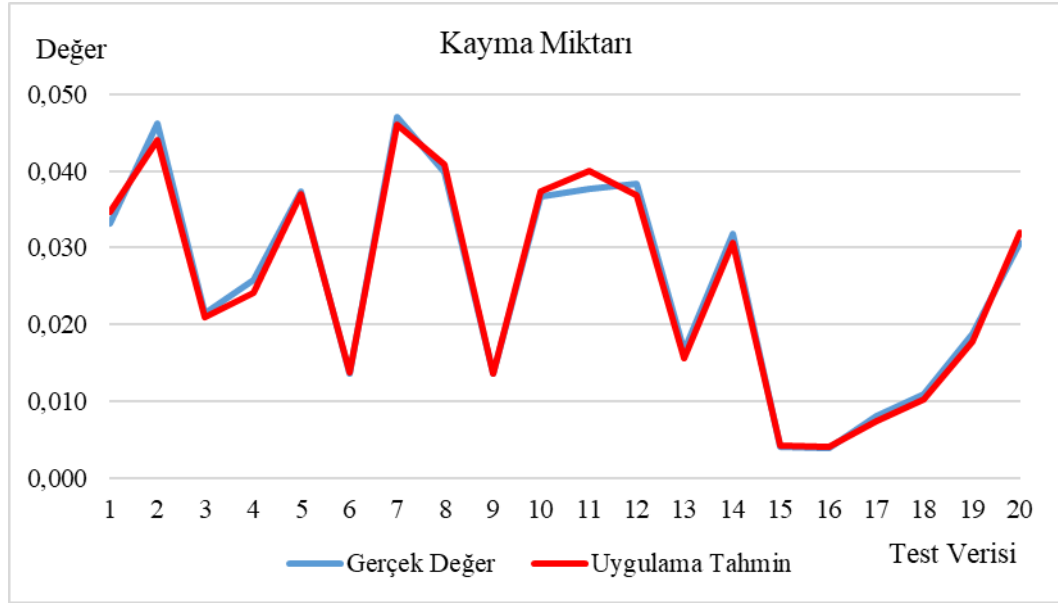


Şekil 5.3. Geliştirilen uygulama sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Malzemenin çıkış yüksekliği çıktısı Şekil 5.3'de ve Çizelge 5.3'de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on beşinci test verisinde 19,862 olarak, hata oranı en düşük dördüncü test verisinde 0,220 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.4. Geliştirilen uygulamada kayma miktarı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	0,033	0,035	4,516	11	0,038	0,040	6,067
2	0,046	0,044	4,693	12	0,038	0,037	4,255
3	0,021	0,021	2,666	13	0,017	0,016	5,629
4	0,026	0,024	6,527	14	0,032	0,031	3,628
5	0,037	0,037	0,942	15	0,004	0,004	4,580
6	0,014	0,014	0,167	16	0,004	0,004	2,421
7	0,047	0,046	2,000	17	0,008	0,007	8,641
8	0,040	0,041	2,522	18	0,011	0,010	5,882
9	0,014	0,014	0,290	19	0,019	0,018	4,818
10	0,037	0,037	1,718	20	0,031	0,032	4,742

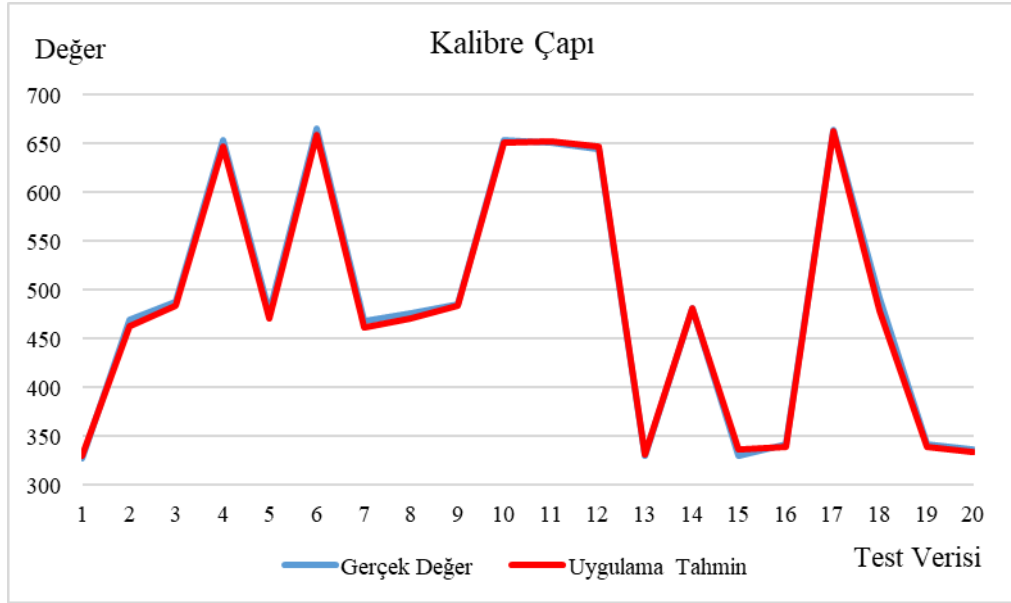


Şekil 5.4. Geliştirilen uygulama sonucuna göre kayma miktarı değer ve tahmini değer grafiği.

Kayma miktarı çıktısı Şekil 5.4’de ve Çizelge 5.4’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on yedinci test verisinde 8,641 olarak, hata oranı en düşük altıncı test verisinde 0,167 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.5. Geliştirilen uygulamada kalibre çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	326,539	329,300	0,846	11	649,804	651,127	0,204
2	468,807	462,147	1,421	12	644,321	646,238	0,298
3	487,275	482,782	0,922	13	329,761	330,194	0,131
4	652,998	646,996	0,919	14	481,155	480,397	0,158
5	476,097	470,597	1,155	15	329,958	336,459	1,970
6	664,507	657,710	1,023	16	341,055	339,181	0,549
7	467,843	460,503	1,569	17	663,995	662,191	0,272
8	475,959	470,563	1,134	18	491,734	478,334	2,725
9	484,616	483,305	0,271	19	340,636	338,755	0,552
10	44,920	44,140	1,736	20	50,724	50,450	0,539

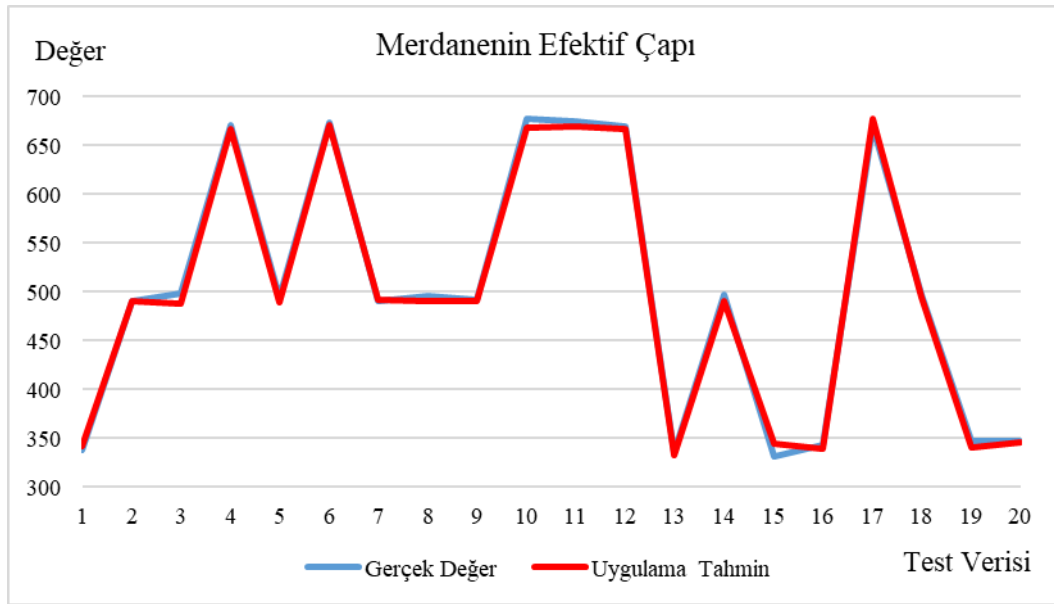


Şekil 5.5. Geliştirilen uygulama sonucuna göre kalibre çapı değer ve tahmini değer grafiği.

Kalibre çapı çıktısı Şekil 5.5’de ve Çizelge 5.5’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on sekizinci test verisinde 2,725 olarak, hata oranı en düşük on üçüncü test verisinde 0,131 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.6. Geliştirilen uygulamada merdanenin efektif çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	337,364	341,409	1,199	11	674,270	668,653	0,833
2	490,450	490,279	0,035	12	669,064	666,067	0,448
3	497,735	487,945	1,967	13	335,216	332,522	0,804
4	669,854	666,626	0,482	14	496,476	490,824	1,138
5	493,861	488,955	0,994	15	331,274	344,672	4,044
6	673,580	670,277	0,490	16	342,410	339,110	0,964
7	489,837	491,530	0,346	17	669,344	676,866	1,124
8	494,908	489,538	1,085	18	497,120	493,610	0,706
9	491,192	490,776	0,085	19	347,005	340,716	1,812
10	676,392	668,075	1,230	20	346,730	346,064	0,192

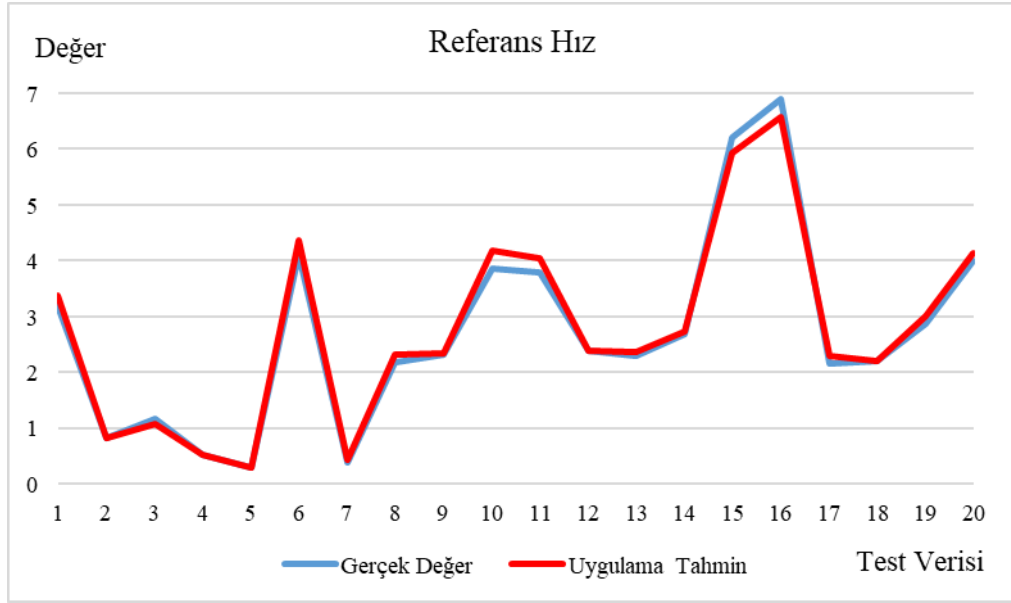


Şekil 5.6. Geliştirilen uygulama sonucuna göre merdanenin efektif çapı değer ve tahmini değer grafiği

Merdanenin efektif çapı çıktısı Şekil 5.6'de ve Çizelge 5.6'de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on beşinci test verisinde 4,044 olarak, hata oranı en düşük ikinci test verisinde 0,035 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.7. Geliştirilen uygulamada referans hız test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	3,194	3,363	5,285	11	3,778	4,043	7,018
2	0,822	0,816	0,782	12	2,379	2,390	0,477
3	1,155	1,071	7,320	13	2,302	2,350	2,083
4	0,517	0,522	1,033	14	2,694	2,719	0,920
5	0,299	0,300	0,223	15	6,205	5,925	4,519
6	4,104	4,354	6,097	16	6,893	6,583	4,491
7	0,392	0,419	6,906	17	2,153	2,284	6,098
8	2,173	2,326	7,005	18	2,196	2,210	0,640
9	2,319	2,329	0,451	19	2,857	2,999	4,995
10	3,868	4,171	7,814	20	3,988	4,143	3,877

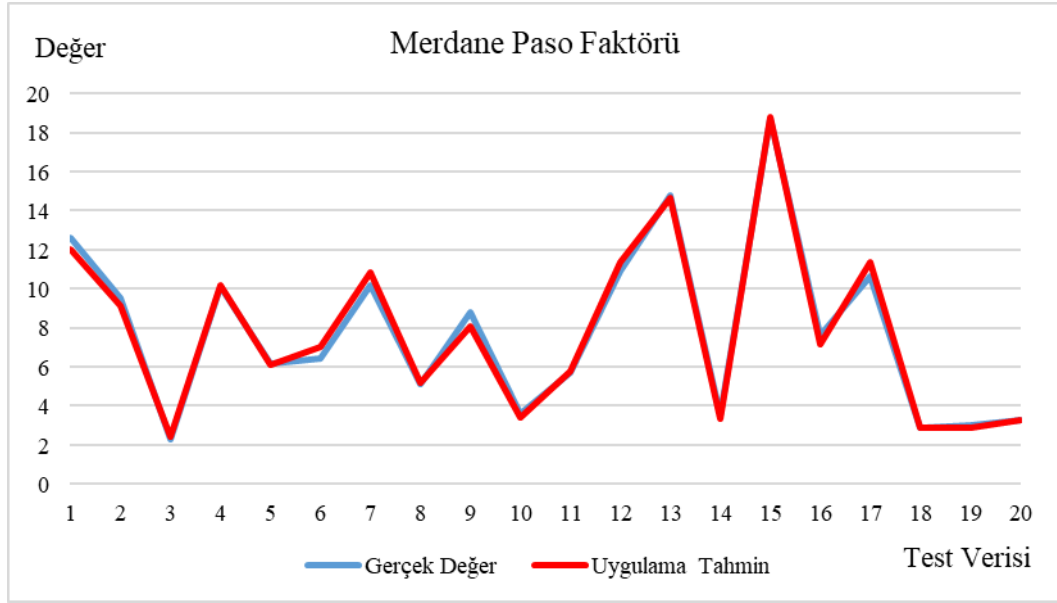


Şekil 5.7. Geliştirilen uygulama sonucuna göre referans hız değer ve tahmini değer grafiği.

Referans hız çapı çıktısı Şekil 5.7’de ve Çizelge 5.7’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek onuncu test verisinde 7,814 olarak, hata oranı en düşük beşinci test verisinde 0,223 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.8. Geliştirilen uygulamada merdane paso faktörü test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	12,636	12,030	4,799	11	5,730	5,769	0,687
2	9,550	9,120	4,499	12	10,936	11,365	3,924
3	2,265	2,390	5,501	13	14,784	14,660	0,838
4	10,146	10,199	0,522	14	3,524	3,369	4,398
5	6,139	6,129	0,160	15	18,726	18,782	0,299
6	6,420	7,014	9,253	16	7,590	7,159	5,682
7	10,163	10,871	6,964	17	10,656	11,369	6,689
8	5,092	5,170	1,526	18	2,880	2,890	0,350
9	8,808	8,093	8,118	19	2,995	2,880	3,847
10	3,608	3,390	6,032	20	3,270	3,289	0,583

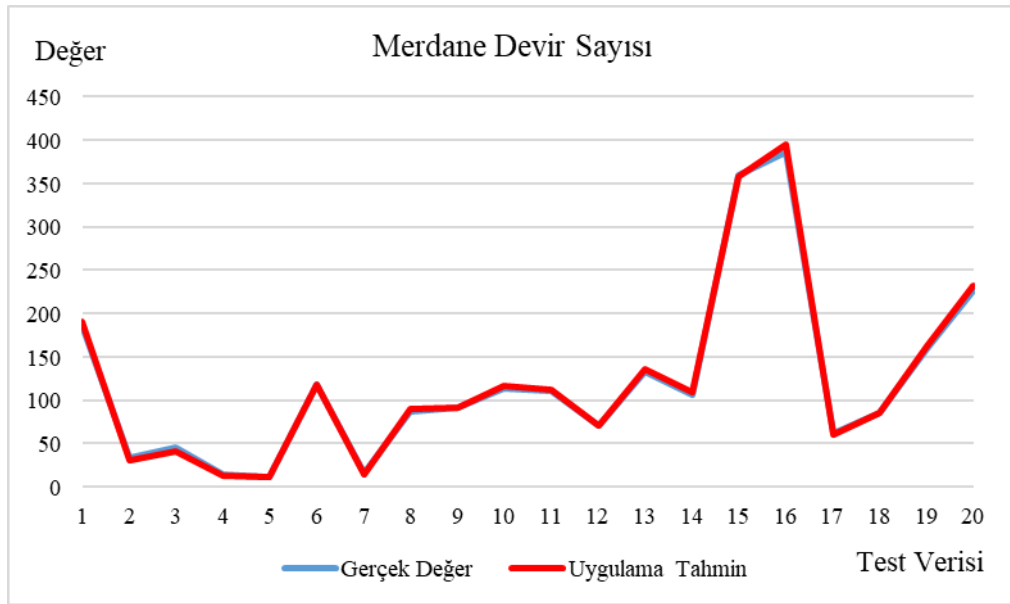


Şekil 5.8. Geliştirilen uygulama sonucuna göre merdane paso faktörü değer ve tahmini değer grafiği.

Merdane paso faktörü çıktısı Şekil 5.8’de ve Çizelge 5.8’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek altıncı test verisinde 9,253 olarak, hata oranı en düşük beşinci test verisinde 0,160 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.9. Geliştirilen uygulamada merdane devir sayısı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	186,817	189,965	1,685	11	111,033	111,494	0,415
2	33,489	30,191	9,848	12	70,507	70,126	0,540
3	45,278	40,948	9,563	13	133,319	135,706	1,791
4	15,111	13,068	13,520	14	106,942	109,586	2,472
5	11,988	11,397	4,932	15	359,172	358,174	0,278
6	117,952	117,993	0,035	16	385,977	394,770	2,278
7	15,986	14,574	8,834	17	61,917	60,350	2,532
8	87,214	89,336	2,433	18	85,289	85,349	0,070
9	91,373	92,129	0,827	19	160,162	162,790	1,641
10	113,226	117,173	3,486	20	226,387	232,298	2,611



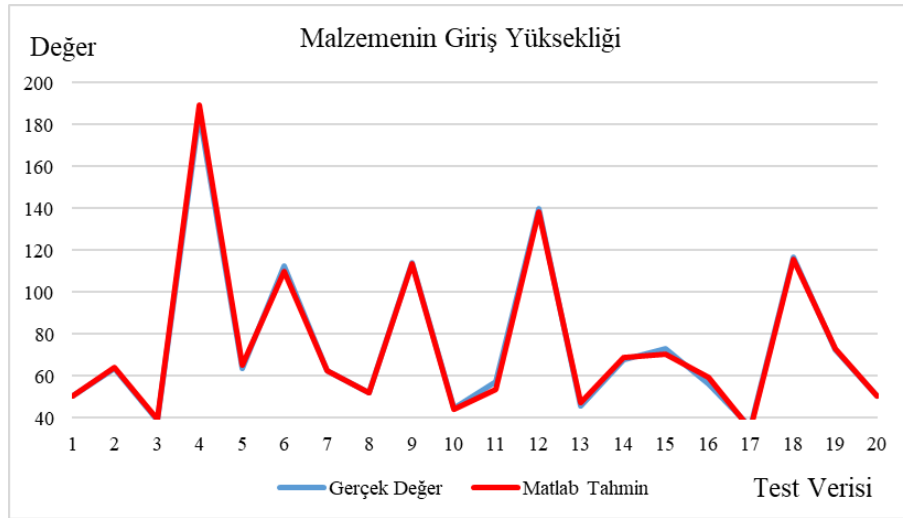
Şekil 5.9. Geliştirilen uygulama sonucuna göre merdane devir sayısı değer ve tahmini değer grafiği.

Merdane devir sayısı çıktısı Şekil 5.9'de ve Çizelge 5.9'de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek dördüncü test verisinde 13,520 olarak, hata oranı en düşük altıncı test verisinde 0,035 olarak gözlemlenmiştir.

Aynı veri seti ile 8 adet giriş ve 8 adet çıkış parametresi Matlab üzerinde 80 adet veri ile eğitim gerçekleştirilerek 20 adet veri ile sonuçlar değerlendirilmiştir. Test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablolarda, tahmin edilen değer ile gerçek değer grafikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 5.10. Matlab uygulamasında malzemenin giriş yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	50,471	50,440	0,061	11	57,097	53,614	6,101
2	63,690	64,237	0,860	12	139,726	138,490	0,884
3	38,920	39,488	1,461	13	45,698	47,148	3,171
4	185,002	189,079	2,204	14	67,968	69,135	1,718
5	63,652	65,408	2,759	15	73,295	70,543	3,754
6	112,633	109,842	2,479	16	56,508	59,350	5,030
7	62,396	62,834	0,701	17	35,785	34,838	2,646
8	51,905	52,067	0,312	18	116,527	115,632	0,768
9	114,327	113,635	0,606	19	72,391	73,180	1,089
10	44,920	44,140	1,736	20	50,724	50,450	0,539

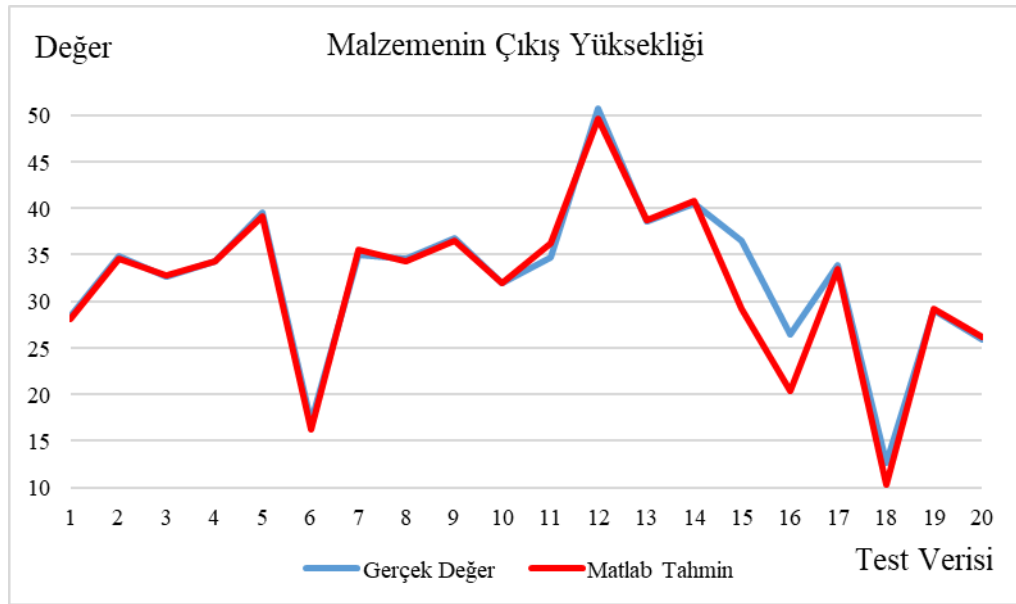


Şekil 5.10. Matlab sonucuna göre malzemenin giriş yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Malzemenin giriş yüksekliği çıktısı Şekil 5.10'de ve Çizelge 5.10'de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on birinci test verisinde 6,101 olarak, hata oranı en düşük birinci test verisinde 0,061 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.11. Matlab uygulamasında malzemenin çıkış yüksekliği test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	28,361	28,075	1,010	11	34,696	36,172	4,253
2	34,793	34,535	0,743	12	50,679	49,568	2,193
3	32,625	32,727	0,311	13	38,539	38,710	0,443
4	34,302	34,298	0,009	14	40,545	40,749	0,502
5	39,503	39,161	0,865	15	36,542	29,157	20,211
6	17,093	16,206	5,185	16	26,445	20,331	23,121
7	34,957	35,489	1,522	17	33,905	33,470	1,286
8	34,541	34,340	0,581	18	12,566	10,318	17,884
9	36,784	36,453	0,900	19	29,064	29,139	0,258
10	31,920	31,966	0,143	20	25,857	26,128	1,049

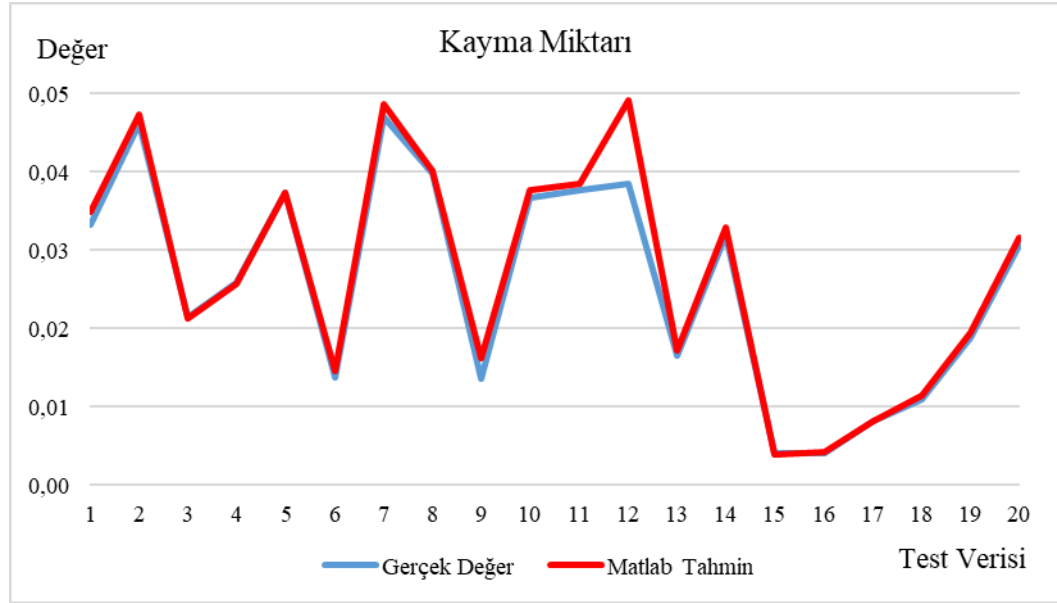


Şekil 5.11. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Malzemenin çıkış yüksekliği çıktısı Şekil 5.11’de ve Çizelge 5.11’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on altıncı test verisinde 23,121 olarak, hata oranı en düşük dördüncü test verisinde 0,009 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.12. Matlab uygulamasında kayma miktarı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	0,033	0,035	5,161	11	0,038	0,038	2,035
2	0,046	0,047	2,426	12	0,038	0,049	28,076
3	0,021	0,021	1,340	13	0,017	0,017	3,546
4	0,026	0,026	0,483	14	0,032	0,033	3,215
5	0,037	0,037	0,017	15	0,004	0,004	5,282
6	0,014	0,015	6,645	16	0,004	0,004	4,190
7	0,047	0,049	3,480	17	0,008	0,008	0,901
8	0,040	0,040	0,726	18	0,011	0,011	3,626
9	0,014	0,016	19,347	19	0,019	0,019	3,565
10	0,037	0,038	2,715	20	0,031	0,032	3,295

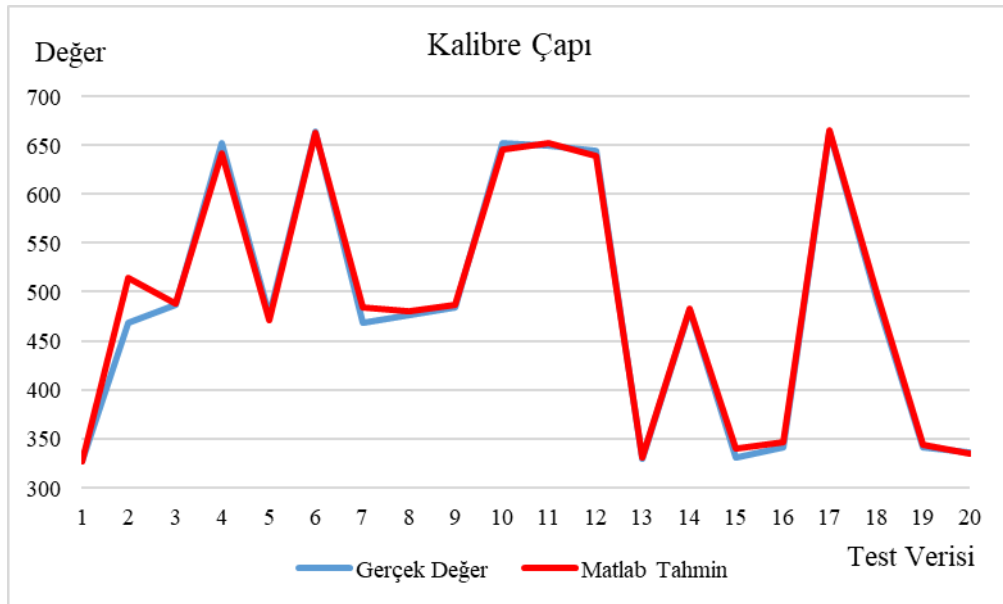


Şekil 5.12. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Kayma miktarı çıktısı Şekil 5.12’de ve Çizelge 5.12’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on ikinci test verisinde 28,076 olarak, hata oranı en düşük beşinci test verisinde 0,017 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.13. Matlab uygulamasında kalibre çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	326,539	327,091	0,169	11	649,804	652,596	0,430
2	468,807	514,749	9,800	12	644,321	639,514	0,746
3	487,275	487,853	0,119	13	329,761	330,857	0,332
4	652,998	641,816	1,712	14	481,155	482,332	0,245
5	476,097	471,474	0,971	15	329,958	340,011	3,047
6	664,507	663,415	0,164	16	341,055	345,797	1,390
7	467,843	483,603	3,369	17	663,995	665,398	0,211
8	475,959	480,808	1,019	18	491,734	498,735	1,424
9	484,616	487,357	0,566	19	340,636	343,729	0,908
10	652,480	645,440	1,079	20	336,443	334,441	0,595

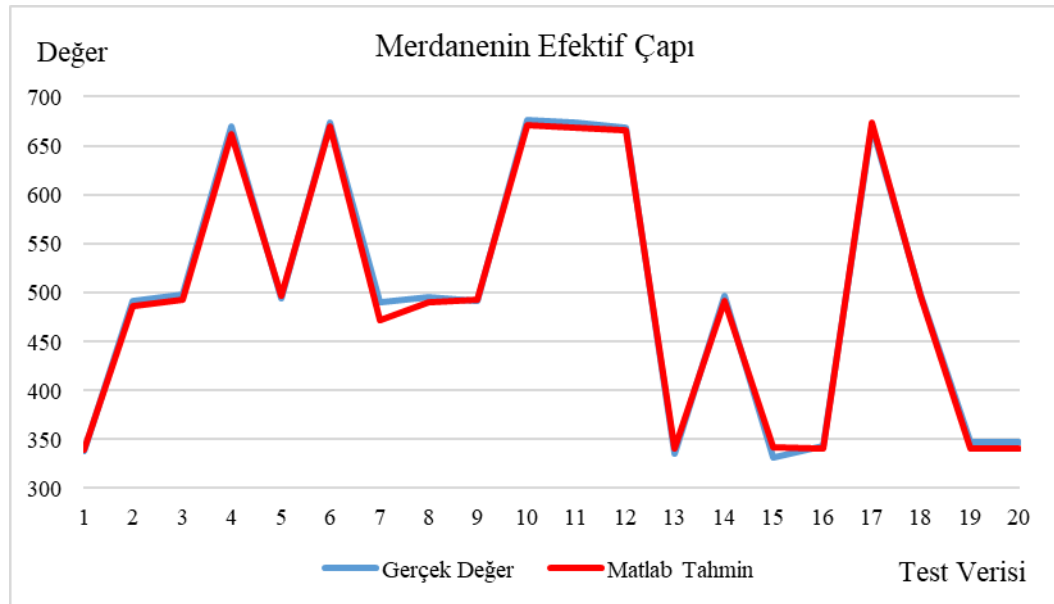


Şekil 5.13. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Kalibre çapı çıktısı Şekil 5.13'de ve Çizelge 5.13'de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek ikinci test verisinde 9,800 olarak, hata oranı en düşük üçüncü test verisinde 0,119 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.14. Matlab uygulamasında merdanenin efektif çapı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	337,364	339,166	0,534	11	674,270	668,883	0,799
2	490,450	485,718	0,965	12	669,064	665,723	0,499
3	497,735	492,070	1,138	13	335,216	340,555	1,593
4	669,854	661,389	1,264	14	496,476	490,514	1,201
5	493,861	496,488	0,532	15	331,274	340,852	2,891
6	673,580	669,325	0,632	16	342,410	339,756	0,775
7	489,837	472,054	3,630	17	669,344	673,201	0,576
8	494,908	489,786	1,035	18	497,120	496,508	0,123
9	491,192	492,569	0,280	19	347,005	339,743	2,093
10	676,392	671,392	0,739	20	346,730	340,459	1,809

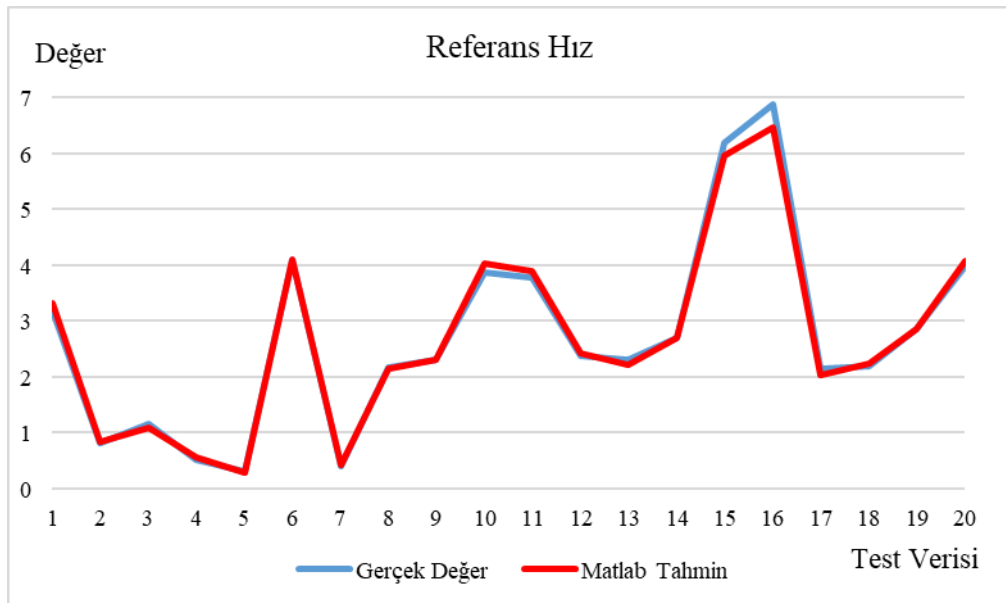


Şekil 5.14. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Merdanenin efektif çapı çıktısı Şekil 5.14'de ve Çizelge 5.14'de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek yedinci test verisinde 3,630 olarak, hata oranı en düşük on sekizinci test verisinde 0,123 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.15. Matlab uygulamasında referans hız test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	3,194	3,325	4,091	11	3,778	3,901	3,254
2	0,822	0,844	2,637	12	2,379	2,413	1,461
3	1,155	1,101	4,724	13	2,302	2,219	3,622
4	0,517	0,561	8,649	14	2,694	2,712	0,657
5	0,299	0,279	6,662	15	6,205	5,975	3,711
6	4,104	4,101	0,070	16	6,893	6,470	6,132
7	0,392	0,431	10,161	17	2,153	2,025	5,938
8	2,173	2,154	0,883	18	2,196	2,239	1,949
9	2,319	2,304	0,631	19	2,857	2,857	0,024
10	3,868	4,026	4,074	20	3,988	4,077	2,230

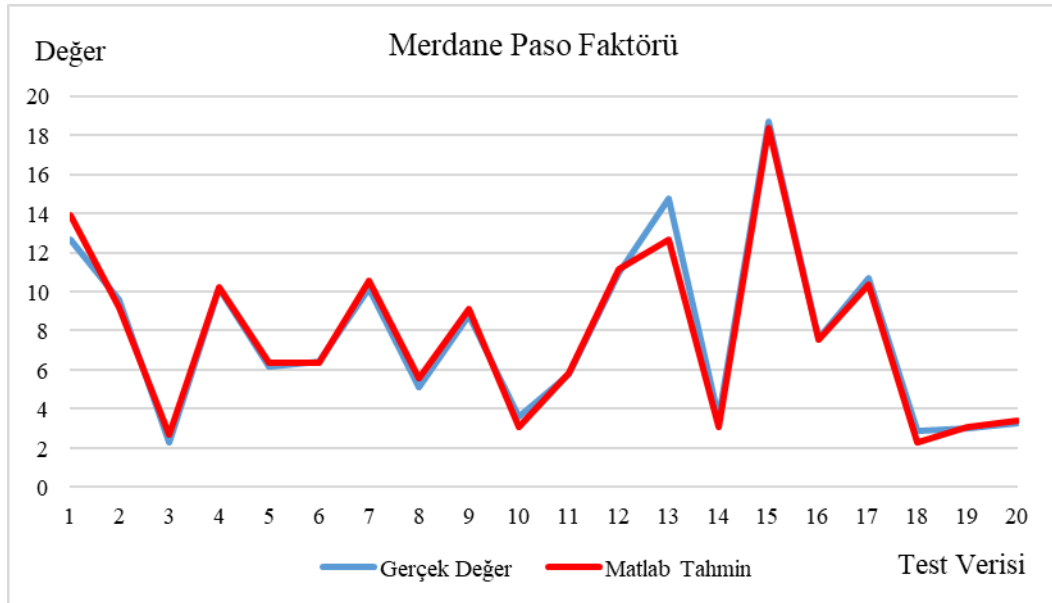


Şekil 5.15. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Referans hız çıktısı Şekil 5.15’de ve Çizelge 5.15’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek yedinci test verisinde 10,161 olarak, hata oranı en düşük on dokuzuncu test verisinde 0,024 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.16. Matlab uygulamasında merdane paso faktörü test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	12,636	13,936	10,288	11	5,730	5,799	1,210
2	9,550	9,178	3,892	12	10,936	11,123	1,711
3	2,265	2,654	17,155	13	14,784	12,654	14,407
4	10,146	10,236	0,887	14	3,524	3,058	13,223
5	6,139	6,325	3,032	15	18,726	18,369	1,907
6	6,420	6,327	1,448	16	7,590	7,541	0,649
7	10,163	10,547	3,776	17	10,656	10,369	2,695
8	5,092	5,593	9,833	18	2,880	2,258	21,595
9	8,808	9,122	3,565	19	2,995	3,100	3,498
10	3,608	3,054	15,345	20	3,270	3,369	3,029

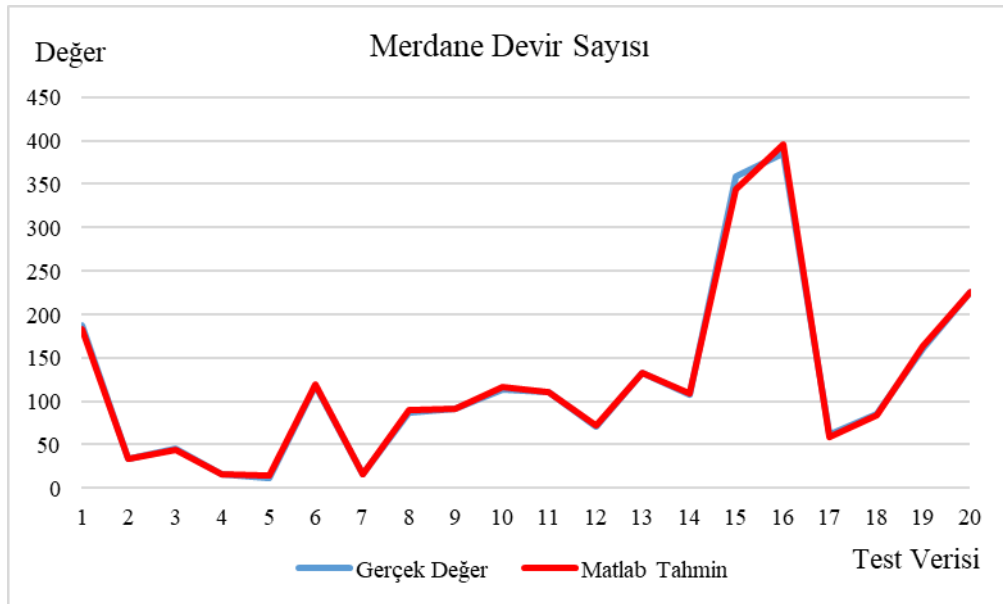


Şekil 5.16. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

Merdane paso faktörü çıktısı Şekil 5.16'de ve Çizelge 5.16'de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek on sekizinci test verisinde 21,595 olarak, hata oranı en düşük on altıncı test verisinde 0,649 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.17. Matlab uygulamasında merdane devir sayısı test verileri, tahmin sonuçları ve hata oranları tablosu.

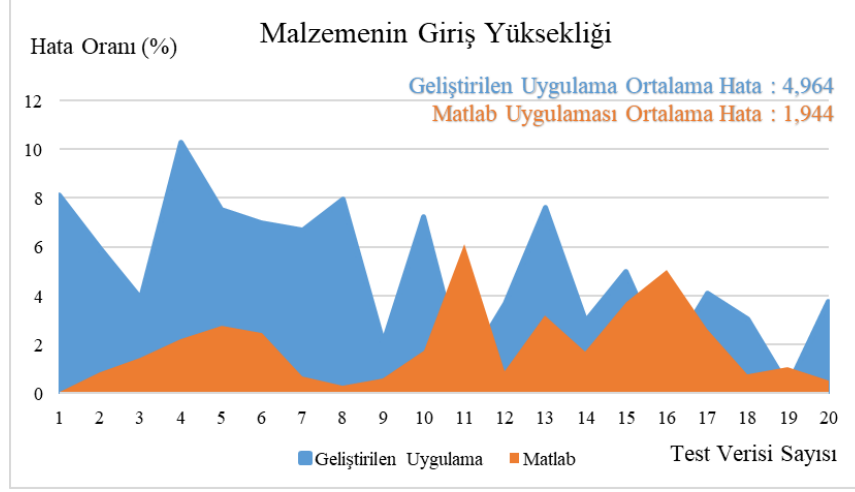
No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı	No	Test Verisi	Tahmin Sonucu	Hata Oranı
1	186,817	182,329	2,402	11	111,033	110,332	0,632
2	33,489	32,864	1,866	12	70,507	72,323	2,576
3	45,278	44,133	2,529	13	133,319	133,162	0,118
4	15,111	15,503	2,595	14	106,942	108,605	1,555
5	11,988	13,988	16,681	15	359,172	344,536	4,075
6	117,952	118,566	0,520	16	385,977	395,369	2,433
7	15,986	16,294	1,931	17	61,917	59,350	4,146
8	87,214	89,234	2,316	18	85,289	83,586	1,997
9	91,373	91,860	0,533	19	160,162	162,988	1,765
10	113,226	116,045	2,489	20	226,387	225,986	0,177



Şekil 5.17. Matlab sonucuna göre malzemenin çıkış yüksekliği değer ve tahmini değer grafiği.

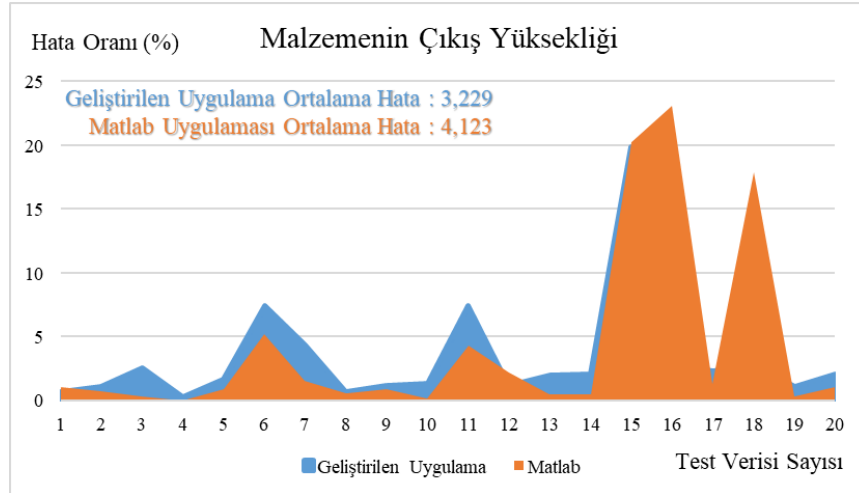
Merdane devir sayısı çıktısı Şekil 5.17’de ve Çizelge 5.17’de görüldüğü üzere hata oranı en yüksek beşinci test verisinde 16,681 olarak, hata oranı en düşük yirminci test verisinde 0,177 olarak gözlemlenmiştir.

20 adet test veri seti ile elde edilen sonuçların geliştirilen uygulama ile Matlab arasındaki hata oranı karşılaştırma grafikleri aşağıda belirtilmiştir.



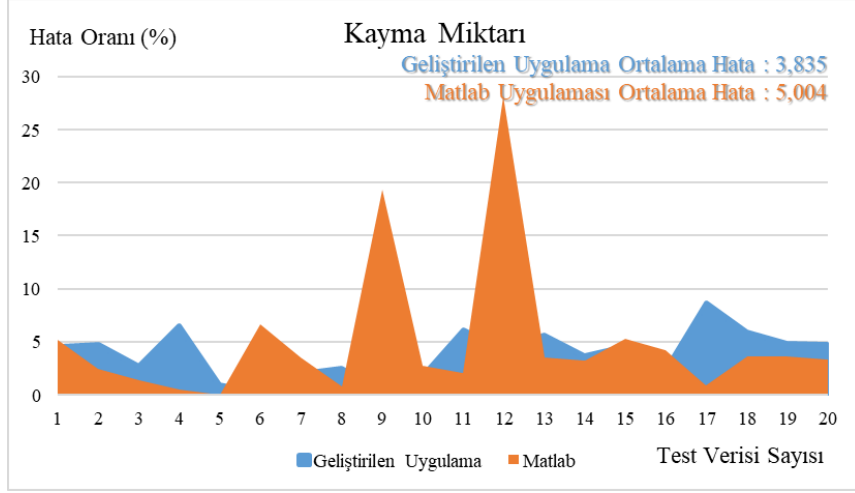
Şekil 5.18. Malzemenin giriş yüksekliği hata oranı karşılaştırması.

Malzemenin giriş yüksekliği çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.18’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 4,964, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 1,944 olarak tespit edilmiştir.



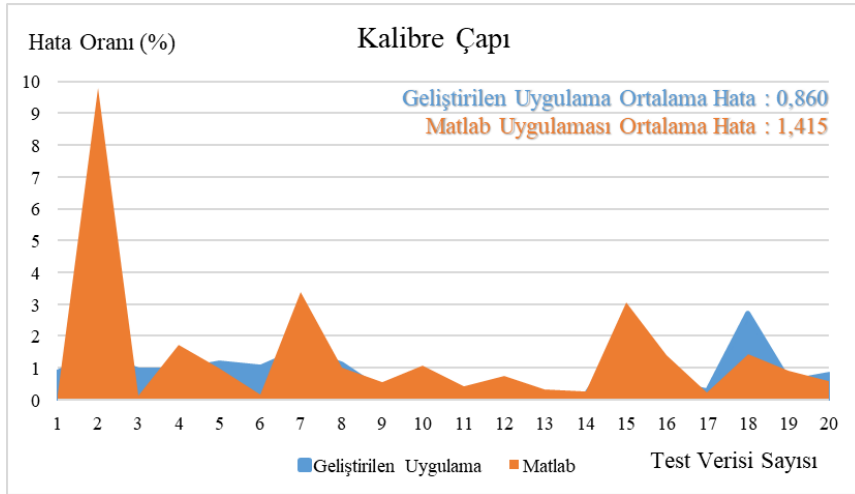
Şekil 5.19. Malzemenin çıkış yüksekliği hata oranı karşılaştırması.

Malzemenin çıkış yüksekliği çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.19’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 3,229, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 4,123 olarak tespit edilmiştir.



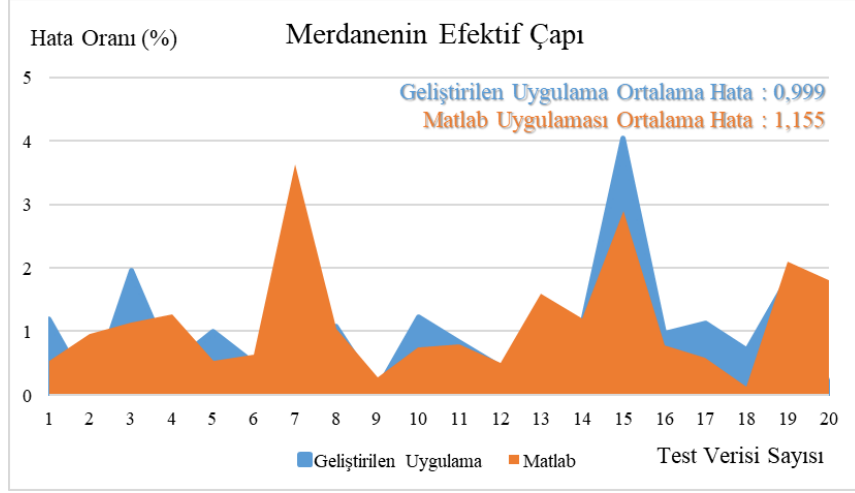
Şekil 5.20. Kayma miktarı hata oranı karşılaştırması.

Kayma miktarı çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.20’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 3,835, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 5,004 olarak tespit edilmiştir.



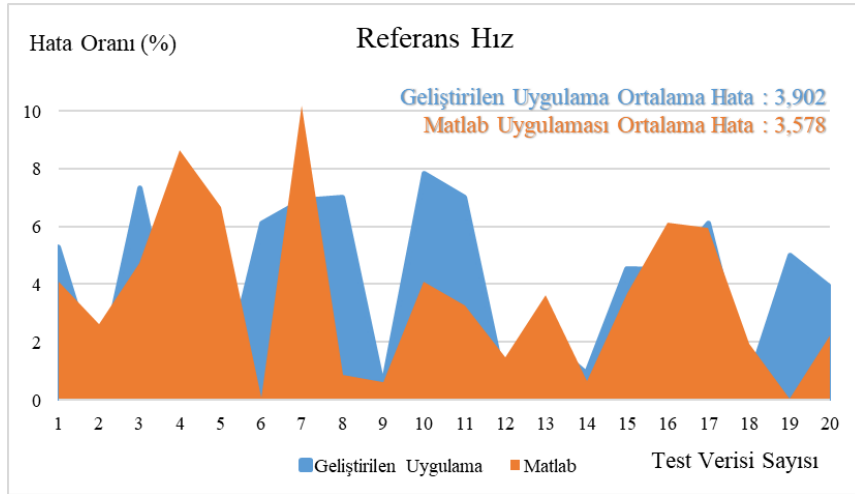
Şekil 5.21. Kalibre çapı hata oranı karşılaştırması.

Kalibre çapı çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.21’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 0,860, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 1,415 olarak tespit edilmiştir.



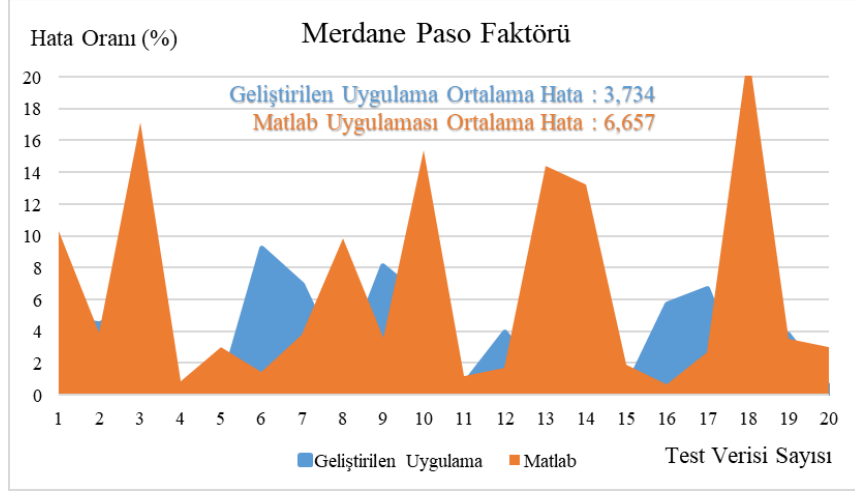
Şekil 5.22. Merdanenin efektif çapı hata oranı karşılaştırması.

Merdanenin efektif çapı çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.22’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 0,999, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 1,155 olarak tespit edilmiştir.



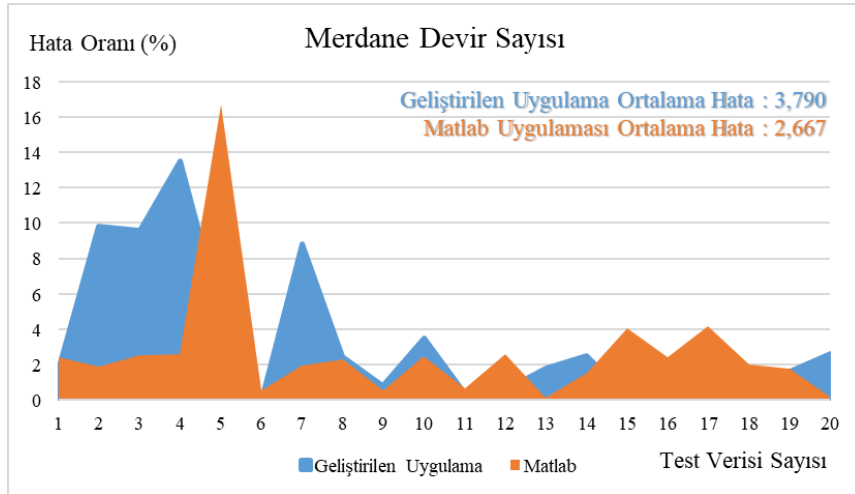
Şekil 5.23. Referans hız hata oranı karşılaştırması.

Referans hız çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.23’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 3,902, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 3,578 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.24. Merdane paso faktörü hata oranı karşılaştırması.

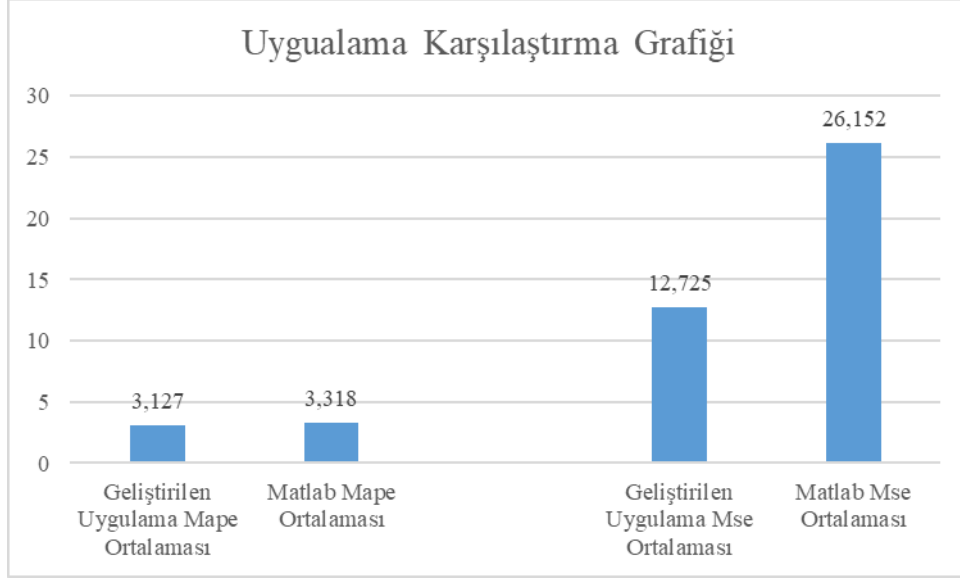
Merdane paso faktörü çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.24’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 3,734, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 6,657 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.25. Merdane devir sayısı hata oranı karşılaştırması.

Merdane devir sayısı çıktısı için iki uygulama karşılaştırma grafiği Şekil 5.25’de verilmiştir. Geliştirilen uygulamanın hata oranı ortalaması 3,790, Matlab uygulamasının hata oranı ortalaması 2,667 olarak tespit edilmiştir.

20 adet test veri seti ile elde edilen sonuçların her iki uygulama üzerinde karşılaştırılabilmesi için MSE ve MAPE istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Sonuçlar grafik olarak Şekil 5.26’de belirtilmiştir.



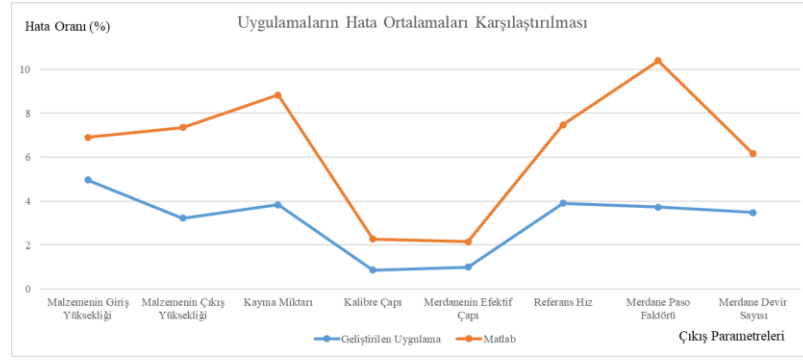
Şekil 5.26. Uygulama sonuçlarının MSE ve MAPE formüllerine göre karşılaştırma tablosu.

Uygulamaların performanslarının karşılaştırılabilmesi adına tüm çıktı parametrelerin ortalama, minimum ve maksimum hata oranları Çizelge 5.18’de gösterilmiştir. Litetürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştığında bir çalışmada[14] ortalama Mape değeri 5,14, diğer çalışmada[29] 7,29 olarak gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmanın ortalama Mape ortalamalarında daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.18. Uygulamaların hata oranlarının ortalama, minimum ve maksimum olarak karşılaştırılması.

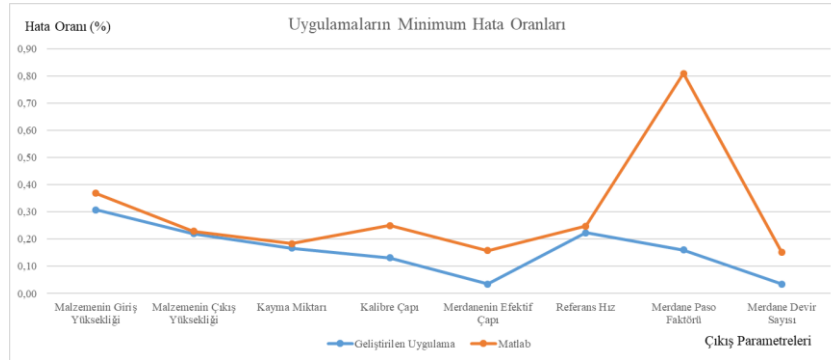
Çıktı Parametreleri	Ortalama Hata Oranları		Minimum Hata Oranları		Maksimum Hata Oranları	
	Geliştirilen Uygulama	Matlab	Geliştirilen Uygulama	Matlab	Geliştirilen Uygulama	Matlab
Malzemenin Giriş Yüksekliği	4,964	1,944	0,308	0,061	10,282	6,101
Malzemenin Çıkış Yüksekliği	3,229	4,123	0,220	0,009	19,862	23,121
Kayma Miktarı	3,835	5,004	0,167	0,017	8,641	28,076
Kalibre Çapı	0,860	1,415	0,131	0,119	2,725	9,800
Merdanenin Efektif Çapı	0,999	1,155	0,035	0,123	4,044	3,630
Referans Hız	3,902	3,578	0,223	0,024	7,814	10,161
Merdane Paso Faktörü	3,734	6,657	0,160	0,649	9,253	21,595
Merdane Devir Sayısı	3,490	2,667	0,035	0,118	13,520	16,681

Uygulamaların performanslarının karşılaştırılabilmesi adına tüm parametrelerin ortalama hata oranları Şekil 5.27’de gösterilmiştir.



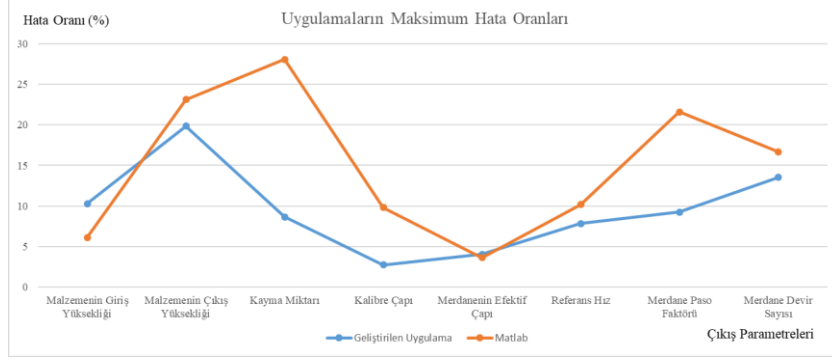
Şekil 5.27. Uygulamaların ortalama hata oranlarının karşılaştırılması.

Uygulamaların performanslarının karşılaştırılabilmesi adına tüm parametrelerin minimum hata oranları Şekil 5.28’de gösterilmiştir.



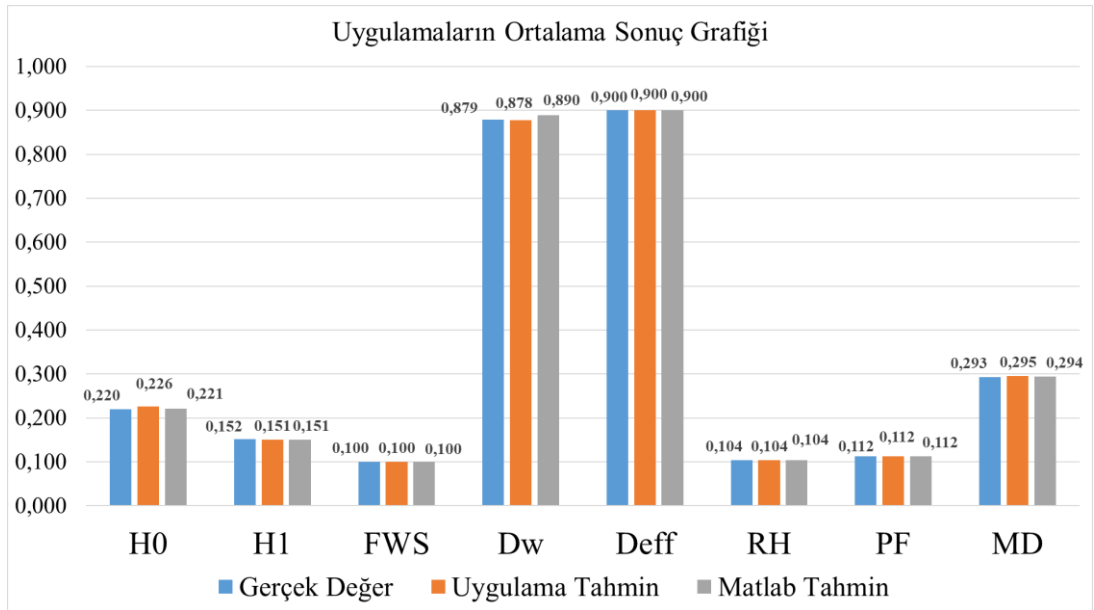
Şekil 5.28. Uygulamaların minimum hata oranlarının karşılaştırılması.

Uygulamaların performanslarının karşılaştırılabilmesi adına tüm parametrelerin maksimum hata oranları Şekil 5.29’da gösterilmiştir.



Şekil 5.29. Uygulamaların maksimum hata oranlarının karşılaştırılması.

Uygulamaların performanslarının karşılaştırılabilmesi adına tüm parametrelerin ortalama sonuçları karşılaştırmalı grafiği Şekil 5.30’da gösterilmiştir.



Şekil 5.30. Uygulama sonuçları ortalama değer grafiği.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Son yıllarda; rekabet edebilmek adına teknoloji, üretim maliyetlerini düşürmek için birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de insan aklını simule eden tahmin uygulamalarıdır. Tahmin, ortaya konan veriler ile tecrübe edilmiş bilgiler yardımıyla gelecekte olabilecek olaylardır. Hemen hemen tüm süreçler geleceğe yönelik tahminlere bağlıdır. Bu nedenlerle rekabet edebilmek, doğru kararlar ile süreçleri yönetebilmek ve çok sayıda iş süreçleri için belirsiz durumların tahmini sonuçların doğruluğu ve uygulanabilirliği açısından önemlidir. Yapay sinir ağları algoritmaları birçok süreçte tahmin için uygulanan algoritmaların başında gelir.

Bu uygulamada tahmin algoritması için YSA modeli üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yapay sinir ağları çalışmaları yöntemleri araştırılmış, çalışma sahaları ve çoğunlukla uygulanan bazı YSA mimarileri açıklanmıştır. Uygulama kısmında YSA modeli ile Kardemir Çubuk ve Kangal Haddehanesi hadde parametreleri tahmini üzerine bir algoritma uygulanmıştır. Algoritmanın performansını ölçmek için aynı veri seti Matlab uygulaması üzerinde uygulanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar gerçek verilerle karşılaştırılarak her iki uygulamanın performansı ölçülmüştür. Yapay sinir ağı modeli olan ileri beslemeli geri yayılım sinir ağı ile yapılan her iki uygulamanın tahminlerinin hata oranları önemsenmeyecek kadar düşük seviyelere geldiği gözlemlenmiştir. Uygulama performanslarını karşılaştırdığımızda MAPE oranlarında 0,191 farkla, MSE oranlarında 13,427 farkla geliştirilen uygulamanın daha başarılı olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak YSA, istatistik uygulamalardan farklı olarak, verilerin özellikleri, hesaplanma algoritmaları veya matematiksel modellerine ihtiyaç duymaz. Veriler arasındaki bağlantıları ve değişkenlerin sonuçlara göre ağırlıklarını öğrenerek sonuca

ulaşır. Bu sebeplerle esnek yapısı vardır. Bu nedenlerle YSA diğer yöntemlere göre tahmin uygulamalarında daha çok tercih edilmektedir. Probleme göre oluşturulmuş ve eğitilmiş bir yapay sinir ağı, uygulanan çok sayıda tahmin algoritmalarından çok daha verimli sonuçlar vermektedir.

Özellikle savunma ve otomotiv sektörü gibi kritik sektörlerde hizmet veren işletmelerin YSA kullanarak üretim yapma çalışmaları diğer sektörlerle kıyasla fazla olmadığı ve YSA uygulamalarında hazır kütüphanelerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Araştırmacıların özellikle bu sektörlerde üretim öncesinde YSA kullanarak gerekli parametrelerin hesaplanması üzerine yapacakları çalışmaların katma değerinin çok yüksek ve ülke ekonomisine katkısı olacaktır. Aynı zamanda belirli bir kütüphaneye bağlı kalmamaları ile esnek bir algoritma oluşturulmuş olacaktır. Amacımız ülkemizin dünya YSA uygulamalarında birçok çalışma ile yer alması ve yeni teknoloji olan yapay sinir ağlarının gerek otomotiv gerekse savunma sanayi verimli bir şekilde uygulanmasıdır.

KAYNAKLAR

1. Capdevila, C., Garcia, C., Caballero, F. and García de Andrés C., “Neural network analysis of the influence of processing on strength and ductility of automotive low carbon sheet steels”, *Computational Materials Science*, 38:192–201 (2006).
2. Bin, H. Ke, X., Sead, S. and Kazem, A., “Development of Parameterized Roll Pass Design Based on a Hybrid Model”, 2010 International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2010), 91-93 (2010).
3. Lambiase, F. and Langella, A., “Automated Procedure for Roll Pass Design”, *Journal of Materials Engineering and Performance*, 18:263–272 (2008).
4. Larkiola, J., Myllykoski, P., Nylander, J. and Korhonen A.S., “Prediction of rolling force in cold rolling by using physical models and neural computing”, *Journal of Materials Processing Technology*, 60:381-386 (1996).
5. Son, J., D., Lee, Kim, I. and Choi, S., “A study on on-line learning neural network for prediction for rolling force in hot-rolling mill”, *Journal of Materials Processing Technology*, 164–165,1612–1617 (2005).
6. Moussaoui, A., Selaimia, Y. and Abbassi, H.A., “Hybrid hot strip rolling force prediction using a Bayesian trained artificial neural network and analytical models”, *American Journal of Applied Sciences*, 3 (6): 1885-1889 (2006).
7. Park, C.J. and Hwang, I.C., “Width control systems with roll force automatic width control and finishing vertical mill automatic width control in hot strip mill”, *Journal of Materials Processing Technology*, 206:143–151 (2008).
8. Pican, N., Alexandre, F. and Bresson, P., “Artificial neural networks for the presetting of a steel temper mill”, *IEEE Expert*, 11:22–27 (1996).
9. Cser, L., Korhonen, A.S., Gulyas, J., Mantyla, P., Simula, O., Reiss, G. and Ruha, P., “Data mining and state monitoring in hot rolling”, 2nd International Conference on Intelligent Processing and Manufacturing of Materials, 529-537 (1999).
10. Martinetz T., Protzel P., Gramkow O. and Sörgel G., “Neural network control for rolling mills”, *Neural Networks: Artificial Intelligence and Industrial Applications*, 280-286, Germany (1994).
11. Öznergiz, E., Özsoy, C., Gülez, K. and Kural A., “Neural network modeling of a plate hot-rolling process”, *IFAC Automation in Mining. Mineral and Metal Processing*, (2004)
12. Orak, İ.M., Altinkaya, H. ve Tozlu, İ., “Ray haddeleme sisteminde ön haddeleme (bd1) işleminin yapay sinir ağı ile modellenmesi”, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 223-226 (2011).

13. Aydoğan İ. K., “Haddeleme prosesinde malzeme karakteristiklerindeki değişimlerin incelenmesi ve modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye (2007).
14. Ghaisari J., Jannesari H. and Vatani M., “Artificial neural network predictors for mechanical properties of cold rolling products”, *Advances in Engineering Software*, 45:91-99 (2012).
15. Bayır F., “Yapay sinir ağları ve tahmin modellemesi üzerine bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye (2006).
16. Ergezer, H., Dikmen, M. ve Özdemir, E. “Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri” *Pivolka*, 2(6):14-17 (2003).
17. Çayiroğlu, İ., “İleri Algoritma Analizi Ders Notları”, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Karabük, Türkiye (2015).
18. Nguyen, H.H.”A neural fuzzy approach to modeling the thermal behaviour of power transformers”, M. Sc. Thesis, School of Electrical Engineering Faculty of Health, Engineering&Science Victory University, 17- 24 (2007).
19. Mackay, D.J.C., “Bayesian interpolation”, *Neural Computation*, 4:415-447 (1992).
20. 20. Aşkın D., İskender İ. ve Mamızadeh A., “Farklı yapay sinir ağları yöntemlerini kullanarak kuru tip transformatör sargısının termal analizi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 26(4):905-913 (2011).
21. Çetin M., Uğur A., ve Bayzan Ş., “İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarında F (Geriye Yayılım) Algoritmasının Sezgisel Yaklaşımı”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Entüsü, Denizli, Türkiye (2006).
22. Altınsoy, M. ve Bal, G., “Uzun dönem rüzgâr hızı tahmininde yapay sinir ağlarının kullanımı ve performans İncelemesi” *MBD*, 8 (1): 21 – 28 (2019).
23. Stockert S., Wehr M., Lohmar j., Hirt, G. And Abel, D. “Improving the thickness accuracy of cold rolled narrow strip by piezoelectric roll gap control at high rolling speed”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 67:313-316 (2019).
24. Kwon, H.C. and Im Y.T., “Interactive computer-aided-design system for roll pass and profile design in bar rolling”, *Journal of Materials Processing Technology*, 123:399-405 (2002).
25. İnternet: Introduction to Artificial Neural Networks(ANN), “<https://towardsdatascience.com/introduction-to-artificial-neural-networks-ann-1aea15775ef9> (2004).

26. Ozturk, Ş. ve Şahin M.E., “Yapay sinir ağıları ve yapay zekâ’ya genel bir bakış”, Takvim-i Vekayi, 6(2): 25-36 (2018)
27. Atasever, B., “Yapay sinir ağıları ile öngörü modellenmesi”, Öneri Dergisi, 10(39): 101-115 (2003)
28. Yavuz, S. ve Deveci, M., “İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay”, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 40: 167-187 (2012)

EK AÇIKLAMALAR A.

VERİLER

Çizelge Ek A.1 Giriş verileri.

No	Giriş 1	Giriş 2	Giriş 3	Giriş 4	Giriş 5	Giriş 6	Giriş 7	Giriş 8
Eğitim Seti								
1	350,0	4,2	2,3	1162,0	0,8	886,9	869,0	42,8
2	350,0	15,6	4,7	1025,0	0,8	880,8	285,1	13,1
3	350,0	9,1	2,1	1128,0	0,8	7586,3	1380,4	73,6
4	500,0	12,3	2,9	1002,0	0,8	2672,3	2335,1	79,0
5	500,0	11,5	2,6	1032,0	0,8	12145,0	3038,4	87,3
6	500,0	20,4	0,2	1033,0	0,8	2176,1	997,0	19,8
7	350,0	14,2	0,5	1101,0	0,8	10483,8	3381,0	94,7
8	680,0	2,4	1,0	1091,0	0,8	1950,5	1511,8	37,2
9	680,0	7,5	1,2	1037,0	0,8	8135,1	4428,3	89,7
10	500,0	2,4	6,4	1069,0	0,8	520,8	416,0	16,3
11	680,0	20,0	1,7	1064,0	0,8	5107,8	4061,7	85,9
12	500,0	19,1	2,5	1152,0	0,8	3264,4	2930,5	79,1
13	680,0	19,4	9,0	1053,0	0,8	739,3	676,1	22,6
14	500,0	16,9	0,8	1109,0	0,8	7012,4	3829,2	85,6
15	500,0	3,2	4,3	1084,0	0,8	4671,9	2285,5	82,5
16	680,0	18,6	2,4	1189,0	0,8	14144,4	1838,3	80,8
17	500,0	14,9	0,5	1037,0	0,8	17247,2	1990,4	90,0
18	350,0	19,9	3,3	1000,0	0,8	6364,3	1831,3	53,0
19	680,0	9,3	1,9	1082,0	0,8	17606,0	2209,1	80,4
20	500,0	7,8	3,5	1011,0	0,8	5835,8	689,0	43,9
21	350,0	13,7	3,3	1064,0	0,8	2461,8	1700,3	63,3
22	350,0	18,9	4,5	1007,0	0,8	2832,3	1822,6	43,2
23	500,0	17,5	3,6	1198,0	0,8	8522,0	3393,9	93,1
24	350,0	18,1	2,0	1015,0	0,8	3828,4	1386,8	33,7
25	680,0	2,8	20,4	1111,0	0,8	248,7	229,9	17,5
26	350,0	5,8	0,6	1001,0	0,8	4594,7	2223,2	76,3
27	350,0	13,3	1,5	1128,0	0,8	1789,8	1474,5	38,5
28	680,0	20,2	3,7	1044,0	0,8	15771,7	2742,4	82,8
29	500,0	16,2	0,5	1147,0	0,8	2654,3	2378,3	70,5
30	350,0	14,5	7,6	1065,0	0,8	709,2	474,9	17,5
31	350,0	13,4	0,8	1027,0	0,8	11930,6	2603,0	97,9
32	680,0	2,1	0,4	1093,0	0,8	954,3	801,0	27,4
33	680,0	15,8	3,7	1100,0	0,8	12491,4	3758,9	96,0
34	350,0	9,1	3,8	1046,0	0,8	2367,6	1437,7	51,8
35	680,0	20,6	0,7	1130,0	0,8	6466,8	4370,2	88,7
36	350,0	17,5	3,9	1083,0	0,8	7824,5	2331,6	88,0
37	350,0	2,9	2,6	1194,0	0,8	2017,6	1689,7	76,2
38	500,0	5,7	3,7	1049,0	0,8	3701,8	1598,4	54,0
39	680,0	20,3	4,8	1195,0	0,8	5395,3	2957,3	75,5
40	680,0	4,6	4,9	1149,0	0,8	6048,0	1619,0	65,5
41	680,0	2,8	4,2	1053,0	0,8	11980,0	1682,9	90,7
42	500,0	14,5	3,8	1046,0	0,8	1764,7	1727,4	63,2
43	350,0	17,4	2,4	1164,0	0,8	7102,3	2665,3	86,0
44	350,0	7,1	1,5	1141,0	0,8	1693,2	1450,7	57,1
45	500,0	4,9	4,8	1123,0	0,8	3409,4	2098,1	71,4
46	500,0	8,4	4,0	1150,0	0,8	5126,4	1567,4	51,3
47	350,0	21,2	3,7	1116,0	0,8	3433,9	1972,7	53,5
48	500,0	16,7	2,3	1078,0	0,8	15182,0	2500,5	91,0
49	680,0	20,1	3,1	1017,0	0,8	9327,0	3036,3	60,6
50	680,0	6,6	0,6	1032,0	0,8	1244,8	1238,6	98,7
51	500,0	11,5	1,8	1190,0	0,8	12082,7	1696,4	90,8
52	350,0	4,9	3,3	1118,0	0,8	3634,0	2494,7	86,7
53	680,0	7,2	6,9	1049,0	0,8	576,3	455,0	12,7
54	500,0	5,5	1,4	1130,0	0,8	6442,6	3919,6	97,8
55	680,0	2,6	3,3	1161,0	0,8	3604,4	1967,9	54,0
56	500,0	16,4	0,4	1131,0	0,8	3399,6	3241,5	86,6
57	350,0	10,0	4,3	1045,0	0,8	1545,0	1103,5	52,2
58	350,0	15,0	1,3	1091,0	0,8	8175,8	2105,8	85,7
59	500,0	19,6	0,8	1193,0	0,8	5632,2	966,0	38,7
60	500,0	8,3	1,2	1015,0	0,8	5108,3	3203,8	79,6
61	500,0	17,9	3,0	1004,0	0,8	7457,6	1996,8	61,6
62	500,0	3,7	1,3	1182,0	0,8	1264,0	1172,1	47,4
63	350,0	18,3	4,7	1021,0	0,8	3985,2	2202,5	66,2
64	350,0	18,4	4,1	1080,0	0,8	2836,4	2803,8	79,5
65	350,0	21,4	3,9	1067,0	0,8	5779,6	1888,8	59,7
66	680,0	11,6	3,2	1006,0	0,8	3630,2	3077,2	81,2
67	350,0	3,3	1,2	1011,0	0,8	1731,1	1036,5	46,5
68	500,0	9,5	3,4	1141,0	0,8	2087,8	1031,7	33,4
69	680,0	20,0	1,1	1100,0	0,8	19734,3	3178,8	89,6
70	350,0	14,3	3,6	1034,0	0,8	1921,0	1758,2	65,6

No	Giriş 1	Giriş 2	Giriş 3	Giriş 4	Giriş 5	Giriş 6	Giriş 7	Giriş 8
71	680,0	19,1	3,6	1134,0	0,8	12223,9	2729,3	89,6
72	500,0	15,3	3,3	1094,0	0,8	8765,1	2909,7	94,5
73	350,0	3,6	0,7	1175,0	0,8	8025,1	720,4	90,6
74	350,0	2,8	2,6	1104,0	0,8	4283,2	1480,6	66,4
75	500,0	18,6	1,7	1020,0	0,8	8216,2	2788,2	66,4
76	350,0	21,2	3,2	1074,0	0,8	5342,9	3179,2	87,6
77	500,0	9,2	8,0	1017,0	0,8	813,2	739,0	42,1
78	500,0	15,6	0,8	1097,0	0,8	15208,1	1669,2	93,4
79	350,0	4,6	1,9	1056,0	0,8	1970,0	1425,9	72,9
Test Seti								
80	500,0	1,8	9,3	1126,0	0,8	392,4	142,7	7,3
81	350,0	4,9	3,3	1037,0	0,8	3908,5	2196,3	77,4
82	500,0	3,6	0,9	1089,0	0,8	4146,7	2265,3	65,1
83	500,0	19,9	1,2	1108,0	0,8	2095,4	1756,5	53,8
84	680,0	7,3	0,5	1062,0	0,8	17993,5	3336,2	97,3
85	500,0	15,6	0,3	1115,0	0,8	1973,2	1224,6	31,0
86	680,0	1,6	4,2	1140,0	0,8	4763,6	722,9	42,3
87	500,0	2,8	0,4	1062,0	0,8	1572,7	881,1	25,2
88	500,0	10,5	2,3	1029,0	0,8	4444,1	2957,4	85,6
89	500,0	21,4	2,4	1187,0	0,8	7645,5	2459,9	66,9
90	680,0	4,4	4,0	1025,0	0,8	3564,9	2533,2	79,4
91	680,0	4,5	3,9	1149,0	0,8	1168,9	710,3	20,5
92	680,0	15,0	2,5	1022,0	0,8	9967,6	3615,3	71,3
93	350,0	18,3	2,3	1083,0	0,8	2148,6	1812,0	47,0
94	500,0	21,7	2,8	1130,0	0,8	3865,0	2305,6	56,9
95	350,0	16,5	6,2	1039,0	0,8	558,8	278,6	7,6
96	350,0	17,5	6,9	1120,0	0,8	707,7	331,2	12,5
97	680,0	17,9	2,2	1102,0	0,8	2439,3	2311,2	68,2
98	500,0	4,3	2,2	1188,0	0,8	8560,4	923,1	73,5
99	350,0	19,7	2,9	1140,0	0,8	4391,7	1763,2	60,7
100	350,0	12,3	4,1	1040,0	0,8	2264,4	1154,3	44,6

Çizelge Ek A.2 Çıkış verileri.

No	Çıkış 1	Çıkış 2	Çıkış 3	Çıkış 4	Çıkış 5	Çıkış 6	Çıkış 7	Çıkış 8
Eğitim Seti								
1	20,70068154	20,28288675	0,003145929	333,9171132	334,9675927	2,252912498	15,03240732	128,8567059
2	67,42708413	21,82500191	0,015387059	343,7749981	349,0646843	4,579534433	0,93531573	254,4183421
3	103,1209646	18,76384792	0,005146811	340,3361521	342,0877978	2,119093427	7,91220217	118,9168503
4	33,83771874	29,56795908	0,017577823	482,7320409	491,2174191	2,869559394	8,782580886	113,5299562
5	139,1658073	34,816088	0,014580412	476,683912	483,6341596	2,582348299	16,3658404	103,4631511
6	109,8430165	50,3255767	0,033362686	470,0744233	485,7573689	0,193542889	14,24263112	7,863429109
7	110,6925278	35,69807097	0,008382499	328,501929	331,2555961	0,495843592	18,74440385	28,82757815
8	52,4708794	40,66930299	0,029622258	641,730697	660,7402091	0,942093076	19,25979091	28,03769942
9	90,71253345	49,37890277	0,04816903	638,1210972	668,8587715	1,144853517	11,14122849	34,26479966
10	31,8922229	25,47458665	0,021473222	476,9254133	487,1665386	6,285039943	12,83346145	251,6859399
11	59,46701128	47,28790472	0,026345139	652,7120953	669,9078862	1,675849512	10,09211378	49,03596588
12	41,27762885	37,05553589	0,013069332	482,0444641	488,3444633	2,50723215	11,6555367	99,3364936
13	32,73266625	29,93447268	0,010731183	669,4655273	676,6496846	8,924232426	3,350315399	254,5915772
14	81,91673286	44,7315546	0,035191293	472,1684454	488,7846634	0,724503776	11,21533662	29,3052257
15	56,66137072	27,71882163	0,036777902	475,4811784	492,9683785	4,186046011	7,031621544	168,1403879
16	175,1433277	22,76278805	0,001799641	675,837212	677,0534762	2,355760477	2,946523825	66,57181666
17	191,6100076	22,11260721	0,000836682	492,7873928	493,1996991	0,479598728	6,800300939	18,58744995
18	120,0698047	34,5495708	0,001361704	335,3504292	335,8070771	3,315485292	14,19292292	188,8207059
19	218,8739293	27,46304653	0,005478326	661,8369535	665,4627119	1,859811347	14,53728805	53,66847547
20	132,9672583	15,69869443	0,006011752	492,1013056	495,0596967	3,429383397	4,940303298	133,0953557
21	38,91066574	26,87456534	0,030211836	336,8254347	347,0015493	3,222638185	2,998450657	182,7292398
22	65,60654143	42,21815571	0,016997839	326,6818443	332,2347297	4,424788163	17,76527033	258,68358
23	91,53696603	36,45474173	0,011157573	481,0452583	486,4125557	3,560275962	13,58744425	141,3510704
24	113,6462137	41,16721584	0,015277434	326,9327842	331,9274781	1,999453482	18,07252193	116,803057
25	14,19277521	13,11989956	0,010298786	669,6801004	676,5769921	20,1524542	3,423007851	574,7274316
26	60,25045896	29,15289798	0,046214255	326,647102	341,7428543	0,554379753	8,25714567	32,41379856
27	46,43765243	38,25696643	0,017906764	325,0430336	330,8635024	1,512908701	19,13649756	88,89416109
28	190,4794686	33,12077295	0,000242967	667,0792271	667,2413051	3,699101241	12,75869486	105,9059057
29	37,63683285	33,72327151	0,014041049	482,4767285	489,2512078	0,483215152	10,74879224	19,1278233
30	40,58833629	27,17907629	0,015719653	337,3209237	342,6234914	7,442998647	7,376508568	421,4111641
31	121,868903	26,58917025	0,009475649	336,8108297	340,0023309	0,792490637	9,997669135	44,93755822
32	34,79671832	29,20692799	0,02404777	652,893072	668,5936945	0,380841609	11,40630548	11,140475
33	130,1146839	39,15398477	0,017127892	656,6460152	667,8929774	3,63769397	12,10702256	105,8025718
34	45,74895656	27,78056887	0,030488528	331,3194311	341,4208729	3,668163107	8,57912713	211,44777
35	72,93931875	49,29167607	0,035425723	651,3083239	674,3813923	0,627761109	5,618607722	18,40810809
36	88,93296356	26,50087518	0,002505437	340,9991248	341,8534767	3,930153248	8,146523271	220,1190341
37	26,49507551	22,18910046	0,019708156	330,7108995	337,2286014	2,520328965	12,77139858	145,5492928
38	68,52012957	29,58630264	0,040285648	476,1136974	495,2942462	3,575940903	4,70575375	143,4435533
39	71,44957093	39,16331179	0,025247206	661,1366882	677,8285424	4,72081267	2,171457607	136,3725266
40	92,38101057	24,72963891	0,018198819	659,8703611	671,8792224	4,802598381	8,120777593	139,0013525
41	132,0837927	18,55457552	0,014980157	664,2454245	674,1959252	4,098602294	5,804074802	117,8443011
42	27,91275189	27,32276739	0,003297147	487,1772326	488,7835277	3,767577741	11,21647225	147,6986807
43	82,56088346	30,98285382	0,014426985	336,4171462	341,2706313	2,356009881	8,72936872	133,752024
44	29,65168205	25,40496997	0,018127932	331,69503	337,7079751	1,483114206	12,29202495	85,39589769
45	47,7246322	29,36911211	0,029786325	475,5308879	489,6952053	4,680582646	10,30479468	187,9847262
46	100,0253654	30,5828179	0,005750046	477,8171821	480,564653	3,92741717	19,43534705	156,9808403
47	64,18984597	36,87565425	0,018062536	334,3243457	340,3630913	3,585241447	9,636908681	204,8102948
48	166,7545363	27,46474232	0,002078031	489,2352577	490,2519039	2,255313388	9,748096109	88,04212737
49	153,9693283	50,12298397	0,024967616	649,977016	666,2053924	2,975703772	13,7946076	87,43656211
50	12,61476722	12,5519366	0,000891878	674,0480634	674,6492323	0,639429706	5,350767735	18,11771072
51	133,1089641	18,6883765	0,004517881	492,8116235	495,0380878	1,811814438	4,961912247	70,2156873
52	41,9073978	28,76895577	0,026286835	326,1310442	334,7039973	3,234963059	15,2960027	189,4429999
53	45,40297802	35,84652958	0,021465763	651,3534704	665,3352694	6,754998799	14,66473059	198,0659961
54	65,88536074	40,08385744	0,035949169	465,4161426	482,1474662	1,303152742	17,85253378	53,47554968
55	66,80505616	36,47366275	0,040805082	646,1263373	672,4915755	3,180230436	7,508424511	94,00317521
56	39,26768698	37,44152469	0,006637872	478,9584753	482,1377403	0,387428301	17,86225971	15,44880376
57	29,61585646	21,15281399	0,030726365	338,847186	349,2587282	4,142709594	0,741271764	233,4973653
58	95,34683025	24,55800718	0,020279789	340,4419928	347,3460845	1,313365231	2,653915491	73,67900774
59	145,6703911	24,98448169	0,00119343	494,6155183	495,2058076	0,809034474	4,794192446	41,23925494
60	64,14077999	40,22751814	0,04065956	468,0724819	487,1041032	1,181942728	12,89589677	38,22638414
61	121,0669004	32,41611065	0,024214395	485,4838893	497,2395881	2,9486014	2,760411851	115,9958956
62	26,65598178	24,71794007	0,010736047	478,9820599	484,124434	1,266403828	15,87556597	50,49569396
63	60,20576194	33,27391114	0,019535769	335,0260889	341,571081	4,649174797	8,42891897	265,03219
64	35,68023146	35,27014278	0,001661936	333,1298572	333,6834977	4,103180776	16,31650228	235,2385373
65	96,80423422	31,63607129	0,001975079	339,7639287	340,4349892	3,892312377	9,565010783	218,7921798
66	44,70084102	37,89141865	0,020828605	653,7085813	667,3244195	3,17389225	12,6755805	92,72767497
67	37,21675195	22,28361354	0,05031159	331,0163865	347,6703472	1,152039082	2,329652771	66,4689926
68	62,54830882	30,90865514	0,035594667	478,5913449	495,6266442	3,273481517	4,373355795	130,6310539
69	220,307895	35,48718407	0,004238524	664,5128159	667,3293697	1,055526127	12,67063033	30,3366069
70	29,30185024	26,81859089	0,010985246	337,4814091	341,1887253	3,600448192	8,81127472	203,7549133

No	Çıkış 1	Çıkış 2	Çıkış 3	Çıkış 4	Çıkış 5	Çıkış 6	Çıkış 7	Çıkış 8
71	136,4640082	30,46909887	0,009648339	668,6309011	675,082079	3,605215656	4,917921015	102,97841
72	92,71804094	30,77907653	0,025929267	484,5209235	497,084196	3,226343283	2,91580398	127,1743176
73	88,53035919	7,947224429	0,011083906	345,6527756	349,4839584	0,64287444	0,516041582	35,52118849
74	64,50116708	22,29651382	0,033969143	330,5034862	341,7304063	2,504910343	8,269593741	144,7496489
75	123,7230454	41,98590531	0,034546953	476,6140947	493,0796596	1,652897429	6,920340357	66,23391106
76	61,00175827	36,2980385	0,02467239	334,9019615	343,1647933	3,083912508	6,835206668	175,8675587
77	19,33060759	17,56679662	0,012549059	491,6332034	497,8027373	7,920603877	2,197262717	307,6936018
78	162,7509524	17,86310518	0,003533124	497,7368948	499,4954612	0,797183452	0,504538794	30,58861536
79	27,01516689	19,55376978	0,037625361	335,0462302	347,6524654	1,869653609	2,34753458	106,5756019
Karşılaştırma Seti								
80	50,47133264	28,36131198	0,033150248	326,538688	337,3635264	3,194114319	12,63647357	186,8173425
81	63,68956196	34,79295939	0,046166794	468,8070406	490,4503587	0,822048649	9,549641261	33,48919995
82	38,91974219	32,62504876	0,021465651	487,2749512	497,7346255	1,155202819	2,265374493	45,27782233
83	185,0022105	34,30151859	0,025812418	652,9984814	669,8539514	0,516663661	10,14604858	15,11113633
84	63,6516129	39,50322581	0,037312544	476,0967742	493,8611561	0,298849177	6,138843906	11,98831657
85	112,6332963	17,09266309	0,013653299	664,5073369	673,5800542	4,103967308	6,419945823	117,9520491
86	62,39634993	34,95734973	0,04701118	467,8426503	489,8367752	0,39159062	10,16322481	15,98578056
87	51,90492875	34,54099509	0,039811618	475,9590049	494,9077032	2,173470617	5,09229679	87,21387905
88	114,3269432	36,78410144	0,013569726	484,6158986	491,1920035	2,318538073	8,80799645	91,37301427
89	44,92004889	31,91996069	0,036648411	652,4800393	676,3923957	3,868235323	3,607604273	113,2262265
90	57,09749902	34,69617038	0,037652162	649,8038296	674,2703487	3,777759199	5,729651323	111,0333346
91	139,7255281	50,6791707	0,038402156	644,3208293	669,0641386	2,378654536	10,93586142	70,50673084
92	45,69836442	38,53925176	0,016543454	329,7607482	335,2161301	2,301918319	14,78386987	133,3190858
93	67,96799437	40,5451508	0,031842482	481,1548492	496,4760137	2,694209678	3,523986343	106,9419016
94	73,29485834	36,54249738	0,003989823	329,9575026	331,2739747	6,205242181	18,72602528	359,1716963
95	56,50750559	26,44522517	0,003972797	341,0547748	342,4097163	6,892617031	7,590283729	385,9769699
96	35,78470205	33,90546607	0,008056229	663,9945339	669,3438258	2,152657697	10,65617421	61,91727717
97	116,5266869	12,56550917	0,010952212	491,7344908	497,1200712	2,195949496	2,879928802	85,28900621
98	72,39145485	29,06405565	0,018696912	340,6359444	347,0047846	2,856590578	2,995215447	160,1617862
99	50,72353389	25,85681645	0,030575367	336,4431835	346,7300574	3,988063495	3,269942639	226,3871166
100	50,47133264	28,36131198	0,033150248	326,538688	337,3635264	3,194114319	12,63647357	186,8173425

ÖZGEÇMİŞ

Sefa ÇETİNKAYA 1992 yılında Karabük’de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Safranbolu Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2010 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2014 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2014 yılında Bizim Radyo Televizyon Kanalın’nda mühendis olarak göreve başladı. 2015 yılında Kardemir Demir Çelik Fabrikalarına mühendis olarak görev yaptı. Mühendis olarak birçok projede görev aldıktan sonra 2019 yılında Elektrik Otomasyon Müdürlüğü uhdesindeki Demir ve Çelik Üretim Seviye 2 Başmühendisliğine atandı. 2017 yılında Karabük Üniversitesi eski adıyla Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans eğitime başladı ve halen devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Kardemir Fabrika Sahası
Elektrik Otomasyon Müdürlüğü
Fabrika Sahası / KARABÜK
Tel : (555) 610 4387
E-posta : scetinkaya@kardemir.com