

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZİK OKSİJEN FIRININDA
YAPAY SİNİR AĞLARININ UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. ve Malz. Müh. Ahmet ÖZBEK

Enstitü Anabilim Dalı : MET. ve MALZ. MÜH.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Recep ARTIR

Eylül 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZİK OKSİJEN FIRININDA
YAPAY SİNİR AĞLARININ UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. ve Malz. Müh. Ahmet ÖZBEK

Enstitü Anabilim Dalı : MET. ve MALZ. MÜH.

Bu tez 12 / 09 / 2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr. Recep ARTIR
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr. Fevzullah TEMURTAŞ
Üye**

**Doç. Dr. S. Cem OKUMUŞ
Üye**

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinin hazırlanmasında, değerli bilgi ve fikirleriyle büyük katkı sağlayan, çalışmalarında her türlü yardımı gösteren saygıdeğer Hocam Doç.Dr Recep ARTIR'a çok teşekkür ederim. Ayrıca, bu çalışmanın hazırlanmasında yardımlarını ve değerli bilgilerini esirgemeyen Arş.Gör. Alparslan Serhat DEMİR'e de teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında verdikleri destek ve gösterdikleri büyük sabır için eşim Yıldız YARALI ÖZBEK'e ve 16 aylık olan kızım Zeynep Cemre ÖZBEK'e teşekkürlerimin en özelini sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
YAPAY SİNİR AĞLARI.....	2
2.1. Yapay Zekanın Tanımı ve İçeriği.....	2
2.1.1. Yapay zekanın karakteristik özellikleri.....	4
2.1.2. Yapay zeka teknolojileri.....	5
2.1.3. Yapay zekanın kapsamı.....	5
2.1.4. Yapay zeka araçlarının ortak özellikleri.....	6
2.1.5. Yapay zeka ve klasik sistemlerin karşılaştırılması.....	7
2.1.6. Yapay zekanın uygulamaları.....	8
2.1.7. Yapay zekanın uygulama örnekleri.....	9
2.2. Yapay Sinir Ağları.....	9
2.2.1. Biyolojik sinir ağları.....	11
2.2.2. Yapay sinir ağları nedir?.....	13
2.2.3. Yapay sinir ağlarının avantajları.....	15
2.2.4. Yapay sinir ağlarının özellikleri.....	15

2.2.5. Yapay sinir ağlarının uygulamaları.....	17
2.2.6. Yapay sinir ağlarının yapısı.....	17
2.3. YSA Modellemek İçin Kullanılan Parametreler.....	18
2.3.1. YSA'nın çeşidi.....	18
2.3.1.1. Tek katmanlı – ileri beslemeli yapay sinir ağları.....	18
2.3.1.2. Çok katmanlı – ileri beslemeli yapay sinir ağları.....	18
2.3.1.3. Radyal tabanlı sinir ağları.....	19
2.3.1.4. Geri dönüşlü yapay sinir ağları.....	19
2.3.2. Aktivasyon fonksiyonu.....	19
2.3.3. Devir sayısı.....	20
2.3.4. Eğitim algoritmaları.....	20
BÖLÜM 3.	
BAZİK OKSİJEN FIRININDA ÇELİK ÜRETİMİ.....	22
3.1. Demir Çelik Sektörü.....	22
3.1.1. Dünyada demir çelik sektörü.....	22
3.1.2. Türkiye’de demir çelik sektörü.....	25
3.2. Bazik Oksijen Fırını (BOF) Prosesi ve Özellikleri.....	27
3.2.1. Bazik oksijen fırını prosesi.....	27
3.2.2. Bazik oksijen fırınının çalışması.....	28
3.3. BOF Proses Kontrolü.....	29
3.3.1. Proses kontrolünün prensipleri.....	31
3.3.2. BOF prosesi prensipleri.....	32
3.4. BOF’un Bilgisayarla Kontrolü.....	33
BÖLÜM 4.	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE METODOLOJİ.....	36
4.1. Yapay Zeka Uygulaması.....	36
4.1.1. Girdi değişkenleri.....	36
4.1.2. Çıktı değişkenleri.....	37
4.2. MATLAB – Neural Network Toolbox’da Uygulama.....	37

BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR.....	44
BÖLÜM 6.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	46
6.1. Öneriler.....	47
KAYNAKLAR.....	49
EKLER.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	67

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BOF	: Bazık Oksijen Fırını
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YZ	: Yapay Zeka
EAO	: Elektrik Ark Ocağı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Beyin ve Sinir Sisteminin Temel Yapı Elemanlarını Oluşturan Unsurlar.....	11
Şekil 2.2.	Sinir Hücresini Oluşturan Elemanlar.....	12
Şekil 3.1.	Bazık Oksijen Fırını (Konvertör) Genel Görünüşü.....	29
Şekil 4.1.	Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=5).....	39
Şekil 4.2.	Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=10).....	40
Şekil 4.3.	Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=15).....	40
Şekil 4.4.	Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=20).....	41
Şekil 4.5.	Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=25).....	41
Şekil 4.6.	MATLAB’da Yeni Ağ Oluşturulması.....	42
Şekil 4.7.	Programın Eğitim Parametreleri.....	43
Şekil 4.8.	Modellemenin Şematik Gösterimi.....	43
Şekil 5.1.	Programdan Alınan Ekran Çıktıları.....	45

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Yapay Zeka ve Klasik Programlama Karşılaştırılması.....	8
Tablo 3.1.	Dünya Ham Çelik Üretimi.....	24
Tablo 3.2.	2002-2006 Yılları Arası Çelik Sanayi Üretim Dağılımı.....	26
Tablo 3.3.	2007-2011 Yılları Arası Çelik Sanayi Beklentileri.....	26
Tablo 3.4.	Bazik Oksijen Fırınlarında Tipik Bir Şarj İçeriği.....	29
Tablo 4.1.	Çalışmada Kullanılan Başlangıç Sıvı Ham Demir ve Üretilecek Çelik Bileşimi.....	36
Tablo 4.2.	Farklı Nöron Sayılarında Elde Edilen Hata Oranları.....	39
Tablo 5.1.	Çıktı Değişkenlerinin Gerçek ve Tahmin Edilen Değerleri, Ortalama Hata Oranları ve Standart Sapma Değerleri.....	44
Tablo 6.1.	Girdi ve Çıktı Değişkenleri ile Ortalama Hata Oranları.....	47

BAZIK OKSİJEN FIRININDA YAPAY SİNİR AĞLARININ UYGULANMASI

Ahmet ÖZBEK

ÖZET

Anahtar kelimeler: Bazik Oksijen Fırını (BOF), Yapay Sinir Ağları, Modelleme

Yapay zeka başlığı altında, son yıllarda üzerinde en çok araştırma yapılan dallardan birisi Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Networks) modelleridir. YSA araştırmaları; optimizasyon, kontrol, görüntü ve imaj işleme, konuşulan dili anlama ve ayırma, doğal dil işleme ve tahmin gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada önce Yapay Sinir Ağlarının yapısından ve çelik üretimi yapılan bazik oksijen fırınında çelik üretim prosesinden özet olarak bahsedilmiştir.

DeneySEL çalışmalarda ise entegre bir demir çelik fabrikasında BOF’da üretilen “7112 K” çeliğinin üretim sürecinde elde edilen gerçek veriler temin edilerek bir model oluşturulmuştur. Alınan veriler alaşımSız düşük karbon çeliği olup çeliğın kimyasal bileşimi ve kullanılan başlangıç sıvı ham demirin bileşimi ve diğEr girdiler kullanılarak seçilen çıktı değışkenlerinin mümkün olan en düşük hata oranı ile tahmin edilmesine çalışılmıştır. Program olarak ise MATLAB 7.0 R14 – Neural Network Toolbox kullanılmıştır.

Oluşturulan modelde 226 adet verinin 176 adedi eğitim, geri kalan 50 adedi test için kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değışkenlerinin adet ve sayısal değışkenlik bakımından çok olduğundan programda değıerler normalize edilerek tanjant sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Yapay sinir ağında kullanılan iterasyon sayısı 3000 olarak gerçekleştirilmiştir. Gizli Katman Nöron Sayısı için 5, 10, 15, 20 ve 25 değıerleri kullanılmış ve en düşük hata oranını veren Nöron Sayısı 25 adet olarak tespit edilmiştir. Bunun sonucunda tüm tahmin edilen çıktı ortalaması hata oranı %0,38 olarak bulunmuştur.

Bulunan tahmini değıerler ve hata oranlarına bakıldığında bazılarının gerçek değıerlere yakın olduğU; buna karşılık bazılarının ise (%C ve % Mn gibi) hata oranlarının yüksek çıktığı gözlenmiştir. Bunun sebebi başlangıç girdi verilerindeki değışkenliktir.

Sonuç olarak, sınırlı sayıda girilen kural ve girdi değışkenlerine rağmen, gerçek değıerlere oldukça yakın tahmin sonuçları elde edildiğinden BOF’un yapay sinir ağı ile modellenmesi ve kontrolünün yapılabileceğı belirlenmiştir.

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR BASIC OXYGEN STEELMAKING

Ahmet ÖZBEK

SUMMARY

Key Words: Artificial Neural Network, Basic Oxygen Furnace (BOF), Modeling

In recent years, one of the research subjects which has been widely studied is Artificial Neural Network (ANN) Models. ANN researches are applied to various fields such as optimization, control, image processing, language acquisition and recognition, natural language processing and forecasting.

In this study, firstly Structure of Artificial Neural Network and Basic Oxygen Steelmaking were briefly described. In experimental work, a model was created based on real plant data's for "7112 K" low carbon steel, which was obtained from BOF steel making unit working at domestic integrated iron and steel making plant. Real plant data's used in this study for the prediction of outputs with the lowest error ratio as much as possible, which were included composition of molten pig iron, targeted steel composition and other inputs. MATLAB 7.0 R14 – Neural Network Toolbox was used throughout this work as computer program for modeling and for the prediction of outputs.

In the developed model the number of data used was 226 of which 176 of them were used for training and the rest of 50 data for allocated for testing. Normalization was carried out for inputs and outputs due to high number of data and their variability and inconsistency and tangent-sigmoid function was utilized as a function. The number of iteration used was 3000 for the Artificial Neural Network. Trail and error method was applied for Number of Hidden layers or Neuron number, which was in the range of 5, 10, 15, 20 and 25 and the lowest error ratio for Neuron number was found at 25. As a result of this prediction studies, mean value of all prediction error ratio was found to be 0.38%.

Some of the predicted values and their error ratios were very close to real plant data but on the other hand, some error ratio results (such as C % and Mn %) were found to be very high. This may be due to the fluctuations of related input values.

Consequently, although limited number of inputs and variables were used in the prediction and training stage, very promising prediction results that were comparatively very close to real data were obtained. Therefore it was determined that BOF steelmaking could be controlled and modeled by the application of artificial neural network.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Demir-Çelik sektörü özellikle gelişmekte olan ülkeler ve ekonomiler açısından büyük önem taşımaktadır. Çeliğin kullanım alanının yaygınlaşması, yüksek tonajlarda üretimini de beraberinde gerektirmektedir. Bu bakımdan çelik üretim yöntemleri üretim yöntemleri içerisinde en önemli yeri kapsamaktadır. Çelik üretiminde birçok farklı yöntem mevcuttur ve her yöntemin de değişik şekilleri ve bileşenleri vardır. Bu üretim yöntemlerinden birisi de Bazik Oksijen Fırınlarıdır (BOF). BOF'nın optimal çalışması konusunda metalurjik ve matematiksel birçok çalışma yapılmıştır. Fırındaki işlemler kimyasal olduğundan sistemin işleyişi dinamik ve kararsızdır. Kararlı yapıyı elde etmek için model bazlı çalışmalarda sistemin kontrolü için birçok değişkenin birbirini etkilemesi söz konusudur. Bu alanda yapılan dinamik modellere dayandırılan kontrolün yetersizliği üzerine yapay zeka algoritmaları geliştirilmiştir. Bunlardan birisi de Sinirsel Ağlar (MATLAB) yaklaşımıdır. Bu çalışmada gerçek verilere dayandırılarak yapay sinir ağları (YSA) kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle YSA kavramı anlatılmış takip eden bölümlerde de BOF, BOF prosesi, proses kontrolü anlatılmıştır.

En son bölümde ise gerçek verilere bağlı kalınarak, MATLAB ile yapılan uygulama anlatılmıştır.

BÖLÜM 2. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay Zekanın teknolojilerinden olan Yapay Sinir Ağlarının daha iyi anlaşılması için bundan sonra Yapay Zeka ifadesi yerine (YZ) kısaltması kullanılacaktır.

2.1. Yapay Zekanın Tanımı ve İçeriği

YZ'nin konusu zeki davranışlar ile ilgilidir. Zekanın genel olarak şöyle bir tarifi verilebilir. “Zeka; olaylar, öneriler, bilgiler ve tüm bu hadiseler arasındaki ilişkileri anlayabilme yeteneğidir” [1].

YZ geniş bir alandır ve farklı insanlar için farklı anlamlar ifade eder. İnsan zekasına ihtiyaç duyulan görevleri yerine getiren bilgisayarlarla ilgilidir de denilebilir. Bununla birlikte, zekaya ihtiyacı olan (karmaşık bir aritmetik problemi gibi) problemler vardır ki bilgisayar bunları kolayca çözebilir. Bunun aksi de düşünülebilir; insanların neredeyse düşünmeksizin yaptığı işler vardır (bir yüzü tanımak gibi), bunları otomatikleştirmek ise oldukça zordur. Birinci örnek yapay zeka değildir, yapay zeka ikincisi gibi zor işlerle uğraşır.

İnsanlar farklı nedenlerden dolayı insan zekasını otomatikleştirmek isteyebilirler. Sebeplerden biri, insan zekasını daha iyi anlamak için olabilir. Örneğin; insan davranışı açısından taklit etme girişiminde bulunacağımız programlar yazarak insan zekasının teorilerini aratabilir ve test edebiliriz. Başka bir sebep de, daha zeki programlar ve makinelere sahip olma amacıdır.,

Bilinen herhangi bir algoritmik çözümü olmayan herhangi bir problem YZ için bir problem olarak kabul edilebilir. Burada algoritma sözcüğünden kastettiğimiz, makul bir zamanda bir bilgisayar tarafından uygulanabilir olan, hassaslıkla yapılan ardışık özellikli operasyonlardır. Satranç oyununu düşündüğümüzde hamle kombinasyonlarının sayısını kim bilebilir? Bunları hesaplamak ne kadar sürer?

Satranç oynamak için algoritmalara ihtiyaç duyulmaz. Tıpkı, tıbbi bir teşhis yapmak, yazının bir parçasını özetlemek veya ana dilden başka bir dile çeviri yapmak için algoritmalara ihtiyaç duyulmadığı gibi. Yapay Zeka bu tip algoritmalarla çözülemeyen problemlerle ilgilenir.

Yapay Zeka; insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanabilir. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise, YZ; bilgi edinme, algılama görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır [1].

YZ'nin şöyle bir tanımı da yapılmıştır. “YZ, insan zekasını gerektiren durumların, bilgisayar programlama yolu ile sonuçlandırıldığı bir bilgisayar bilim dalıdır” [2].

Minsky (1968) YZ'yi; insan tarafından yapıldığı zaman zeki davranış gerektiren işlevlerin, programlar yardımı ile makineler tarafından yaptırılmasına imkan sağlayacak sistemler olarak tanımlamıştır.

Yapay zeka konusundaki ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacıların önerdiği, yapay sinir hücrelerini kullanan hesaplama modeli, önermeler mantığı, fizyoloji ve Turing'in hesaplama kuramına dayanıyordu. Her hangi bir hesaplanabilir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceğini ve mantıksal “ve” ve “veya” işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini gösterdiler. Bu ağ yapılarının uygun şekilde tanımlanmaları halinde öğrenme becerisi kazanabileceğini de ileri sürdüler. Hebb, sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerini değiştirmek için basit bir kural önerince, öğrenebilen yapay sinir ağlarını gerçekleştirmek de olası hale gelmiştir [1].

YZ çalışmaları 1950'li yıllarda başlamış ve 1960'lı yılların sonuna kadar hızlı bir şekilde devam etmiştir. Zeki davranışı üretmek için bu çalışmalarda kullanılan temel yapılardaki bazı önemli yetersizliklerin de ortaya konması ile birçok araştırmacı çalışmalarını durdurdu. Buna en temel örnek; sinir ağları konusundaki çalışmaların Minsky ve Papert'in 1969'da yayınlanan Perceptrons adlı kitaplarında tek katmanlı

algılayıcıların bazı basit problemleri çözemeyeceğini gösterip aynı kısırlığın çok katmanlı algılayıcılarda da beklenilmesi gerektiğini söylemeleri ile bıçakla kesilmiş gibi durmasıdır [2].

Her sorunu çözecek genel amaçlı program yerine belirli uzmanlık alanındaki bilgiyle donatılmış programlar kullanma fikri yapay zeka alanında yeniden bir canlanmaya yol açtı. Kısa sürede uzman sistemler adı verilen bir metodoloji gelişti. Fakat burada çok sık rastlanan tipik bir durum, bir otomobilin tamiri için önerilerde bulunan uzman sistem programının otomobilin ne işe yaradığından haberi olmamasıydı.

İnsanların iletişimde kullandıkları Türkçe, İngilizce gibi doğal dilleri anlayan bilgisayarlar konusundaki çalışmalar bu sıralarda hızlanmaya başladı. Doğal dil anlayan programların dünya hakkında genel bilgiye sahip olması ve bu bilgiyi kullanabilmek için genel bir metodolojisi olması gerektiği belirtilmekteydi.

Uzman dizgelerin başarıları beraberinde ilk ticari uygulamaları da getirdi. Yapay zeka yavaş yavaş bir endüstri haline geliyordu. DEC tarafından kullanılan ve müşteri siparişlerine donanım seçimi yapan R1 adlı uzman sistem şirkete bir yılda 40 milyon dolarlık tasarruf sağlamıştı. Birden diğer ülkelerde yapay zekayı yeniden keşfettiler ve araştırmalara büyük kaynaklar ayrılmaya başlandı. 1988'de yapay zeka endüstrisinin cirosu 2 milyar dolara ulaşmıştı [2].

Bütün bu çalışmaların sonunda yapay zeka araştırmacıları iki gruba ayrıldılar. Bir grup insan gibi düşünen sistemler yapmak için çalışırken, diğer grup ise rasyonel karar verebilen sistemler üretmeyi amaçlamaktaydı.

2.1.1. Yapay zekanın karakteristik özellikleri

YZ'nin karakteristik özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Bilgiyi kullanma,
- Sembolik bilgi işleme,
- Sezgisel problem çözme,

- Eksik, belirsiz ve tam olmayan bilgi işleme,
- Açık olarak formülize edilemeyen problemleri çözebilme,
- Tecrübe ile öğrenme,
- Yeni durumlara adapte olabilme,
- En fazla geliştiren kadar zeki olma,
- Hata yapabilme [3].

2.1.2. Yapay zeka teknolojileri

YZ teknolojilerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Uzman Sistemler (Uzmanlık bilgisini işler),
- Yapay Sinir Ağları
- Genetik Algoritmalar,
- Bulanık Mantık,
- Vaka Tabanlı Muhakeme,
- Monoton Olmayan Muhakeme,
- Kalitatif Muhakeme,
- Model Tabanlı Muhakeme [3].

2.1.3. Yapay zekanın kapsamı

YZ'da herhangi bir iyi tanımlanmış metot olmaksızın çalıştığımız alanlar çok çeşitlidir, fakat bunlar genelde iki yaygın karakteristiğe sahiptirler.

- Hepsi (harfler, kelimeler, işaretler, çizimlerle ifade edilen) sembolik bilgilerle ilgilidir.
- Daima çok seçeneklidirler.

YZ araştırmacılarının karşı karşıya kaldıkları iki problem;

1- Bilginin elde edilmesi

2- Var olan yazılım ve donanım teknolojileri ile; görebilen, tat alan, koklayabilen, üretebilen veya nesnelere fiziksel kullanımlarını ve konuşmayı anlayabilen insan organlarına rakip olmaktan çok uzaktırlar.

2.1.4. Yapay zeka araçlarının ortak özellikleri

YZ; mantık, matematik, psikoloji, dilbilim ve fizik gibi bilim dallarından yoğun olarak etkilenen bir disiplindir. Bütün YZ Sistemleri arasında, bu disiplinin temel özelliklerini daha iyi sınırlandırma olanağı sağlayan ortak noktalar bulunmaktadır. Bu ortak noktaları üç madde halinde ele alabiliriz.

- Sembolik bilgiler kullanma,
- Bilgilerin eksik, yanlış ve çelişkili olduğu durumlarda sonuçlar üretilmesi,
- Bilgi kavramı ile yoğun ilişki.

YZ programları sembolik bilgiler kullanır ve bu bilgileri sezgisel yöntemlerle işler. Bu bilgileri, kavramları, kuralları nesnelere düşünürken bir insanın göz önünde bulundurabildiği değerlerle olayları temsil etmektedir. Sayısal işlem yöntemleri kullanılabilirle beraber sonuçların işlenmesi genellikle sembole dayalı olarak yapılmaktadır. Örneğin 40° C olan hava sıcaklığı 'hava çok sıcak' kavramı ile ifade edilir.

YZ da bulunan diğer bir kavram ise sezgisel yöntemler kavramıdır. Program yapmak için belli bir programlama dilinde kodlanmış olan bir algoritma, verilmiş bir problemi çözmeye yönelik işlemler dizisinin eksiksiz betimlemesinden oluşmaktadır. Sezgisel, determinist olmayan yolları izleyen ve başarının garantili olmadığı, ancak çalıştığı zaman genellikle işlem süresinde büyük tasarruf sağlayan bir çözüm yöntemidir. Başarısızlık durumunda tekrar geriye dönüp bir başka çözüm yolunu denemek gerekmektedir. Bir problemin çözümünün sezgisel araştırması, genellikle

sadece ihtimali fazla olanları göz önünde bulundurarak çözüm yollarının tamamının kısaltılması olarak görülmektedir. YZ programları sezgisel yöntemler ile algılama, karar verme, muhakeme gibi insana benzer özellikler göstererek problemleri çözer.

YZ'nin bir başka özelliği de işlenen verilerin ve bilgilerin eksik, yanlış ve çelişkili olduğu durumlarda sonuçlar üretmesidir. Bir insan için örneğin tıpta, iş idaresinde, bankacılık sektöründe bu tip durumların söz konusu olduğu düşünüldüğünde problemleri tam olarak çözmeseye bile etkili yöntemlerle kabul edilebilir sonuçlar üretir.

Önemli bir YZ kavramı da bilgiyle yoğun ilişkidir. Bilgi kavramı YZ'nin hammaddesi sayılabilir. Günümüzde YZ az sayıda ve iyice sınırlanmış alanlarda, bu alanlara özgü çok miktardaki yoğun bilgiye dayanarak problemleri çözebilen sistemleri ortaya koyar. Bu bilgiler bir programlama dilinde prosedürler biçiminde kodlandıkları zaman, doğal biçimlerine daha yakın olarak YZ sistemine katkıda bulunmaktadır [3,4].

2.1.5. Yapay zeka ve klasik sistemlerin karşılaştırılması

YZ programları, insanın akıl davranışını kabaca taklit ettiği gibi, aynı zamanda programlarda oluşturulan iç dinamikler sayesinde insana benzer karakteristik özellikler gösterir. Bazen insanın karşısına iyi tanımlanmış problemler çıkar. Çözüm algoritması net olan problemlerin aksine bu tip problemlerde sezgisel, algoritmik olmayan yöntemlerle sonuca gidilir. Bu yönüyle YZ programları klasik programlardan bazı farklılıklar ortaya koyar. Tablo 2.1.'de YZ ve klasik bilgisayar programcılığı karşılaştırılmıştır [2].

Tablo 2.1. Yapay Zeka ve Klasik Programlama Karşılaştırılması

Yapay Zeka Programlama	Klasik Bilgisayar Programlama
Genelde sembolik işlemler yaparlar.	Sayısal işlemler yaparlar.
Sezgisel araştırma yapısına sahiptir.	Algoritmik araştırma yapısı vardır.
Belli tanım aralığındaki belirli problemleri çözebilir	Belli tanım aralığındaki yalnızca bir problemi çözebilir.
Genellikle değiştirmek, güncelleştirmek ve genişletmek kolaydır.	Değiştirilmesi zordur.
Sonuçlar kesin olmayabilir.	Sonuçlar kesindir.
Tatminkar sonuçlar genelde kabul edilebilir.	Mümkün olan en iyi sonucu verir.
Bilgiyi işler.	Veriyi işler.

Kısacası, Yapay Zeka programları karmaşıklık, belirsizlik ve çelişki içeren, sezgisel yöntemlerle çözümler üretmeyi hedefleyen; klasik programlara göre daha esnek programlardır.

2.1.6. Yapay zekanın uygulamaları

Yapay Zekanın uygulama alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- Yorumlama: Sensörlerden gelen bilgilerin yorumlanması,
- Tahmin: Bilinen durumlardan muhtemel durumları tayin etme,
- Tasarım: Kısıtlara bağlı olarak nesnelerin tasarlanması,
- Planlama: Aktivitelerin belirlenmesi,
- Gözleme: Gözlemlerin beklentiler ile karşılaştırılması,
- Tamir: Hataların düzeltilmesi,
- Talimat Oluşturma: Eylem ve planların uygulanmasını koordine etme,
- Kontrol: Sistem davranışını bütün olarak kontrol etme.

2.1.7. Yapay zekanın uygulama örnekleri

YZ'nın uygulama örneklerini şu şekilde sıralayabiliriz.

- Robotik yani yol ve önerge planlama (Navigation-Gemi İşletmesi), bilgisayar görme, imalat kontrol (CAM), imalat teşhis sistemleri (Manufacturing Diagnostic Systems), imalat, imalat çizelgeleme
- Uzman Sistemler yani tıbbi teşhis (MYCIN), savaş alanı yönetimi (Pilot's Associate), jeolojik başarı (PROSPECTOR), bilgisayar konfigürasyonu (XCON), güç sistemleri kontrolü, üretim planlama ve çizelgeleme, tasarım
- Oyun oynama (Game Playing)
- Ana dili anlama
- Teorem ispatlama
- Bilgisayar yardımı ile eğitim/öğrenme
- Otomatik karar verme
- Otomatik yazılım oluşturma

2.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks – YSA) teknolojisi bilgisayar dünyasında insan beyninin ve sinir sisteminin davranışlarını taklit etme esası üzerine kurulmuş yeni bir bilgi işleme yaklaşımıdır. Bu ağlar birbirlerine paralel olarak bağlanmış işlem elemanlarından yapay sinir hücresi ve onların hiyerarşik bir organizasyonundan oluşurlar. YSA, daha çok biyolojik sistemlerin hücreler üzerinde dağıtılmış bilgiyi paralel olarak işleme özelliklerinden yararlanan bir mekanizmadır. Hücreler birbirine bağlı ve paralel çalıştıkları için bazılarının işlevini yitirmesi ile sinir sistemi fonksiyonunu yitirmez. Bu ağların temel amacı gerçek dünyadaki nesnelere ve olaylara karşı biyolojik sinir sisteminin davrandığı gibi davranmaktır. Fakat günümüzde bu noktaya ulaşıldığını söylemek mümkün değildir [5].

YSA farklı branşlara sahip araştırmacıların yoğun ilgi gösterdikleri bir araştırma ve uygulama alanıdır. İnsanın biyolojik bazı yapı taşlarından esinlenerek geliştirilen YSA na yoğun ilginin nedeni, klasik yöntemlerin başarısız olduğu veya zayıf kaldığı problemlerde, paralel bir yapıya sahip sinir ağlarının gösterdiği başarı ve üstünlüktür.

YSA'nın mühendislik başta olmak üzere birçok bilimsel alanda, karmaşık ve belirsiz veriler altında problemlere çözümler ürettikleri ispatlanmıştır [6]. Algoritmasız, tamamıyla paralel, adaptif, öğrenebilen ve paralel dağıtılmış bir hafızaya sahip olma, bu sistemlerin ana özelliklerinin başında gelmektedir. Bu teknoloji, insana benzer yaklaşımlarla robotların oluşturulmasında ilk adım olarak görülebilir [5].

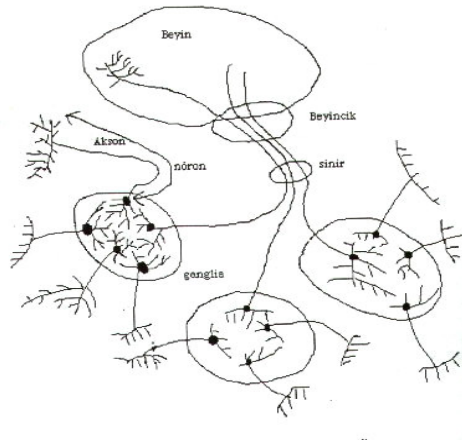
YSA ile ilgili çalışmalara 1940'larda başlanılmış ama hem teknolojik yetersizlik ve hem de beynin karmaşık yapısından dolayı çalışmalar yavaş ilerlemiştir. Mc Culloch ve Pitts 1943 yılında yayınladıkları makalede, basit bir yapıya sahip sinir ağlarının bile matematiksel ve mantıksal bazı işlemleri gerçekleştirebileceğini ortaya koymuşlardır [8]. 1960'lı yıllarda Minsky, perseptronun mantıksal XOR işlemini gerçekleştiremeyeceğini gösterdikten sonra YSA üzerine yapılan çalışmalarda bir duraksama meydana gelmiştir [9]. Hopfield 1982 yılında yayınladığı makale ile YSA üzerinde yoğun çalışmaların tekrar başlamasını sağlamıştır [10]. Ayrıca son yıllardaki teknolojik ve nörofizyolojik gelişmeler nedeni ile elde edilen başarılı sonuçlar dikkatleri yeniden YSA'ya çevirmiştir. YSA' lar, olayları öğrenerek karar verme prensibi üzerine kurulmuşlardır. Öğrenme, zeki sistemlerin bilgi, yetenek ve tecrübelerini artırma olayı olarak düşünülebilir. Farklı tanımlar yapılmakla birlikte en genel şekli ile öğrenme; sistemlerin aynı veya benzeri işleri yaptıklarında, o işi veya işleri bir önceki yapıldığı şeklinden daha verimli ve etkin olarak gerçekleştirecek değişiklikleri oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır. Araştırmacıların zeki robotlar veya benzeri nesnelere oluşturma yönündeki çalışmalarının önemli bir noktasını da bu öğrenme sürecinin bilgisayarlaştırılması oluşturur. Dolayısıyla ortaya atılan öğrenme metot ve yöntemlerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bunun temel nedeni insanoğlunun programlanabilir makineler yerine, eğitilebilir makinelere sahip olma arzusudur. YSA insanoğlunun bu merakını giderebilmek için başlatılan çalışmaların ortaya çıkarttığı bir tür bilimsel öğrenme mekanizmasıdır [5]. YSA her geçen gün ilgi odağı olsaydı da insan beyninin

fonksiyonları ile ilgili çalışmalar pek de yeni sayılmaz. Bu ağların paralel yapıları ve bilgisayarları geleneksel yöntemlerden çok daha farklı kullanarak özellikle seri bilgisayarlarda bilinen yöntemlerle yapılması mümkün olmayan veya çok zor olan bir takım işlevleri rahatlıkla yapmaları önemlerini daha da arttırmaktadır. YSA'yı daha iyi kavramak için önce biyolojik sinir ağlarının genel olarak bilinmesinde yarar vardır [10].

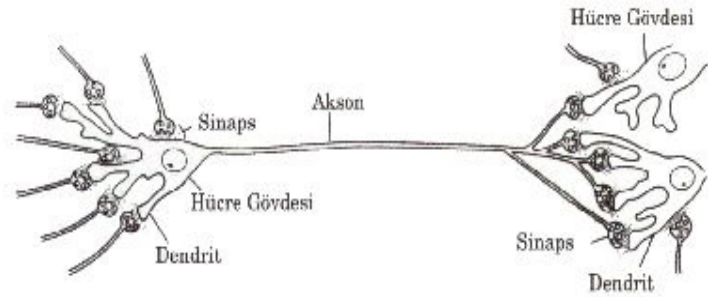
2.2.1. Biyolojik sinir ağları

Biyolojik beynin en önemli özelliklerinden birisi de öğrenme olayıdır. İnsanlar ve hayvanlar sürekli olarak içlerinde buldukları çevre ile ilişkiler neticesinde bir öğrenme işlemi içerisindeyler. Öğrenilen her yeni bilgi beynin fonksiyonlarını etkileyecek davranışlarda kendini gösterir. Bu özellik YSA'nın da temelini oluşturmaktadır [10].

Şekil 2.1.'de beyin ve sinir sisteminin temel yapı elemanlarını oluşturan unsurlar görülmektedir. Beyin ve sinir sisteminde fiziksel katmana bakıldığında, işlemci, sinyal iletim ortamı ve yol verici olarak, sinir sisteminin temel ögesi olan sinir hücresi görülmektedir. Sinir hücresini oluşturan dendrit, hücre gövdesi, akson ve akson uçları (sinaps) Şekil 2.2.'de gösterilmiştir. Dendritler sinaptik sinyalleri girdi olarak almakta, hücre gövdesi bu sinyalleri bilindiği kadarıyla analog bir yöntemle işlemekte ve üretilen denetim sinyali ya da sinyalleri aksonlar aracılığı ile denetlenecek hedef hücrelere iletilmektedir [1].



Şekil 2.1. Beyin ve Sinir Sisteminin Temel Yapı Elemanlarını Oluşturan Unsurlar



Şekil 2.2. Sinir Hücresini Oluşturan Elemanlar

Bir sinir hücresi sinir ağlarının en temel elemanlarından biri olup sinir sisteminde fonksiyon ve görevlerine göre değişik şekil ve büyüklükte olabilir. Şekil 2.2.'de bir hücrenin bir ucunda "dendrit" adı verilen ve hücreye diğer hücrelerden veya dış dünyadan bilgiler (sinyaller) getiren bağlantı elemanları, diğer ucunda ise bir lif'e benzeyen, "akson (axon)" adı verilen ve hücrelerden diğerlerine veya dış dünyaya bilgiler taşıyan bağlantı elemanları görülmektedir. Akson daha sonra diğer hücrelerle birleşme esnasında dağınık dallara ayrılmaktadır. İki uçtaki bağlantı noktalarının elektro fizyolojik olarak hücrelerdeki bilgileri işlemede önemli yeri vardır.

Tipik bir sinir hücresi, hücre gövdesi ve dendritleri üzerine dış kaynaklardan gelen elektrik darbelerinden üç şekilde etkilenir. Gelen darbelerden bazıları sinir hücresini uyarır, bazıları bastırır, geri kalanı da davranışında değişikliğe yol açar. Sinir hücresi yeterince uyarıldığında çıkış kablosundan (aksonundan) aşağı bir elektriksel işaret göndererek tepkisini gösterir. Genellikle bu tek akson üzerinde çok sayıda dallar olur. Aksondan inmekte olan elektrik işareti dallara ve alt dallara ve sonunda başka sinir hücrelerine ulaşarak onların davranışını etkiler. Sinir hücresi, çok sayıda başka sinir hücrelerinden genellikle elektrik darbesi biçiminde gelen verileri alır. Yaptığı iş bu girdilerin karmaşık ve dinamik bir toplamını yapmak ve bu bilgiyi aksonundan aşağı göndererek bir dizi elektrik darbesi biçiminde çok sayıda başka sinir hücresine iletmektir. Sinir hücresi, bu etkinlikleri sürdürmek ve molekül sentezlemek için de enerji kullanır fakat başlıca işlevi işaret alıp işaret göndermek, yani bilgi alışverişidir [1].

Sinyaller bir hücrenin aksonundan diğerinin dendritine gönderilir. Bir akson birden fazla dendrit ile bağlantı yapabilir. Bağlantının yapıldığı yere “sinaps” adı verilir. Hücreler, elektrik sinyallerini hücre duvarlarındaki gerilimi değiştirerek üretirler. Bu ise hücrenin içinde ve dışında bulunan dağılmış iyonlar sayesinde olmaktadır. Bu iyonlar sodyum, potasyum, kalsiyum ve klorin gibi iyonlardır. Bir hücre diğer hücreye elektrik sinyalini bu kimyasal iyonlar sayesinde transfer eder. Bazı iyonlar elektrik ve manyetik kutuplaşmaya neden olurken bazıları da kutuplaşmadan kurtulup hücre zarını geçerek iyonların hücreye geçmesini sağlarlar. Sinyaller hücrenin etkinliğini belirlerler. Bir hücrenin etkinliği hücreye gelen sinaps sayısı, sinapslardaki iyonların konsantrasyonu ve sinapsın sahip olduğu güç olmak üzere üç faktöre bağlıdır. Bir hücre sahip olduğu uyarı miktarınca diğer hücreleri etkilemektedir. Bazı hücreler diğerlerinin uyarmalarını pozitif yönde, bazı hücrelerde negatif yönde etkilemektedir. İnsan beyni bu şekilde çalışan sayısız hücrenin bir araya gelmesinden oluşmaktadır [10].

2.2.2. Yapay sinir ağları nedir?

Bir YSA; biyolojik sinir sistemlerinden etkilenecek şekilde yapılan beyin, proses işleme gibi bir bilgi işleme paradigmasıdır. Bu paradigmanın anahtar kelimesi; bilgi işleme sistemlerinin yeni yapısıdır [11].

YSA da tıpkı insanlar gibi örneklerden öğrenir. Bir YSA, bir öğrenme prosesi aracılığı ile spesifik bir uygulama için konfigüre edilir, örneğin pattern recognition (görüntü tanıma) veya veri sınıflandırma gibi. Biyolojik sistemlerde öğrenme, sinir hücreleri arasında olan sinaptik bağlantılar için düzenlemeler içerir. Bu YSA için de doğrudur [11].

Yapay sinir ağlarındaki her bir işlem birimi, basit anahtar görevi yapar ve şiddetine göre, gelen sinyalleri söndürür ya da iletir. Böylece sistem içindeki her birim belli bir yüke sahip olmuş olur. Her birim sinyalin gücüne göre açık ya da kapalı duruma geçerek basit bir tetikleyici görev üstlenir. Yükler, sistem içinde bir bütün teşkil ederek, karakterler arasında ilgi kurmayı sağlar. Yapay sinir ağları araştırmalarının odağındaki soru, yüklerin, sinyalleri nasıl değiştirmesi gerektiğidir. Bu noktada

herhangi bir formdaki bilgi girişinin, ne tür bir çıkışa çevrileceği, değişik modellerde farklılık göstermektedir. Diğer önemli bir farklılık ise, verilerin sistemde depolanma şeklidir. Sinirsel bir tasarımda, bilgisayarda saklı olan bilgiyi, tüm sisteme yayılmış küçük yük birimlerinin birleşerek oluşturduğu bir bütün evre temsil etmektedir. Ortama yeni bir bilgi aktarıldığında ise, yerel büyük bir değişiklik yerine tüm sistemde küçük bir değişiklik yapılmaktadır [1].

Yapay sinir ağları beynin bazı fonksiyonlarını ve özellikle öğrenme yöntemlerini benzetim yolu ile gerçekleştirmek için tasarlanır ve geleneksel yöntem ve bilgisayarların yetersiz kaldığı sınıflandırma, kümeleme, duyu-veri işleme, çok duyulu makine gibi alanlarda başarılı sonuçlar verir. Yapay sinir ağlarının özellikle tahmin problemlerinde kullanılabilmesi için çok fazla bilgi ile eğitilmesi gerekir. Ağların eğitimi için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir [1].

YSA'nın karakterize edilmesinin en uygun yöntemi, anlama ve hesaplamanın diğer modelleri ile YSA'nın ayırt edilmesidir. Yapay Zeka ve muhakeme ile ilgili bilimlerde kullanılan yaygın düşünme modelleri sonuç çıkarmada bilgiyi ayırır. Aynı şekilde yaygın olarak bilgisayarları programlamak için kullanılan hesaplamanın modeli veri ve programlara ayırır. YSA bu tip farklılıkları derinleştirir. Şöyle ki; YSA'da algoritmalar statik olarak temsil edilir ve YSA'nın verileri ağlardaki sistemin dinamikleri ile gösterilir. Hopfield bu durumu 'çıkan hesaplama (emergent computation)' diye ifade etmiştir [9]. Başka bir ifade ile ağ çıktısı gibi tekrar ortaya çıkmadan önce fark edilmeyen girdi verisi gerçeğine de değinmiştir.

YSA sembolik ve herhangi bir şeyle ilgili bilgiyi ikiye ayırır. Buradaki fark bilgiyi temsil etme yönteminde. Bilgi ilk şekilde sembollerle gösterilir. İkinci şekilde ise bilgi doğrudan temsil edilerek, hiçbir işleme tabi tutulmadan doğrudan işlev görür [12].

2.2.3. Yapay sinir ağlarının avantajları

YSA'nın iki temel avantajı vardır [13]:

- Lineer veya değil; basit veya karmaşık herhangi bir fonksiyonu gösterebilme yeteneği.
- “Hatalı geriye yayılım” tarafından sunulan örneklerden öğrenme yeteneği (Le Cun, Mc Clelland, 1986; Werbos, 1974). Ayrıca model oluşturma ve öğrenme otomatiktir.

Bununla birlikte sinirsel model oluşturma veri analizine aittir ve bir sihir değildir. Veri açık ve yeterli miktarda olmalıdır.

YSA'nın avantajlarını genel olarak şu şekilde sıralayabiliriz [13]:

- Herhangi bir fonksiyonel bağımlılık için hesaplama yeteneği. Ağ; herhangi bir gecikmeye sebep olmadan yapıyı keşfeder (=öğrenir, modeller).
- Aracı olmadan, kayıt etmeden, basitleştirme veya soruyu yorumlama olmadan model için veriyi düzgün bir biçimde çalıştırır.
- Veride güvenirsizlik veya azaltma olmasına aldırmaz.
- Değişkenlerin önceden bilinmesi şartı yoktur.
- Kullanım kolaylığı vardır, geleneksel istatistiksel analize göre insan çalışması daha azdır.
- Segmentasyonda (parçalama); ağ, her bir sınıfta kaç tane küme olacağını kendi kendine belirler.
- Acemi kullanıcılar için; öğrenme fikri, çok değişkenli istatistiklerin karmaşıklığını anlamaktan daha kolaydır.
- Kullanım hızı; 1GHz bilgisayarda birkaç mili saniyedir.
- Uzaysal ilişkiler kolay analiz edilir ve modellenir.
- Son model; sürekli, türetilir ve sonraki çalışmalar için de elverişlidir.

2.2.4. Yapay sinir ağlarının özellikleri

YSA'nın hem yaygın olarak kullanılmasını sağlayan, hem de geleneksel bilgi işleme metodlarında ayrılan özellikleri vardır. YSA'nın bir takım özellikleri kullanılan sinir

ağı modeline bağlı olsa da bunun yanında bir takım genel özellikleri de bulunmaktadır. Bu özellikler;

- YSA, olaylar arasındaki ilişkileri belirli bir algoritmaya dayanarak çözmek yerine, o ilişkiyi gösteren örnekleri incelemek suretiyle çözümler üretmeyi sağlarlar. Olay ile ilgili sinir ağına örneklerden başka hiçbir ön bilginin verilmemiş olması önemlidir. Ağ kendisine tanımlanan örnekleri tekrar tekrar inceleyerek ağdaki ilişkiyi kavramaya çalışır. Her yeni örnek, ağın sahip olduğu bilgiye bir yenisini ekler ve bu işlem tekrar ettikçe ilgili problem hakkında genellemeler yapılır [10].
- YSA kendisine tanımlanan bir şekli, daha önce öğrendikleri ile mukayese ederek aradaki benzerlikleri ortaya koyma ve eksik şekilleri tanımlama, benzer şekilleri oluşturma veya şekilleri belirli sınıflara ayırma özelliklerine sahiptir.
- Bir ağ öğrenme esnasında sahip olduğu bilgileri temsil etme şeklini kendisi belirleyebilir. Bu daha çok kodlanması zor veya mümkün olmayan olayların üzerindeki çalışmalarda önemlidir. Bu özellikleri neticesinde sinir ağları, kendilerine sunulan örneklerden genelleme yapabilirler. Benzeri olayları değerlendirmekte de bu genellemeden yararlanırlar. Eksik, gürültülü, doğruluğu belli olmayan olaylarda bu genelleme özelliği oldukça faydalıdır. Genelleme sonunda eksik bilgiler tanımlanabilir, gürültülü bilgiler süzülerek ayrıştırılabilir. Özellikle görüntü tanıma, sınıflandırma ve sinyal analizinde kullanılabilir. Verilerde bir eksik söz konusu olursa geleneksel yöntemler çalışmazlar. İyi eğitilmiş, genelleme kapasitesi yüksek bir sinir ağı kendisine tanımlanan veriler eksik olsa bile karar verme işlemine devam edebilir. Aynı şekilde sinir ağı üzerinde bir takım problemler ve bozukluklar da olabilir. Geleneksel sistemlerin tersine sinir ağları bu durumda da çalışmalarına devam ederler. Verilerdeki eksiklik veya sinir ağlarındaki yapısal bozukluk arttıkça sinir ağının performansı yavaş yavaş azalmaya başlar. Fakat sistem, fonksiyonunu tamamen durdurmaz. Her durumda bir sonuç üretebilir. Bu özellik sinir ağının yapısından kaynaklanmaktadır. Çünkü ağın sahip olduğu bilgi, ağ üzerindeki hücrelerin birbirleri ile olan bağlantıları üzerine dağıtılmıştır. Böyle bir durumda tek bağlantı ve onun üzerindeki bilgi tek başına hiçbir anlam ifade etmez. Ancak bir

grup halinde veya tam olarak bağlantıların birlikte düşünülmesi sonucu anlamlı bilgi üretilmektedir.

2.2.5. Yapay sinir ağlarının uygulamaları

YSA uygulamaları ile genelde şu konularda karşılaşılmaktadır.

- Satış Tahminleri,
- Endüstriyel Proses Kontrol
- Müşteri Araştırması,
- Veri Geçerliliği,
- Risk Yönetimi.

2.2.6. Yapay sinir ağlarının yapısı

Pek çok farklı tip sinir ağı vardır, fakat genelde hemen hemen aynı bileşenlere sahiptirler. Tıpkı insan beyni gibi; bir sinir ağıda sinirlerden ve onlar arasındaki bağlantılardan oluşur. Sinirler; giren bilgiyi diğer sinirlere gidecek olan bilgiye çevirirler. Sinir ağındaki bu bağlantılar ağırlıklar olarak adlandırılır. “elektriksel” bilgi ağırlıklarda depolanan spesifik değerler ile benzetilirler (simüle edilirler). Bağlantı yapısının bu ağırlık değerlerinde basit değişiklikler yaparak da simüle edilebilir [14].

Bir yapay sinir ağı, biyolojik bir sinire benzer ve aynı şekilde çalışır. Girdi olarak adlandırılan bilgi ağırlıklandırılarak sinire gönderilir. Bu girdi tüm giren ağırlıkların değerlerini toplayarak bir yayılım fonksiyonu aracılığı ile işlenir. Sonuç değeri; sinirin aktivasyon fonksiyonu tarafından belirli bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Eğer girdi eşik değeri aşarsa; sinir aktivite edilecektir. Aksi takdirde engellenecektir.

Bir sinir ağında, katmanlar gruplandırılır, sinir katmanları olarak adlandırılır. Genellikle bir katmanın her bir siniri sonraki ve önceki katmanın tüm sinirleri ile bağlantılıdır (ağın girdi ve çıktı katmanları hariç). Bir sinir ağına verilen bilgi; bir veya daha fazla ara katman aracılığı ile girdi katmanından çıktı katmanına doğru yayılım gösterir [14].

Bir YSA modeli birbirinden bağımsız ve paralel olarak çalışabilen proses elemanlarının (yapay sinir hücrelerinin, nöronların) hiyerarşik bir şekilde organizasyonundan oluşur. YSA'yı oluşturan proses elemanlarından her biri beş temel parçadan oluşur [14].

- Girdi elemanı
- Toplama Fonksiyonu
- Çıktı elemanı
- Ağırlıklar
- Aktivasyon Fonksiyonu

2.3. YSA Modellemek İçin Kullanılan Parametreler

2.3.1. YSA'nın çeşidi

YSA'lar, aynen milyonlarca biyolojik sinir hücresinin birleşerek beyni oluşturduğu gibi, birden fazla yapay sinir hücresinin birleşiminden oluşur. Sinir hücreleri genellikle birkaç katman halinde dizilerek bir yapay sinir ağını meydana getirirler. Başka bir anlatımla, genellikle bir yapay sinir ağı birden fazla katmandan ve birden fazla yapay sinir hücresinden meydana gelir. İlk katman genellikle “giriş katmanı”dır. “Çıkış katmanı” ise son katmandır. Aradaki diğer katmanlar ise “gizli katman” ya da “ara katman” olarak adlandırılırlar.

2.3.1.1. Tek katmanlı – ileri beslemeli yapay sinir ağları

Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı en basit ağ yapısıdır. Bir giriş katmanı ve bir çıkış katmanı vardır. Bu tip bir ağda bilgi girişten çıkışa doğru ilerler, yani ağ ileri beslemelidir. Tek katmanlı olarak isimlendirilmesinin sebebi, giriş katmanının veri üzerinde hiçbir işlem yapmadan veriyi çıkış katmanına iletmesidir.

2.3.1.2. Çok katmanlı – ileri beslemeli yapay sinir ağları

Bu tip yapay sinir ağları bir veya daha fazla gizli katman içerir. Gizli katmanların amacı giriş ve çıkış katmanları arasında gerekli bir takım işlemler yapmaktır. Giriş

katmanı geniş olduğu zaman gizli katmanlar sayesinde yüksek dereceli istatistiksel veri elde edilebilir. Çok katmanlı yapılarda, katmanın çıkış sinyalleri katmanın giriş sinyalleri olarak kullanılır. Eğer her katmanda bulunan nöronlar bir sonraki katmanın tüm nöronlarına bağlı ise bu tip ağa “tam bağlantılı ağ” denir. Eğer bu sinaptik bağlantılardan bazıları eksikse ağ, “kısmi bağlantılı ağ” adını alır.

2.3.1.3. Radyal tabanlı sinir ağları

Radyal tabanlı yapay sinir ağları, duyarlı almaç bölgelerinin olduğu giriş tabakası, radyal tabanlı nöronları içeren gizli tabaka ve çoğunlukla doğrusal aktivasyon fonksiyonlu nöronlardan ibaret çıkış tabakasından oluşur. Radyal tabanlı ağlar, geri yayılım algoritmaları ileri beslemeli ağlardan daha fazla nöron kullanımına ihtiyaç duyabilirse de eğitim süresi çok daha kısadır. Yoğun eğitim verisiyle daha iyi sonuçlar verir.

2.3.1.4. Geri dönüşlü yapay sinir ağları

Geri dönüşlü yapay sinir ağlarının ileri beslemeli ağlardan farklı en az bir adet geri besleme çevriminin olmasıdır. Geri dönüşlü yapay sinir ağları özellikle birinci dereceden doğrusal sistemleri modellemekte oldukça başarılıdırlar. Zaman bağlı olayları işlemede, daha önce elde edilen sonuçları değerlendirmedeki başarılı çıktıları ile özellikle ses ve karakter tanıma problemlerinde etkin olarak kullanılmaktadır [25].

2.3.2. Aktivasyon fonksiyonu

Matematiksel olarak modellenmiş bir yapay sinir hücresinin çıktısının büyüklüğünü sınırlandıran fonksiyondur [26]. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları aşağıda tanımlanmıştır.

- a. Lineer Fonksiyon: Hücreye gelen veriler bir α katsayısı ile çarpılarak sonuç üretilir. $\alpha=1$ ise girdiler olduğu gibi çıkar.
- b. Step Fonksiyonu: Gelen veri belirlenen bir eksik değerinin üstünde ya da altında olmasına göre 1 ya da 0 değerlerini alır.

- c. Eksik Değer Fonksiyonu: Gelen verilerin belirlenen değerler arasında veya değerden büyük ya da küçük olmasına göre değer alırlar. Belirlenen değerler arasında ise gelen değer kendisi çıktı olur.
- d. Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu: Çıktı değeri hücreye gelen verilerin tanjant fonksiyonuna tabi tutulması ile hesaplanır.
- e. Sigmoid Fonksiyonu: Yapay sinir ağları oluşturulurken en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonudur. Doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlar arasında denge sağlayan sürekli artan bir fonksiyon olarak tanımlanır [27].

2.3.3. Devir sayısı

Ağın eğitimi sırasında belirlenen bir sayıdır. Yüksek tanımlandığı durumda, ağ hatayı minimize ettiği halde boşu boşuna öğrenmeye çalışmaya devam eder. Düşük olduğu durumlarda da öğrenme bitmeden eğitim sonlanacaktır. Bu nedenlerden dolayı, bu sayı deneme-yanılma yöntemi ile belirlenebilen bir sayıdır. Ama eğitim sırasında yüksek bir değer tanımlanıp, ağın hatayı minimize ettiği ağın çıktıları tarafından anlaşıldığı andan itibaren eğitim bitirilebilir.

2.3.4. Eğitim algoritmaları

MATLAB'ın sunmuş olduğu eğitim algoritmaları aşağıda açıklanmıştır [28].

- TRAINLM: Levenberg-Marquardt'ın geliştirdiği bir algoritmadır. Orta ölçekli ağlar için oldukça hızlı çalışır.
- TRAINBR: Bayesian Regularization yöntemidir. Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasından türetilmiştir. Optimum ağ yapısının bulunmasında kolaylıklar sağlar. Hata kareleri toplamı ve ağırlıkların kombinasyonunu minimize etmeye çalışır.

- TRAINGD: En temel “gradient descent” yani dereceli azaltma algoritmasıdır. Yavaş çalışan bir algoritmadır.
- TRAINGDx: Temeli TRAINGD algoritmasına dayanır fakat daha hızlıdır. Sadece “batch mode”(eğitim sırasında elde edilen yeni ağırlıkların ancak tüm girdilerin ve çıktıların ağı uygulanmasından sonra güncellendiği algoritmadır. Statik ve dinamik yapay sinir ağlarında kullanılabilir.) eğitimde kullanılır.
- TRAINGDM: “Gradient descent” algoritmasına momentum değişkeninin eklenmesidir. Genellikle TRAINGD algoritmasından daha hızlı çalışır.
- TRAINRP: Bilgisayarlar için daha az hafıza ve işlem gücü gerektiren “batch mode” eğitimde kullanılan oldukça hızlı bir algoritmadır. Esnek ve hatalarını çabuk telafi eden bir geriye yayılım algoritmasıdır.
- TRAINCGF: Fletcher-Reeves tekniğini kullanan “conjugate gradient (CG)” algoritmasıdır. Standart CG algoritmasına göre daha az işlem gerektirir.
- TRAINCGP: Polak-Ribiere tarafından geliştirilen CG algoritmasıdır. TRAINCGF’ye göre daha fazla hafıza ve işlem gücü gerektirir. Fakat bazı problemlerin çözümünde çözüme daha hızlı yakınsar.
- TRAINCGB: Powell-Beale CG algoritmasıdır. TRAINCGP’den daha fazla hafıza ve işlem gücü gerektirir fakat genellikle çözüme daha hızlı yakınsar.
- TRAINSCG: Ölçeklendirilmiş CG algoritmasıdır (Scaled Conjugate Gradient). Genel amaçlı bir eğitim algoritmasıdır.
- TRAINBFG: BFGS quasi-Newton yöntemidir. CG algoritmasına göre daha fazla işlem gerektirmesine rağmen sonuca daha az iterasyonda ulaşır.
- TRAINOSS: One Step Secant (Tek Adım Sekant) yöntemidir. CG algoritması ile quasi-Newton algoritmasını birleştiren bir yöntemdir.

BÖLÜM 3. BAZIK OKSİJEN FIRININDA ÇELİK ÜRETİMİ

Bazik Oksijen Fırınında çelik üretimine geçmeden önce, 2006 yılı bazlı olmak üzere, geçmiş ve önümüzdeki 5 yılı kapsayan dünyadaki ve Türkiye'deki demir çelik sektörünün durumu hakkında bilgi vermek daha uygun olacaktır.

3.1. Demir Çelik Sektörü

3.1.1. Dünyada demir çelik sektörü

Dünya çelik üretimi, son 5 yıllık dönemde göstermiş olduğu yüksek artış oranını 2006 yılında da %8,8 gibi yüksek bir artış oranı ile sürdürmüş olup, 2006 yılında da dünya ham çelik üretimi 1.239,5 milyon tona yükselmiştir. Söz konusu üretim ve genel fiyat seviyelerindeki artış nedeni olarak global ekonominin olumlu seyrine paralel olarak başta gelişmekte olan piyasalarda ve yüksek petrol gelirlerine sahip Ortadoğu ve Körfez ülkeleri olmak üzere yatırımlarda gözlenen artışın yarattığı talep fazlalığı, geçmiş yıllara kıyasla kış mevsiminin daha yumuşak geçmesi nedeni ile inşaat sektörünün hız kesmeden faaliyetlerine devam etmesi, Çin'in üretim ve tüketiminde yaşanan yüksek artışların çelik hammadde mamulleri ve fiyatları üzerinde baskı yapması ve son dönemde yaşanan satın alma ve birleşmeler sonucunda geçmiş yıllara göre çelik üreticilerinin müşterileri karşısında daha güçlü konuma gelmelerini sayabiliriz [15].

Dünya çelik üretimindeki artış da, 2001 yılından bugüne sürekli ve yüksek oranlarda artış gösteren Çin'in büyük payı vardır. Çin ham çelik üretimini, 2001 yılındaki 151 milyon ton seviyesinden, 2006 yılında %177 oranında artışla 422,7 milyon tona çıkarırken 2001–2006 döneminde meydana gelen dünya toplam çelik üretimindeki 391 milyon tonluk artışın %69 civarındaki bölümünü tek başına Çin karşılamıştır. Çin, toplam dünya çelik üretiminden aldığı pay 2005 yılında %30,9 düzeyindeyken, 2006 yılında bu oran %34'e kadar çıkmıştır. Çin çelik üretimi

%19,7 oranında arttırırken, çelik tüketimindeki artış oranının %7,8 seviyesinde kalması, 2005 yılının ikinci yarısından sonra net çelik ihracatçısı konumuna gelen Çin'in bu konumu 2006 yılında da sürdürdüğünü göstermekte olup 2007 yılı içinde aynı konumun devam edeceği tahmin edilmektedir.

Çin, ülkesinde çelik piyasasındaki üretimi istikrarlı seyrine sokmak, öngörülebilir bir çelik piyasası oluşturmak ve aşırı ısınan yerli çelik piyasasını soğutmak için 2006 yılında, çelik ihracatını teşvik için uyguladığı KDV iadesi uygulamasında, yarı mamul ihracatında KDV iadelerini kaldırırken, nihai ürünlerde iade oranlarını düşürmüştür. Ancak, yinede istene sonuçların alınmaması üzerine, 2007 yılında da iade oranlarının %15–20 veya daha yüksek oranlarda düşürülmesi gündemdedir.

Ayrıca, dünya çelik üretiminde Çin'den sonra en fazla artış oranını %12,4'lük bir artışla Hindistan gerçekleştirmiş olup, söz konusu ülke, çelik üretimini 42,8 milyon ton seviyesine çıkarmıştır. Üretim artış oranı açısından bu iki ülkeyi %11,2'lik artış oranıyla Türkiye izlemektedir. Ülkemizin 2006 yılı ham çelik üretimi 23,31 milyon tona ulaşmıştır. Bu artışla, son dönemde genel ekonomik iyileşme sonucu inşaat sektöründe yaşanan canlılık, buna bağlı olarak beyaz eşya üretimindeki artış, otomotiv üreticilerinin üretim artışından dolayı yükselen talepleri ile yurt dışı pazarlarımızdaki canlılık önemli rol oynamıştır [15].

Çelik sektöründe, birleşmeler ve devir almaların değeri, 2006 yılında 2005 yılına göre 3 kat artarak devam etmiş olup yaklaşık 91 milyar dolara ulaşıldığı ifade edilmektedir. Sektörün en büyük iki kuruluşlu Mittal ve Arcelor'un 2005'te başlayan birleşme süreci, 2006 yılında tamamlanmış olup böylece ilk kez bir firma tek başına 100 milyon ton üretim kapasitesi sınırını aşma başarısını göstermiştir. 2006 yılında Rus çelik firmalarının da satın alma ve birleşme arenasında önemli oyuncular olarak ortaya çıktıkları görülmektedir. 2006 yılı sonlarına doğru Corus'u Hindistanlı Tata firması satın almıştır. Yaşanan gelişmeler birleşme ve satın almaların 2007 yılında da artarak devam edeceğini göstermektedir [15].

Tablo 3.1. Dünya Ham Çelik Üretimi [15].

Ülke Adı	2005 (Bin Ton)	2006 (Bin Ton)	% Fark
Çin Halk Cumhuriyeti	353,454	422,600	19,7
Japonya	112,472	116,227	3,3
Amerika Birleşik Devletleri	93,216	98,539	5,7
Rusya	66,267	70,755	6,8
Güney Kore	47,820	48,418	1,3
Almanya	44,523	47,223	6,1
Hindistan	38,098	42,812	12,4
Ukrayna	38,741	40,797	5,3
İtalya	29,350	31,550	7,5
Brezilya	31,610	30,910	-2,2
Türkiye	20,964	23,307	11,2
Fransa	19,479	19,857	1,9
İspanya	17,905	18,659	4,2
Meksika	16,195	16,289	0,6
Kanada	15,343	15,640	1,9
İngiltere	13,294	13,952	4,9
C.I.S. (6 Ülke) – Toplam	113,103	119,455	5,6
AB (15 Ülke) – Toplam	165,246	173,528	5,0
AB (25 Ülke) – Toplam	187,454	198,400	5,9
Genel Toplam (96 Ülke)	1,139,200	1,239,500	8,8

3.1.2. Türkiye demir çelik sektörü

Türkiye, 1980 sonrası başladığı küresel ekonomiyle bütünleşme süreci ve AB ile 1996'da yürürlüğe giren Gümrük Birliği Anlaşması ile ekonomik anlamda önemli mesafeler kat edilmiştir. 2001 yılında yaşanan ekonomik krizin ardından uygulanan tedbirler sonucunda ekonomide belli iyileşmeler yaşanmış olup hem ekonomik büyüme hem de dış ticaretteki artışın da etkisiyle ülkemiz ihracatı 2000 yılından günümüze % 206,5'lik bir artış gerçekleştirerek 27 milyar 774 milyon dolardan, 85 milyar 141 milyon dolara yükselmiştir.

Bu yüksek artışlarda hiç şüphesiz en önemli paylardan bir tanesi de Türk Ağır Sanayisi'nin belkemiğini oluşturan demir çelik sektörüne aittir. Dünyada meydana gelen gelişmelere çok duyarlı olan sektörde, 2000'li yıllarla birlikte başlayan ve özellikle Çin'in göstermiş olduğu yüksek oranlı büyümesinin tetiklediği hammadde ve mamul talebindeki yüksek artışlar, hem hammadde hem de mamul fiyatlarının son derece yükselmesine neden olmuş ve bu durum yerli piyasada da etkisini göstermiştir. Bu gelişmelere paralel olarak, 2006 yılında Türkiye'nin ham çelik üretimi 23,31 milyon tona ulaşırken çelik ihracatı da değerinde % 29,2 oranında artarak 8,66 milyar dolara yükselmiştir.

Demir çelik sektörümüz açısından 2006 yılında yaşanan en önemli olay, Türkiye'nin tek yassı mamul üreten entegre tesisi olan Erdemir'in % 46,12'lik kamu hissesini Oyak grubuna 2 milyar 770 milyon dolara satışı olmuştur. Böylece, Türkiye'de devlet, demir çelik üretimini tamamen özel sektöre bırakmış ve çelik piyasası serbest piyasa kurallarına göre işleyen bir Pazar durumuna gelmiştir [15].

Tablo 3.2. 2002–2006 Yılları Arası Çelik Sanayi Üretim Dağılımı [15].

	2002	2003	2004	2005	2006
Ham Çelik Üretimi (ton)	16.467.000	18.298.000	20.478.000	20.965.000	23.308.000
Ham Çelik Üretim Kapasitesi (ton)	21.929.000	22.906.000	23.584.000	24.464.000	26.859.000
Üretim Teknolojileri (BOF, EAO) (%)	%72 EAO %28 BOF	%72 EAO %28 BOF	%73 EAO %27 BOF	%74 EAO %26 BOF	%76 EAO %24 BOF
Kişi Başına Ham Çelik Tüketimi (kg/kişi)	200	229	259	273	310

Tablo 3.3. 2007–2011 Yılları Arası Çelik Sanayi Beklentileri [15].

	2007	2008	2009	2010	2011
Ham Çelik Üretimi (ton)	26.500.000	30.000.000	33.000.000	35.500.000	38.500.000
Ham Çelik Üretim Kapasitesi (ton)	31.000.000	34.500.000	37.000.000	40.000.000	42.500.000
Üretim Teknolojileri (BOF, EAO) (%)	%74 EAO %26 BOF	%71 EAO %29 BOF	%70 EAO %30 BOF	%70 EAO %30 BOF	%71 EAO %29 BOF
Kişi Başına Ham Çelik Tüketimi (kg/kişi)	340	360	380	400	420

Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde önemli müzakere kalemlerinden biri olan Gümrük Birliği kapsamında ülkemiz çelik sektörünün piyasa koşullarına göre yeniden yapılanması kapsamında, Ulusal Yeniden Yapılandırma Planı, 30 Ağustos 2006'da Avrupa Komisyonu'na sunulmuştur. Şu anda Avrupa Komisyonu'nca değerlendirme aşamasında olan plan konusunda görüşmeler halen devam etmektedir. Söz konusu planın amacı,

- Pazar talebine uyumlu olarak üretim kapasitelerinin modernleştirilmesi ve talep ile uygun düzeylere getirilmesi,
- Sektörün serbest piyasa kurallarına uygun olarak geleceğe dönük güvenilirliği ve rekabet gücünün yükseltilmesi,

- Maliyetlerin düşürülmesi ve buna karşılık verimlilik ve ürün kalitesinde bir artışın sağlanması,
- Türk çelik endüstrisinin katma değeri yüksek ürünler üretimine yönelmesi,
- Ulusal ve uluslar arası pazarlardaki rekabetçi özelliğinden ötürü doğabilecek gelişmelere karşı istihdamın sürdürülmesi ve istikrarı.

Bu plan kapsamında, ilerleyen zamanlarda firmaların bireysel iş planları hazırlama çalışmaları da oldukça önem kazanacaktır. Ayrıca, bazı büyük çelik firmalarımız ülkemizin yassı mamul ihtiyacını karşılama konusunda yeni yatırımlar yapmaya başlamış olup, bu konuda önümüzdeki yıllarda da yatırımların devam edeceği düşünülmektedir.

Türkiye, çelik üretiminin, kullanımının ve ihracatının her geçen yıl arttığı bir ülke olarak, ülkenin gelişmişlik göstergelerinden bir tanesi sayılan kişi başına ham çelik tüketimi 2006'da 310 kg olurken, bu tüketimin gelecek yıllarda istikrarlı bir şekilde artarak 2011 yılında 420 kg' a kadar yükseleceği öngörülmektedir [15].

3.2. Bazık Oksijen Fırını (BOF) Prosesi ve Özellikleri

3.2.1. Bazık oksijen fırını prosesi

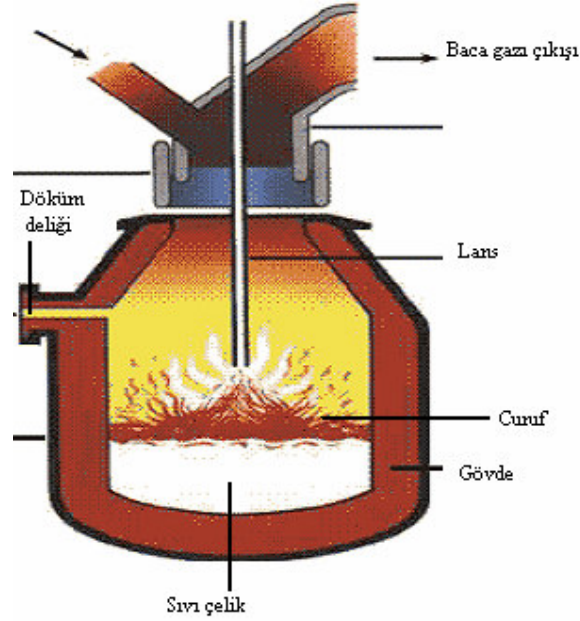
Bazık Oksijen Fırını prosesinde çelik, kolay şarj edilebilmesi ve dökülebilmesi için yana eğilebilen armut şeklinde bir fırında rafine edilir. Bununla beraber fırındaki havanın yerini yüksek basınçla üflenen saf oksijen alır. Fırın şarj edilip dik konuma getirildikten sonra bir oksijen üfleme borusu (lans) fırının dibine doğru daldırılır. Oksijen üfleme borularının su soğutmalı tipi genellikle iki metreden daha uzundur, ihtiyaca göre daha farklı varyasyonlarda da olabilir. Binlerce metreküp oksijen fırına süpersonik hızla üflenir. Ham demirde (pikde) bulunan karbon ve diğer elementler (Si, Mn gibi) oksijenle birleşir ve yüksek sıcaklıkta bir kaynama reaksiyonu başlar ve pik demirdeki emprüteler hızla yanarak pik demir çeliğe dönüşür. Rafinasyon prosesi saatte yaklaşık 275 ton çelik yapabilir.

Bazik Oksijen prosesinde çelik, ergimiş ham demir ve hurdanın içine yüksek basınçta oksijen üflenerek üretilir. Oksijen şarjı çeliğe dönüştüren karbon ve diğer emprütelerle birleşir ve egzotermik reaksiyon oluşurken gerekli olan ısıyı üretirler. Fırın şarj için döndürülür. İşçiler tarafından hurda çeliğin içine potayla ergimiş ham demir boşaltılır ve gerektiğinde ilave edilir. Daha sonra fırın dik konuma getirilir. Şarjın içine bir lans vasıtasıyla fırının derinliklerine doğru oksijen üflenir. Atık gazlar fırının tepesindeki bir başlık tarafından tutulur. Rafinasyon işlemi tamamlandığında fırın başlığı ve oksijen kanalı geriye alınır. Fırın eğildikten sonra sıvı çelik potaya akıtılır [16].

3.2.2. Bazik oksijen fırınının çalışması

Bazik oksijen konvertörüne belirli miktarlarda hurda ve sıcak metal şarj edilir. Konvertör dikey konuma getirilerek oksijen borusunun tipine, oksijen basıncına, birim zamanda üflenen oksijen miktarına ve sıcak metalin bileşimine bağlıdır. Yüksek safiyetteki oksijen normal olarak 10-12 kg/cm² basınç altında büyük bir hızla püskürtülür. Oksijenin kısmen kimyasal ve kısmen de banyoyu karıştırıcı etkisi vardır. Basıncı oksijen banyoyu şiddetle karıştırdığından tasfiye reaksiyonları hızlanır. Oksijen sıvı şarjın yüzeyine çarptıkça demir oksit teşekkülüne sebep olan reaksiyonlar gerçekleştirilir. Demir oksitin bir kısmı banyonun her tarafına dağılır. Bu esnada karbon yanarak CO ve CO₂ meydana getirir. Bu da şiddetli bir kaynamaya sebep olur. Bu esnada şarjdaki silisyum, mangan, fosfor ve kükürt oksitlenir.

Oksijen verilmeye başlandıktan sonra hemen üst bölgedeki bir silodan belirli miktarlarda yanmış kireç, fluşpat gibi curuf yapıcı maddeler ilave edilir. Yanmış kireç sıcak metal içindeki silisyum, fosfor gibi istenmeyen elemanlarla birleşerek curufu teşkil eder. Şekil 3.1.'de BOF'un genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.1. Bazık Oksijen Fırını (Konvertör) Genel Görünüşü [17]

Karbonun yanması sonucunda konvertör ağzında görülen alev azalır. Eğer sıcaklık döküm sıcaklığının üzerinde ise, banyonun soğuması için hafif hurda ilave edilir ve hurdanın banyonun içinde dağılması için konvertör sağa, sola döndürülür. Eğer sıcaklık döküm sıcaklığından düşük ise, bir miktar daha üfleme yapılır.

Bazık Oksijen Fırınlarında tipik bir şarj, %75 ergiyik metal (ham demir) ve %25 katı hurda çeliktir. Tablo 3.4.'de tipik bir şarj içeriği verilmiştir.

Tablo 3.4. Bazık Oksijen Fırınlarında Tipik Bir Şarj İçeriği [18]

Yüzde (şarj)	Karbon (%)	Mangan (%)	Silisyum (%)	Fosfor (%)
Sıvı Ham Demir	4,3	1,0	0,7	0,2
Hurda Çelik	0,1	0,4	0	0,02

3.3. BOF Proses Kontrolü

Üretilen çelik kalitesi üzerinde etkili olan kritik kontrol faktörlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Banyo karbon değerini etkileyen faktörler:

- Şarjdaki toplam karbon miktarı
- Üflenen oksijen miktarı
- Hurda ve cevherden gelebilecek olan oksijen, fırında kalan curuf ve fırın içindeki hava sirkülasyonu
- CO'nun CO₂'ye dönüşümü esnasında harcanan oksijen değeri, baca tozu ve curuf reaksiyonlarında demirin oksitlenmesi ve sıcak metal içindeki metal oksitler

- P (fosfor) değerini etkileyen faktörler

- Şarjdaki P girdisi
- Curuftaki FeO
- Curufun CaO'ya doymuşluğu
- Curuf miktarı
- Curuf akışkanlığı
- Banyo sıcaklığı

- S (kükürt) değerini etkileyen faktörler

- Şarjdaki toplam S girdisi
- Baziklik oranı
- Curuf akışkanlaştırıcı kullanımı
- Sıcak metaldeki Mn değeri

- Metal banyosu sıcaklığını etkileyen faktörler

- Isı girdileri
- S metalinin bünyesel ısısı
- Metaliklerin oksitlenmesi
- Karbonun yanması

- Demirin oksitlenmesi
- Şarj edilen diğer malzemelerin bünyesel ısıları
- Curuf bileşenlerinin reaksiyon hızları

- Isı çıktıları

- Metal banyosunun bünyesel ısısı
- Atık gazların bünyesel ısısı
- Ayrışımındaki ısı kullanımları
- Fırından ısı kayıpları

BOF prosesinin kontrol edilmesindeki amaç istenilmeyen faktörleri minimuma indirerek istenilen banyo sıcaklığı ve analiz değerlerine ulaşarak istenilen tonajı elde etmektir [19].

3.3.1. Proses kontrolünün prensipleri

Konvertör prosesi gibi modern çelik üretim metotlarında yüksek çıktı ve ekonomi önemli ayırıcı özelliklerdir. Bu proseste konverterin alt ve üstü oksijen üfleme işlemiyle birleşmiş durumdadır.

Başlıca proses kontrol modelleri aşağıda belirtilmiştir.

- Statik modeller
- Stokastik ve sinir ağları modelleri
- Dinamik kontrol modeller
- Lans yükseklik kontrol modeli [24].

Statik modelde zaman değişkenleri yoktur. Bu modellerde esas, sistemin ilk konumunu bilmektir. Bu durum bir kerede sonuç konumunu sağlamaya faydalıdır. Dinamik sistemlerde zaman değişkendir ve prosesin durum bilgisi sıcaklığın herhangi bir zamanında sağlanabilir. Statik ve dinamik modeller geri besleme

içerebilir de içermeyebilirde, sonrasında statik yada dinamik olduğu söylenebilir. Otomasyon uygulamalarında stokastik modeller uygun sonuçlar üretmeyebilir. Teorik metotlarla karşılaştırıldığında, aynı eksikliklere sahip oldukları söylenebilir.

Üfleme kontrolü metotları oldukça çeşitlidir. Model tip olarak, zaman karakteristiği ve geri besleme açısından farklılık gösterebilir.

Günümüzde en elverişli olanlardan birisi, sistem eşitliklerini kurma yoludur. Bu da kimyasal ve fiziksel sabitler, reaksiyonlar ve kaynaklar içerebilen ve teknolojik proseslerdeki ana bileşenlerin tam ve yeterli olarak tanımlayan kimyasal ve fiziksel kuralların temelleri ve detaylı incelemeler sonucu bulunan oksijen-konverter üfleme düzensizlikleri esasına dayanır.

Geri beslemesiz bir statik model prosesi gerçekleştirmek için başlangıç malzemelerinin kütlelerinin belirlenmesi amacıyla malzeme ve ısı balansının hesaplanmasını mümkün kılar. Bu modeller üfleme boyunca değişiklikleri önemsemez. Başlangıç malzemelerinin hesaplanması dinamik sistemlerin kullanılması için ön gerekliliktir.

Giriş yani başlangıç malzemelerinin hesaplanması için model kurarak konverter prosesinin kontrolü ve üfleme tamamlanmasının zamanını belirlemek için dinamik model kurmak, içerikte ne kadar karbon bulunduğunu ve çelik üst sıcaklığını yüksek oranda doğrulukla bulmaya olanak sağlar [20].

3.3.2. BOF prosesi prensipleri

Prosesin nasıl analiz edilmesi gerektiği, çelik üretim prosesindeki metalurjik reaksiyonların tam bir matematiksel modelinin kurulmasıyla başlar.

BOP inin kütle ve enerji dengelerinde şekillenen bu tarz bir termokimyasal analize uyumluluğu, bazik oksijen konverterinin performansının tahminine; özellikle de hurda ergime kapasitesinin tahminine olanak sağlar.

Proses kontrolü, hurda ya da sıcak metal miktarı, flaksların ağırlığı ve mümkün olan oksijen dağılımı ya da üflemesi gibi girdi değişkenlerinin kesin bir aralıkta ve değişim miktarının bilinmesi vasıtasıyla sağlanır [21].

Konverter prosesi boyunca modellemelerle hesaplama ve teknolojik operasyonların sırası aşağıdaki gibidir:

- Girdi maddelerinin hesaplanması
- Girdi maddelerinin ikincil hesabı
- Isı hesabı ve metalin kompozisyonun tahmini
- Alaşım elementlerinin hesabı
- Modelin uyumunun ve hesapların kontrol edilmesi

Üfleminin tamamlanma süresini belirlemek ve girdi maddelerini hesaplamak için kullanılan dinamik modeller aracılığıyla yapılan konverter proses kontrolü, dökümde sıvı çeliğin sıcaklığı ve karbon içeriğini, ilave üflemlerle ısının artış miktarını, ısı devir süresini kısaltma, yüksek çıktı (sıvı çelik), refrakter tüketiminde azalma, döküm sırasında sıcaklığın azalması ve metalik şarjdaki hurda oranının azalması konusunda yüksek doğrulukta bilgiye erişimi mümkün kılar [20].

Yukarıda açıklanan örnek ile bu projede yapılan çalışmanın benzer yönleri vardır. Öncelikle bizim sistemimiz de dinamik modellemedir. Çünkü örnekte olduğu gibi zaman değişken olup, sıcaklığa bağlı farklı zamanlarda alınan girdilere göre eğitimler ve tahminler yapılmıştır.

3.4. BOF' un Bilgisayarla Kontrolü

Bu konuyla ilgili bazı modelleme çalışmaları yapılmış olup bu çalışmalardan bir kaçını örnek çalışma olarak aşağıda özet olarak verilmiştir.

K.Katsura, K.Isobe ve T.Haoka (1996) tarafından yapılan çalışma bazik oksijen fırınının bilgisayar kontrolünü içermektedir.

Matematiksel olarak model kurmada öncelikli olan, kontrol edilecek olan faktörlerin özelliklerine karar verilmesidir. Bu tarz faktörler dikkatli bir teknik inceleme sonrasında bilgisayar kontrolüne uygun olduğu yada olmadığı tespit edilmelidir. Dönüşüm operasyonu için vazgeçilmez ön şart uniform şartlarda yüksek tonajlı çeşitli çeliklerin imalidir ve çelik kalitesinde eş dağılımın sağlanması en önemli faktördür. Bu noktadan hareketle, konu üzerinde çalışma yapanlar, bu çalışmalarında, bilgisayar kontrol değişkenleri olarak genelde kimyasal bileşimi ve çelik sıcaklığını almışlardır. Çalışmada altı adet kontrol değişkenleri (sıvı çeliğin nihai karbon ve fosfor içeriği, üretim sonu sıvı çelik sıcaklığı, potadan geçen karbon miktarı, manganez ve fosfor içeriği) kullanılmıştır. Kontrol edilen bu değişkenler arasında nihai sıvı banyo sıcaklığı ve sıvı çeliğin nihai karbon içeriği çelik üretimi için teknik olarak en önemli değişkenler olduğu söylenebilir. Daha kararlı şartların sağlanması, çeşitli kalitelardaki çeliğin geniş oranda üretimini kontrol eden bilgisayar kontrol sistemi ile gerçekleştirilebilir [22].

Bir diğer çalışma Corus Grup'a ait bir BOF tesisindeki YSA denemelerinden elde edilen sonuçları irdelemektedir. Çalışmada, çelik üretimindeki son üfleme periyodundaki oksijen ve soğutma gereksinimlerini önceden tahmin etmek için Yapay Sinir Ağlarının kullanımı araştırılmıştır. Son üfleme sırasında, sıcaklık değeri ve numune bir prob kullanılarak alınmaktadır. Bu ölçümler, proses sonunda çelikte istenen bileşimi elde etmek için ne kadar oksijen üflenmesi ve ne kadar soğutucu ilavesi gerektiğinin tahmini için Yapay Sinir Ağları modelinde girdiler olarak kullanılmıştır ve modellemenin oluşması için de "Clementine Data Mining System" programı kullanılmıştır [29].

Benzer bir çalışma da Brezilya'da bulunan bir BOF tesisindeki endüstriyel uygulamalar ve yapay sinir ağı modellerinin gelişimini anlatmaktadır. Sıvı çelikteki hedeflenen karbon oranı ve son döküm sıcaklığı değerine ulaşmak için üflenen oksijen ve soğutma gereksinimlerinin belirlenmesi kusursuz bir model ile gerçekleştirilebilmektedir. Ters yapay sinir ağı modeli, üfleme prosesinin hesaplanması için geliştirilmiştir. 40 adet endüstriyel çalışmanın sonucunda, hedeflerle eş zamanlı uyuşmanın %82,5'i sağlanmasına karşı, BOF tesisinde yaygın olarak kullanılan ticari modelden %66 sonucu elde edilmiştir. Ters model, BOF prosesinin otomatik

kontrolü için eş zamanlı gerçekleştirilmiştir. Yapay Sinir Ağı modeli, performans düşüklüğüne gelinceye kadar önceki ağırlıklar ve eğilimlere göre yeniden eğitilmiştir.

Sonuç olarak, sıvı çeliğin üretim parametrelerinin yeniden ayarlanmasına engel olunmuş ve yüksek verimlilikte çelik üretimi sağlanmıştır [30].

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE METODOLOJİ

4.1. Yapay Zeka Uygulaması

Bu çalışma için, standart çelik kompozisyonuna sahip “7112 K” çeliği kullanılmıştır. “7112K” kalite çeliğin kimyasal bileşimi ve kullanılan başlangıç sıvı ham demirin bileşimi Tablo 4.1.’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Çalışmada Kullanılan Başlangıç Sıvı Ham Demir ve Üretilecek Çelik Bileşimi

Element	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
Sıvı Ham Demir	4,443	0,506	0,644	0,096	0,076
Üretilecek Çelik	0,02-0,04	0,030	0,10-0,20	0,015	0,015

Türkiye'nin demir çelik konusunda önde gelen fabrikalarından bir tanesinden alınan verilere göre girdi ve çıktı değişkenleri aşağıda belirtilecektir. Fakat öncelikle girdilerin seçilmesinde ve değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulmuş kriterlerin açıklanmasında yarar vardır.

1. Sıvı metal bileşimi (%C, %Mn, %Si, %S, %P)
2. Sıvı metal ağırlığı (Şarj = Sıvı Ham demir + Hurda + Kireç + Fe-Si)
3. Sıvı metal sıcaklığı
4. Banyo yüksekliği
5. Oksijen üfleme basıncı veya debisi
6. İstenen çelik bileşimi
7. Üfleme sonu çelik banyo sıcaklığı

4.1.1. Girdi değişkenleri

Uygulama kısmında kullanılmak üzere girdi değişkenleri olarak aşağıdakiler belirlenmiştir.

Sıvı Metalin (Ham Demir) Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
 Toplam Şarj Ağırlığı (kg)
 Üfleme Sonu Alınan Oksijen Miktarı (ppm)
 Üfleme Sonu Alınan Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
 Sıvı Metaldeki Karbon Yüzdesi (%C)
 Sıvı Metaldeki Mangan Yüzdesi (%Mn)
 Sıvı Metaldeki Fosfor Yüzdesi (%P)
 Sıvı Metaldeki Kükürt Yüzdesi (%S)
 Sıvı Metaldeki Silisyum Yüzdesi (%Si)
 Banyo Yüksekliği (cm)

4.1.2. Çıktı değişkenleri

Uygulama kısmında kullanılmak üzere çıktı değişkenleri olarak aşağıdakiler belirlenmiştir.

Döküm Ağırlığı (kg)
 Çelikteki Son Oksijen Seviyesi (ppm)
 Çelikteki Son Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
 Çelikteki Karbon Miktarı (%C)
 Çelikteki Mangan Miktarı (%Mn)
 Çelikteki Fosfor Miktarı (%P)
 Çelikteki Kükürt Miktarı (%S)
 Çelikteki Silisyum Miktarı (%Si)

4.2. MATLAB – Neural Network Toolbox’da Uygulama

Belirlenen bu değişkenler sonrasında, MATLAB 7.0 R14 – Neural Network Toolbox’ta uygulamaya geçilmiştir.

MATLAB; (MATrix LABoratory); ilk defa 1985’de C.B.Moler tarafından matematik ve özellikle de matris esaslı matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş etkileşimli bir paket programlama dilidir. MATLAB mühendislik alanındaki hesaplamalarda; sayısal hesaplama, veri çözümleri ve grafik işlemlerinde kullanılabilir genel amaçlı bir program olmakla beraber özel amaçlı modüller paketlere de sahiptir. FORTRAN ve C dili gibi yüksek seviyeden programlama dillerine göre MATLAB daha az sayıda komutla çözüm üretmek mümkündür [23].

Yukarıda açıklanan girdi ve çıktı değişkenlerine ait, fabrikadan alınan toplam 226 adet veri grubu EK-A ve EK-B’de verilmiştir.

Bu veri gruplarından ilk 176 adedi eğitim amaçlı programa tanıtılmış ve kalan 50 adet ile test yapılmıştır. Öncelikle bu verilerin sisteme girilebilmesi için normalize edilmesi (-1 ve 1 aralığına çekilmesi) gerekmektedir.

Normalizasyon işlemi tüm verilere uygulanmıştır. Yani örneğin, girdi değişkenleri içinde bulunan “Toplam Şarj Ağırlığı”na ait tüm veriler kendi arasında normalize edilmiş olup, bu grup için; Y_{min} minimum değer, Y_{max} ; maksimum değer olarak alınmış ve her değer için Y_{nor} buna göre hesaplanmıştır.

Normalizasyon için kullanılan denklem aşağıda verilmiştir.

$$Y_{nor} = \left(\frac{(Y_{reel} - Y_{min})}{(Y_{max} - Y_{min})} \times 2 \right) - 1$$

Y_{nor} : Normalize edilmiş değer

Y_{reel} : Gerçek değer

Y_{min} : Minimum değer

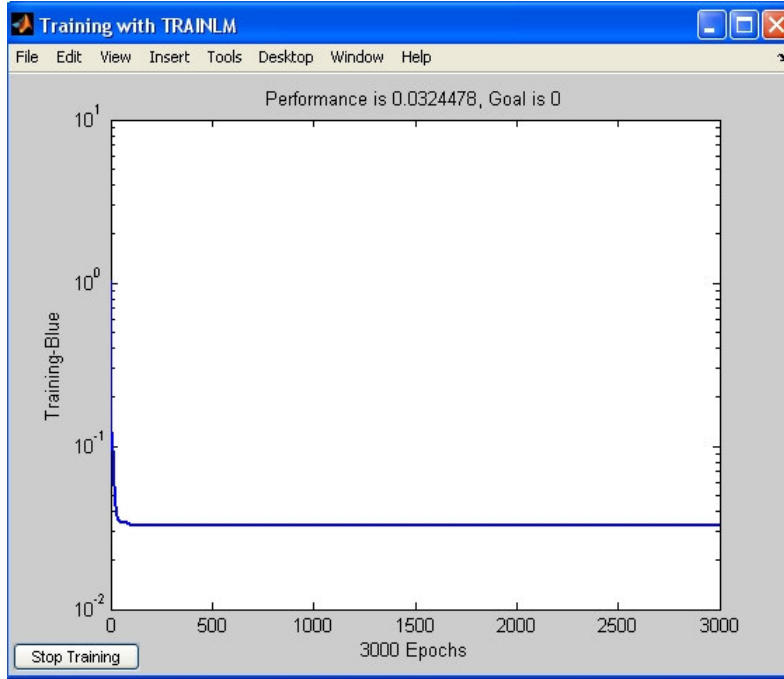
Y_{max} : Maksimum değer

Yapılan işlemlere göre girdi çıktı değişkenlerinin MATLAB’da uygulama ve sonrası önemli ekran görüntüleri ve kısa açıklamaları aşağıda verilmiştir.

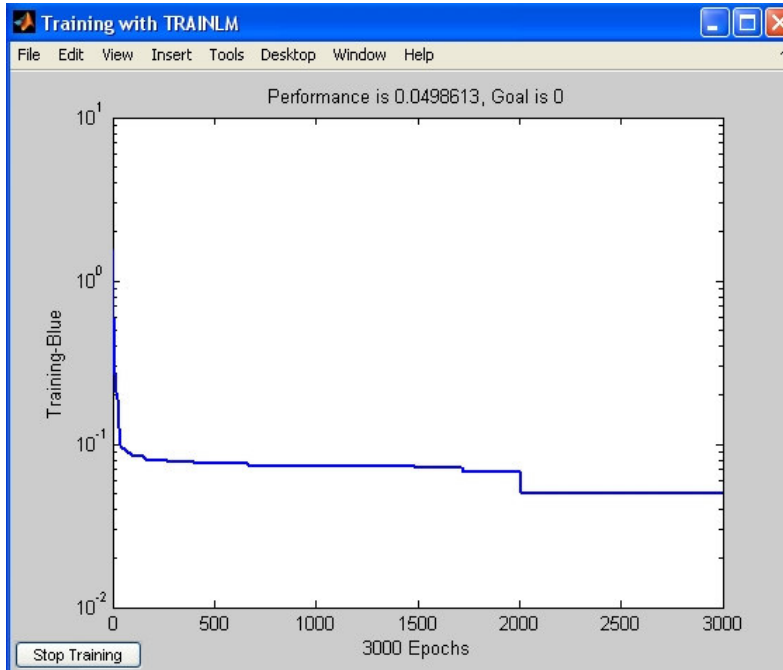
Öncelikle eğitim amaçlı olarak oluşturulan Yapay Sinir Ağında 2 katmanlı bir yapı kullanılmıştır. Bu katmanlardan birisi ara katman (gizli katman) diğeri de çıktı katmanıdır. Her iki katman yapısında da tanjant sigmoid fonksiyonu seçilmiştir. Çıktı katmanındaki nöron sayısı, çıktı değişkenlerinin sayısı kadar yani 8 olarak belirlenmiştir. Toplam iterasyon sayısı 3000 olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki kritik olan parametre, gizli katmandaki nöron sayısıdır. Bunun için 5 – 10 – 15 – 20 ve 25 nöron sayıları ayrı ayrı uygulanmış ve her farklı durumdaki hata oranlarına bakılmıştır. Farklı nöron sayıları uygulanarak programdan alınan hata oranları Tablo 4.2.'de verilmiştir. Bu hata oranlarının sistemden alınan grafikleri de Şekil 4.1., Şekil 4.2., Şekil 4.3., Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Farklı Nöron Sayılarında Elde Edilen Hata Oranları

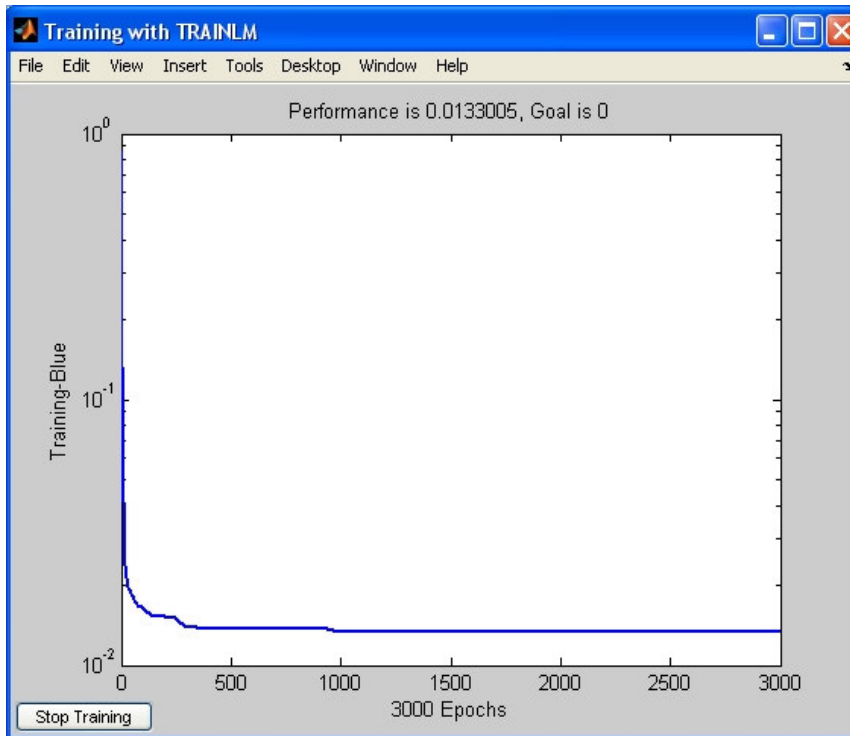
Nöron Sayısı	5	10	15	20	25
Hata Oranı	%3,24	%4,98	%1,33	%18,54	%0,38



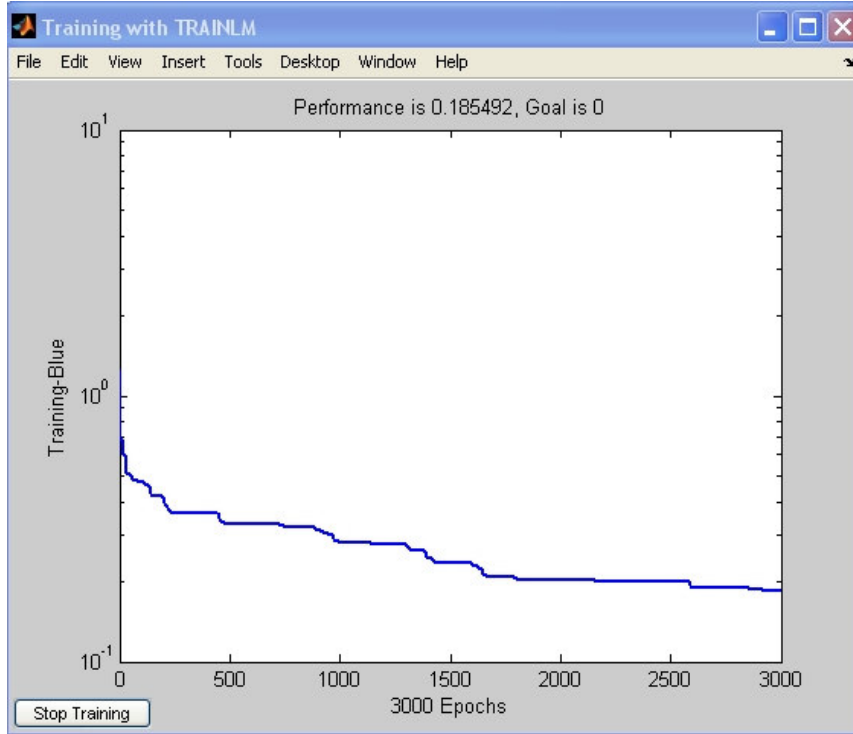
Şekil 4.1. Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=5)



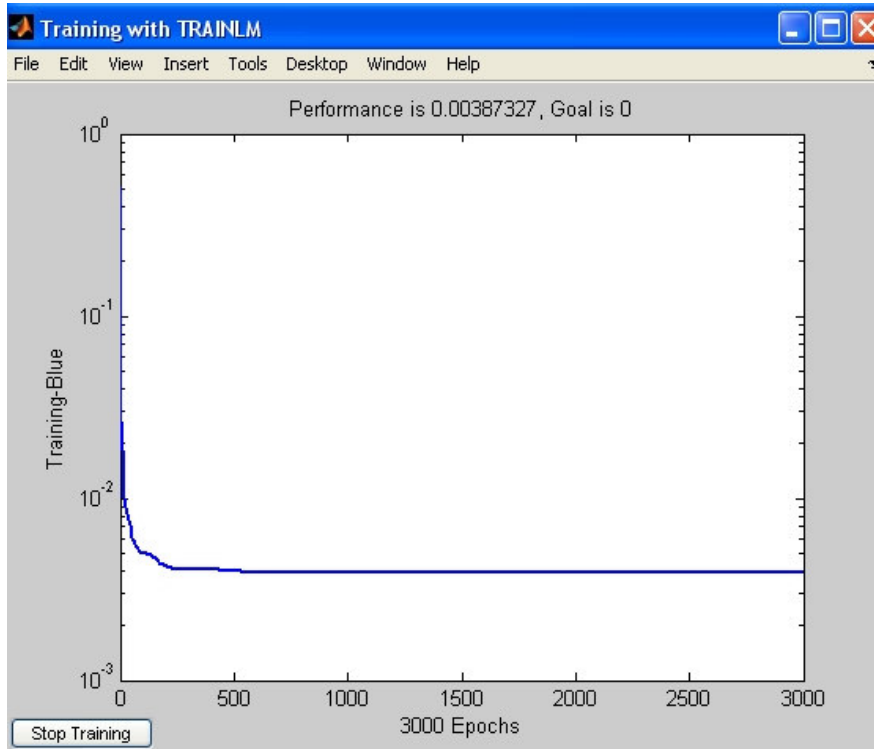
Şekil 4.2. Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=10)



Şekil 4.3. Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=15)



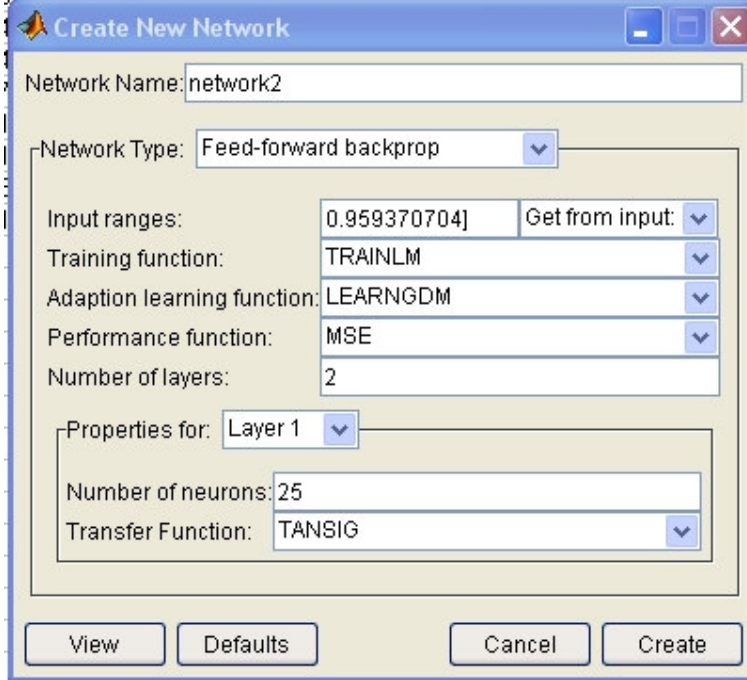
Şekil 4.4. Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=20)



Şekil 4.5. Hata Oranı Grafiği (Nöron Sayısı=25)

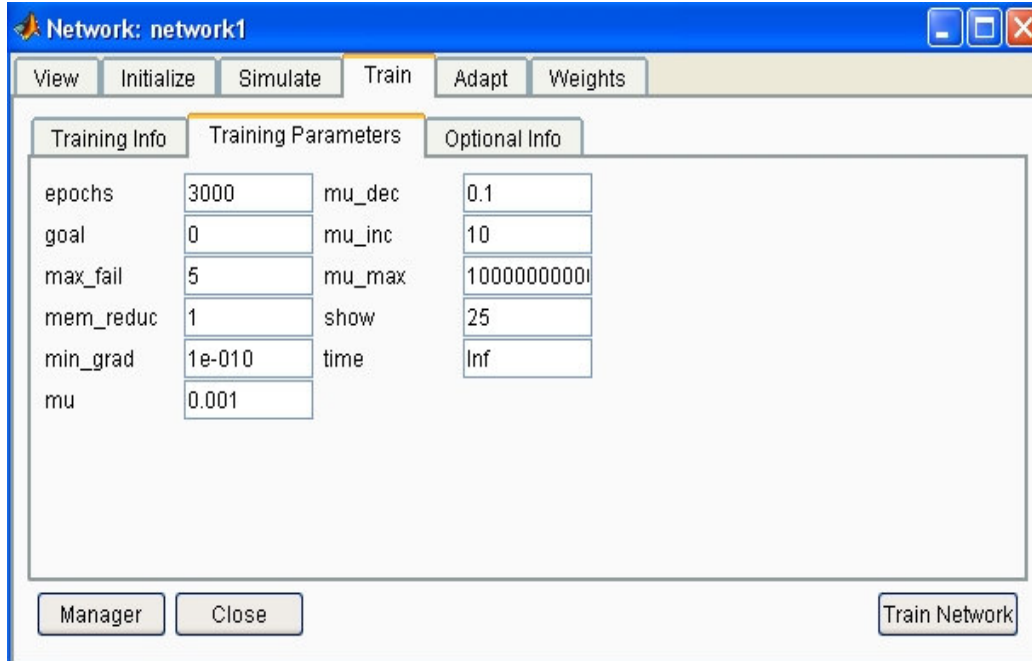
Tablo 4.2.'de görüldüğü üzere, yapılan çalışmalar sonucu nöron sayısı 25 olan çalışma çok düşük hata oranı ile başarılı olduğu için nöron sayısı 25 olan çalışmanın sonuçları dikkate alınmıştır.

Buradan sonraki bölümde 25 nöron sayılı sistemin uygulaması esnasında elde edilen önemli grafiklerin ve bazı önemli detayların açıklamaları yapılacaktır.



Şekil 4.6. MATLAB'da Yeni Ağ Oluşturulması

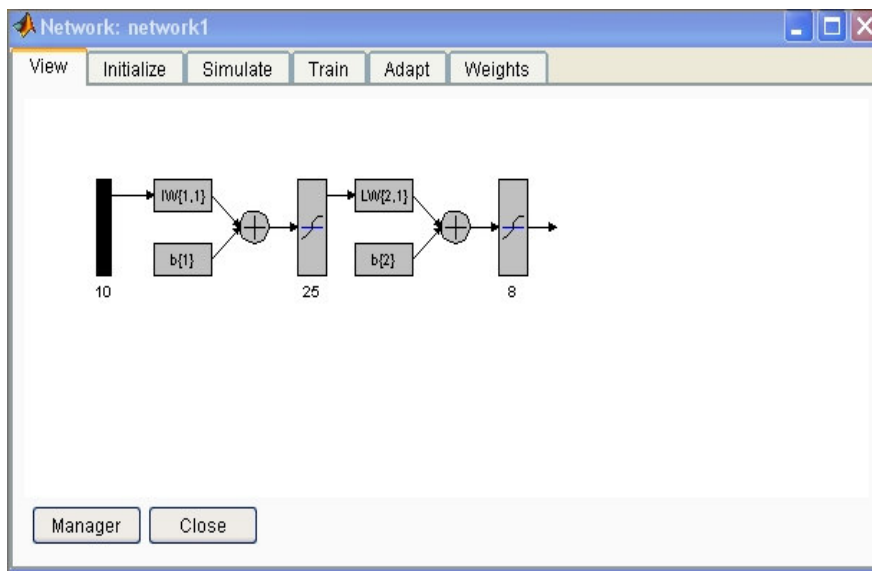
Şekil 4.6.'da programın katman sayısı, nöron sayısı ve fonksiyonu gözükmektedir.



Şekil 4.7. : Programın Eğitim Parametreleri

Şekil 4.7.'de programın eğitim parametreleri görülmektedir. İterasyon sayısı ve hedef değerlerin istek dahilinde girilebileceği gibi diğer bazı özellikler de program tarafından varsayılan değer (default) olarak verilmektedir.

Şekil 4.8.'de program tarafından oluşturulan yapay sinir ağının şematik gösterimi gösterilmektedir.



Şekil 4.8. : Modellemenin Şematik Gösterimi

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada kullanılan örnek çelik bileşimi verileri Türkiye'nin önde gelen entegre demir çelik fabrikalarından bir tanesinden alınmış olup veri (226 adet) olarak alaşimsız düşük karbon çeliği olan “7112 K” çeliği kullanılmıştır. “7112K” kalite çeliğin kimyasal bileşimi ve kullanılan başlangıç sıvı ham demirin bileşimi ve diğer girdi ve çıktı değişkenlerinin yardımıyla bir model oluşturulması gerekmektedir.

Oluşturulan modelde 226 adet verinin 176 adedi eğitim, geri kalan 50 adedi test için kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değişkenlerinin adet ve sayısal değişkenlik bakımından çok olduğundan değerler normalize edilerek programda kullanılmıştır. Yapay sinir ağında İterasyon Sayısı 3000 olarak kullanılmış olup, fonksiyon olarak ise tanjant sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Daha sonra Gizli Katman Nöron Sayısı için 5, 10, 15, 20 ve 25 değerleri kullanılmış ve en düşük hata oranını veren 25 adet Nöron Sayısı bulunmuştur. Bunun sonucunda tüm tahmin edilen çıktı ortalaması hata oranı %0,38 olarak bulunmuş ve ağa kaydedilmiştir. Toplam 50 adet olan değerlerin gerçek ve tahmin edilen değerleri EK-C’de verilmiştir.

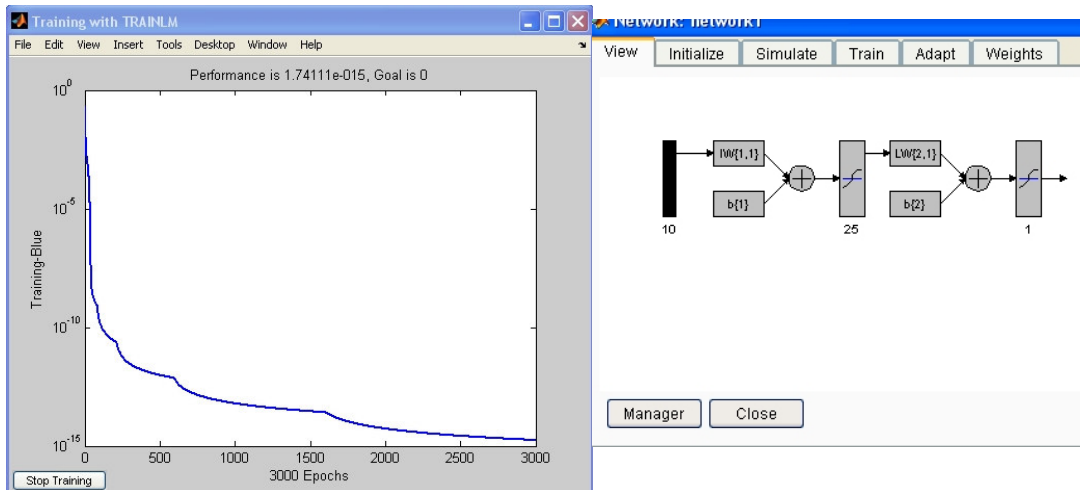
Çıktı değişkenlerindeki; gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve ortalama hata oranları Tablo 5.1.’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Çıktıların Gerçek ve Tahmin Edilen Değerleri, Hata Oranları ve Standart Sapma Değerleri

Çıktı Değişkenleri	Gerçek Değerler		Tahmin Edilen Değerler		Ortalama Hata Oranı (%)	Standart Sapma ±
	min.	maks.	min.	maks.		
Çelikteki Oksijen Seviyesi (ppm)	442	1,207	411	1,500	-0,67	0,14
Döküm Ağırlığı (kg)	106,000	125,200	104,954	126,386	-0,84	0,04
Çelikteki Son Sıcaklık (°C)	1,651	1,716	1,633	1,716	-0,05	0,01
Çelikteki %C	0,0166	0,0714	0,0166	0,0693	6,22	0,34
Çelikteki %Mn	0,0616	0,2400	0,0610	0,2876	-4,13	0,31
Çelikteki %P	0,0053	0,0154	0,0046	0,0119	-2,55	0,21
Çelikteki %S	0,0050	0,0121	0,0045	0,0142	-2,11	0,28
Çelikteki %Si	0,0007	0,0360	0,0003	0,0290	-2,13	0,34

Çıkan değerler göz önüne alındığında; sonuç olarak, az bir hata oranı ile parametrelerin yani çıktuların kontrol edilip tahmin edilebileceği belirlenmiş olup Yapay Sinir Ağları ile BOF kontrolünün mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Tüm değişkenler için çıkan sonuç tablosu incelendiğinde %C miktarındaki ortalama hata oranının (% 6,22) diğer elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu olayın muhtemel sebebi girdi verilerinde EK-A'da 167nolu veri satırında da görüldüğü gibi bazı elementel verilerin oldukça büyük aralıkta değişkenlik göstermesinden ve çıktı değişkenlerinin adedinin fazla olmasından dolayı yapay sinir ağının eğitilmesindeki, verimliliği ve doğruluk oranını azaltması olabilir düşüncesi ile girdi değişkenlerinin sayısını aynı tutarak, çıktı değişkenlerinden sadece "Çelikteki %C" değişkeni için deneysel çalışmadaki aynı parametreler kullanılarak yeni bir çalışma yapılmıştır. Yani, yeni modelde de 226 adet verinin 176 adedi eğitim, geri kalan 50 adedi test için kullanılmıştır. Değerler normalize edilmiştir. Yapay sinir ağında İterasyon Sayısı 3000 olarak kullanılmış olup, fonksiyon olarak yine tanjant sigmoid fonksiyonu seçilmiştir. Gizli Katman Nöron Sayısı için 25 adet Nöron Sayısı seçilmiş olup, bunun sonucunda tüm tahmin edilen çıktı ortalaması hata oranı 1.74×10^{-13} olarak bulunmuş ve ağa kaydedilmiştir. Toplam 50 adet olan "Çelikteki %C" değerinin gerçek ve tahmin edilen değerleri EK-D'de verilmiştir. Çalışma sonucunda daha önceden %6,2 olan "ortalama hata oranı" %1,17, 0,34 olan standart sapma değeri de 0,09 olarak bulunmuştur. 2.çalışmaya ait ekran görüntüleri Şekil 5.1.'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Programdan Alınan Ekran Çıktıları

BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada entegre bir demir çelik fabrikasında BOF'da üretilen "7112 K" çeliğinin üretim sürecinde elde edilen gerçek veriler temin edilerek bir model oluşturulmuştur. Alınan veriler (226 adet) alaşimsız düşük karbon çeliği olup "7112K" kalite çeliğin kimyasal bileşimi ve kullanılan başlangıç sıvı ham demirin bileşimi ve diğer girdiler kullanılarak seçilen çıktı değişkenlerinin mümkün olan en düşük hata oranı ile tahmin edilmesine çalışılmıştır.

Oluşturulan modelde 226 adet verinin 176 adedi eğitim, geri kalan 50 adedi test için kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değişkenlerinin adet ve sayısal değişkenlik bakımından çok olduğundan değerler normalize edilerek programda kullanılmıştır. Yapay sinir ağında kullanılan iterasyon sayısı 3000 olarak gerçekleştirilmiştir. Gizli Katman Nöron Sayısı için 5, 10, 15, 20 ve 25 değerleri kullanılmış ve en düşük hata oranını veren Nöron Sayısı 25 adet olarak tespit edilmiştir. Bunun sonucunda tüm tahmin edilen çıktı ortalaması hata oranı %0,38 olarak bulunmuştur.

Bulunan tahmini değerler ve hata oranlarına bakıldığında bazılarının oldukça gerçek değere yakın olduğu; buna karşılık bazılarının ise (% C ve % Mn gibi) hata oranlarının yüksek çıktığı gözlenmiştir. Bunun sebebi başlangıç girdi verilerindeki değişkenliktir ve çıktı değişkenlerinin sayısının fazla olmasıdır.

BOF'un yapay sinir ağı ile modelleme ve kontrolü için yapılan ön çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, sınırlı sayıda girilen kural ve girdi değişkenlerine rağmen, programın gerçek değerlere yakın sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür.

Elde edilen deneysel veriler (tahmin değerleri) ışığında modelin başarılı olduğu ve hata oranının iyileştirilmeye ve daha düşük hata oranlarının elde edilmesine yakın olduğu ve nihai olarak modelin geliştirilmeye açık olduğu söylenebilir.

Tablo 6.1. Girdi ve Çıktı Değişkenleri ile Ortalama Hata Oranları

Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri	Ortalama Hata Oranı (%)	Standart Sapma ±
Toplam Şarj Ağırlığı (kg)	Döküm Ağırlığı (kg)	-0,84	0,04
Üfleme Sonu Alınan Oksijen Miktarı (ppm)	Çelikteki Son Oksijen Seviyesi (ppm)	-0,67	0,14
Sıvı Metalin Sıcaklığı (°C)	Çelikteki Son Sıcaklık (°C)	-0,05	0,01
Sıvı Metaldeki Karbon Yüzdesi (%C)	Çelikteki Karbon Miktarı (%C)	-1,17	0,09
Sıvı Metaldeki Mangan Yüzdesi (%Mn)	Çelikteki Mangan Miktarı (%Mn)	-4,13	0,31
Sıvı Metaldeki Fosfor Yüzdesi (%P)	Çelikteki Fosfor Miktarı (%P)	-2,55	0,21
Sıvı Metaldeki Kükürt Yüzdesi (%S)	Çelikteki Kükürt Miktarı (%S)	-2,11	0,28
Sıvı Metaldeki Silisyum Yüzdesi (%Si)	Çelikteki Silisyum Miktarı (%Si)	-2,13	0,34
Üfleme Sonu Alınan Sıcaklık (°C)	--	--	--
Banyo Yüksekliği (cm)	--	--	--

Bu tip çalışmaların sanayide uygulanabilirliğinin getirdiği avantajları irdeleyecek olursak; çelik endüstrisi çok dinamik bir endüstri olup, günümüzde bile yeni alaşım elementleri yada oranlarının değiştirilerek farklı kalite çelikler üretilerek, farklı dizaynlarda ve uygulamalarda kullanılmaktadır. Çeliğin geçmişten gelen tarihsel gelişimini düşünerek, günümüzde bile hala yukarıda bahsettiğimiz gibi çalışmalar yapıyorsa, bu tür modelleme ve tahmin çalışmalarına ihtiyaç her zaman devam edecektir. Bundan dolayı AR-GE aşamasında yada dizayn aşamasında yapay sinir ağları kullanılarak farklı kalite çeliklerin üretiminin ve çıktı değerlerinin önceden tahmin yoluyla belirlenmesi pratikte zaman ve para olarak geri dönüşüm sağlayacaktır.

6.1. Öneriler

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve veriler ışığında aşağıdaki öneriler yapılabilir.

1. Girdi değişkenlerinin ve iterasyon sayısının arttırılmasıyla ve çıktı değişkenlerinin sayısının azalması ve her biri için ayrı ayrı çalışma yapılması ile daha hassas ve gerçek verilere çok daha yakın sonuçlar alınması mümkündür.
2. Yapay Sinir Ağları ile yapılan bu çalışma diğer sistemler ile de yapılabileceği gibi, öğrenme fonksiyonları, gizli katman nöronları da değiştirilerek uygulamalar yapılabilir. Örneğin bu çalışmada gizli katman nöronları çalışma esnasında farklı sayılar ile denenmiş olup aynı iterasyonda en iyi sonucu veren değer alındı. Aynı şekilde gizli katman ara değerlerinin de denemesi yoluyla hata oranı azaltılabilir.
3. İlave olarak, Yapay Sinir Ağları insan beyninde işleyen öğrenme fonksiyonunu taklit eden bir bilgisayar programlarıdır. Bir Yapay Sinir Ağı eğitilirken, uygun sonucu verebilmesi için örneğin gizli katman nöron sayısı gibi dışarıdan bir müdahaleye ihtiyaç duymaktadır. Fakat insan beyni öğrenme fonksiyonunu dışarıdan hiçbir müdahale olmaksızın kendisi yapmaktadır. Bu anlamda Yapay Sinir Ağı oluşturmak için kullanılan programlar geliştirilerek müdahale edilmesi gereken parametreleri (fonksiyon, gizli katman nöron sayısı vb..) kendisi belirleyebilir. Dolayısıyla program, kullanıcı müdahalesi olmaksızın, sadece veri grubu ve istenen hata oranı verilerek istenen ağı oluşturacak hale getirilebilir. Bu, mevcut programlara göre hem zaman kaybını engellemiş olur, hem de bu sayede daha uygun sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] members.tripod.com/~Bagem/bagem/yz3.htm
- [2] GEVARTEL, W. B., "Intelligent Machines", New Jersey: Prentice Hall Inc., pp4, 1985.
- [3] TURBAN, E., "Decision Support and Expert Systems: Management Support System", Prentice-Hall, pp.681-714, 1992.
- [4] WINSTANLEY, GRAHAM, "AI in Engineering", Courier Int. Ltd., England, 1991.
- [5] LIPPMANN, R.P., 1987, "An Introduction to Computing with Neural Nets", IEEE Asp Magazine, vol.4, pp.4-24.
- [6] TOSUN M., "Geriyansımalı Yapay Sinir Ağının Görüntü Sıkıştırma Kullandırılması", İTÜ, FBE, Y.Lisans Tezi, 1997.
- [7] McCULLOCH, W.S., and PITTS, W., "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity", Bull. Math. Biophysics, Vol. 5, pp. 115-133, 1943.
- [8] MEHRA, P., and BENJAMIN, W.W., "Artificial Neural Networks: Concepts and Theory", IIEE Com. Soc. Press Tutorial, Los Vaqueros, USA, 1992.
- [9] HOPFIELD, J.J., "NNs and Physical System with Emergent Collective Computational Abilities", Proc. Nat'l Academy Science, Vol. 79, pp2254-2258, USA, April, 1982.
- [10] ÖZTEMEL, E., 1996, "Bilgisayarda Öğrenme ve Yapay Sinir Ağları", Otomasyon Dergisi, s.134-140.
- [11] www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html
- [12] KOCABAŞ, Ş., "Yarınlarımıza Yapay Zeka mı Hükmedecek?", Çizgi Üstü, İstanbul, Sayı:1, İstanbul, s.4-7, 1992.
- [13] www.pmsi.fr/neurin2a.htm
- [14] <http://rfhs8012.fh-regensburg.de/%7Eesaj39122/jfroehl/diplom/e-index.html>

- [15] İSTANBUL DEMİR ÇELİK İHRACATÇILARI BİRLİĞİ, “2006 Çalışma Raporu”, İstanbul, s.5-10
- [16] <http://school.discovery.com/homeworkhelp/worldbook/atozpictures/1r001602.html>
- [17] <http://www.schoolscience.co.uk/content/4/chemistry/steel/msch4pg1.html>
- [18] Training Seminar, British Steel Plc, Sheffield-UK, 1990.
- [19] ÖZTÜRK, M., KUZGUN, E., “Sürekli Bir Üretim Tipi Olarak Çelik Üretim Yöntemlerinden Bazı Oksijen Fırınlarında Kompüter Modellendirme ve Simülasyonu”, İ.T.Ü. Bitirme Ödevi, 1984, İstanbul
- [20] YANKE, D., NEUHOF, G., GUTTE, H., SCHULTZ, T., “Freiberg Mining Academy”, Institute of Iron and Steel Technology, Technical University, Germany, Steel in Translation, Vol:29, No:12, Allerton Pres, Inc./New York, 2001
- [21] PEHLKE, R.D., HALL, D.L., “Fundamentals of Control System Design for the Basic Oxygen Process”, p:296-297, AIME, 1996
- [22] KATSURA, K., ISOBE, K., HAOKA, T., “Computer Control of the Basic Oxygen Process”, Nippon Kokan K.K. Japan Steel Tube Corporation, 1996
- [23] YÜKSEL, İ., “MATLAB ile Mühendislik Sistemlerinin Analizi ve Çözümü”, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 1996
- [24] MILLER, T.W., JIMENEZ, J., SHARAN, A., GOLDSTEIN, D.A., “The AISE Steel Foundation”, p:515, Pittsburgh, 1998
- [25] YILDIZ, Ö., “Döviz Kuru Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, 2006, Eskişehir
- [26] ÖZTEMEL, E., “Yapay Sinir Ağları”, Papatya Yayıncılık, Ağustos 2003
- [27] FIRAT, M., GÜNGÖR M., “Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi”, İMO Teknik Dergi, 2004, Yazı 219
- [28] MATLAB, Yardım Dosyaları
- [29] COX, I.J., LEWIS, R.W., RANSING, R.S., LASZCZEWSKI, H., BERNI, G., “Application of Neural Computing in Basic Oxygen Steelmaking” January”, 2002.
- [30] FILETI, A.M.F., PACIANOTTO, T.A., CUNHA, A.P., “Neural Modeling Helps the BOS Process to Achieve Aiming End-Point Conditions In Liquid Steel”, Brazil, July, 2005.

EKLER

EK-A: Girdi Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler

EK-B: Çıktı Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler

EK-C: 50 Adet Verinin Gerçek ve Tahmin Edilmiş Değerleri

EK-D: “Çelikteki %C” Verisinin Gerçek ve Tahmin Edilmiş Değerleri

EK-A: Girdi Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler

GİRDİLER										
No	Sıvı Metalin Sıcaklığı (°C)	Üfleme Sonu Oksijen Miktarı(ppm)	Toplam Şarj Ağırlığı (kg)	Banyo Yüksekliği (cm)	Üfleme Sonu Sıcaklık (°C)	Sıvı Metaldeki %C	Sıvı Metaldeki %Mn	Sıvı Metaldeki %P	Sıvı Metaldeki %S	Sıvı Metaldeki %Si
1	1,367	625	120,815	220	1,675	4,4422	0,7251	0,0963	0,0114	0,6330
2	1,392	1,308	124,108	220	1,689	4,4493	0,4999	0,0911	0,0185	0,3359
3	1,380	874	104,774	210	1,667	4,4870	1,1900	0,1123	0,0091	0,4258
4	1,364	941	120,441	220	1,686	4,4499	0,5183	0,0960	0,0196	0,3549
5	1,395	747	123,147	220	1,679	4,3840	0,5670	0,0895	0,0124	0,4712
6	1,358	1,137	123,639	220	1,704	4,2300	0,5760	0,0893	0,0113	0,4790
7	1,360	853	121,253	220	1,663	4,3440	0,5680	0,0890	0,0099	0,4659
8	1,360	1,147	123,647	220	1,700	4,4190	0,5790	0,0852	0,0075	0,4888
9	1,406	587	123,587	220	1,658	4,3587	1,0428	0,1084	0,0089	0,3062
10	1,389	946	125,690	220	1,719	4,4327	0,9300	0,1064	0,0090	0,3451
11	1,352	913	121,113	220	1,676	4,4900	0,6360	0,0833	0,0051	0,5302
12	1,362	780	118,580	220	1,679	4,2022	1,0997	0,1154	0,0100	0,1771
13	1,340	659	113,859	215	1,664	4,4593	0,8015	0,0968	0,0067	0,3838
14	1,365	792	115,892	210	1,687	4,4266	0,8561	0,0961	0,0078	0,6696
15	1,387	1,099	123,499	210	1,673	4,4820	0,5890	0,0937	0,0150	0,7285
16	1,376	772	108,572	204	1,648	4,4930	1,2070	0,1107	0,0094	0,3886
17	1,378	831	123,431	211	1,672	4,4733	0,8776	0,0987	0,0100	0,4603
18	1,372	869	124,969	213	1,677	4,4636	0,7072	0,0966	0,0139	0,3890
19	1,388	949	123,549	213	1,706	4,5180	1,1110	0,1051	0,0122	0,4602
20	1,382	1,600	118,100	213	1,706	4,5220	1,1900	0,1116	0,0093	0,4245
21	1,383	666	121,668	213	1,697	4,5441	1,0567	0,1064	0,0097	0,4478
22	1,375	1,144	115,344	213	1,670	4,5093	0,6182	0,0954	0,0160	0,3482
23	1,379	1,114	117,702	213	1,718	4,4946	0,8979	0,1048	0,0332	0,3477
24	1,325	775	123,375	210	1,675	4,2839	0,7930	0,0985	0,0109	0,3765
25	1,390	916	124,116	205	1,677	4,3480	0,5710	0,0892	0,0094	0,4809
26	1,381	944	122,344	206	1,679	4,5230	0,5760	0,0912	0,0099	0,4912
27	1,395	514	110,514	205	1,689	4,4300	1,0330	0,1051	0,0095	0,2974
28	1,394	555	115,355	206	1,666	4,4143	0,9831	0,1015	0,0094	0,3239
29	1,400	762	123,162	205	1,687	4,2400	1,1980	0,1051	0,0112	0,3263
30	1,358	912	121,112	206	1,691	4,2900	0,5040	0,0952	0,0202	0,2132
31	1,367	597	123,697	205	1,679	4,3710	0,5750	0,0821	0,0088	0,4698
32	1,387	657	123,157	205	1,679	4,4000	1,1020	0,1201	0,0140	0,1869
33	1,376	1,041	122,541	205	1,696	4,4470	0,6250	0,0897	0,0139	0,5394
34	1,342	1,012	116,712	205	1,676	4,4500	1,1020	0,1149	0,0159	0,1873
35	1,382	964	121,064	205	1,683	4,3910	0,6320	0,0839	0,0055	0,5275
36	1,355	1,024	123,924	210	1,686	4,2900	0,5400	0,0857	0,0091	0,4106
37	1,347	822	125,322	210	1,673	4,4300	1,0693	0,1082	0,0062	0,2543
38	1,345	1,068	121,968	210	1,709	4,4240	0,9980	0,1115	0,0067	0,2311
39	1,341	1,114	120,714	210	1,699	4,4500	0,6315	0,0824	0,0063	0,5185
40	1,360	688	118,988	241	1,666	4,4240	0,7290	0,0962	0,0068	0,4423
41	1,386	711	121,811	241	1,709	4,4435	1,0324	0,1042	0,0072	0,2211
42	1,367	822	121,922	240	1,706	4,4680	1,0500	0,1092	0,0074	0,3405

43	1,332	508	116,908	240	1,648	4,4790	1,2030	0,1164	0,0096	0,2273
44	1,396	715	118,715	240	1,679	4,3880	0,6320	0,0966	0,0078	0,5228
45	1,392	740	119,740	240	1,704	4,5100	1,1895	0,1159	0,0089	0,2954
46	1,376	816	122,416	241	1,696	4,5400	1,0820	0,1124	0,0439	0,2256
47	1,392	724	123,524	240	1,677	4,4260	0,5670	0,0940	0,0162	0,2522
48	1,356	641	121,641	240	1,665	4,4110	0,6570	0,0973	0,0165	0,2878
49	1,335	421	118,625	240	1,633	4,2720	0,5540	0,0988	0,0155	0,3640
50	1,358	603	120,803	241	1,677	4,4829	1,0792	0,1015	0,0235	0,3561
51	1,375	476	127,190	241	1,665	4,4870	1,0770	0,1115	0,0098	0,3547
52	1,326	631	120,431	240	1,682	3,8840	0,9280	0,1169	0,0212	0,1385
53	1,354	714	123,214	240	1,654	4,3419	0,6494	0,0998	0,0212	0,2766
54	1,398	479	123,879	237	1,683	4,2880	0,5690	0,0918	0,0147	0,3156
55	1,380	633	119,033	239	1,707	3,9550	0,6610	0,1094	0,0115	0,1106
56	1,353	847	119,947	236	1,698	4,3218	1,1250	0,1180	0,0093	0,3189
57	1,381	802	123,102	240	1,683	4,4221	0,7927	0,0978	0,0068	0,4504
58	1,376	467	123,367	240	1,681	4,3972	0,8018	0,0983	0,0066	0,4269
59	1,360	563	118,063	239	1,681	4,4270	1,1570	0,1197	0,0066	0,3575
60	1,396	653	124,753	239	1,687	4,5430	0,7010	0,0918	0,0072	0,4382
61	1,368	730	119,930	239	1,682	4,4530	0,6770	0,0920	0,0065	0,4832
62	1,370	717	115,417	238	1,703	4,4969	0,8599	0,1092	0,0084	0,5006
63	1,363	675	121,575	240	1,671	4,3740	0,6810	0,0915	0,0071	0,4998
64	1,350	560	121,460	240	1,682	4,4200	0,6820	0,0897	0,0069	0,4876
65	1,370	779	123,679	215	1,686	4,4050	0,9940	0,1119	0,0103	0,2427
66	1,379	547	121,247	222	1,689	4,4600	0,6280	0,0917	0,0070	0,5083
67	1,401	516	120,716	222	1,675	4,4312	0,9995	0,1128	0,0096	0,2386
68	1,404	622	122,522	222	1,703	4,5140	0,6150	0,0929	0,0158	0,4808
69	1,379	470	121,570	222	1,677	4,5010	1,1110	0,1088	0,0077	0,2772
70	1,396	642	123,142	222	1,698	4,4807	1,0188	0,1093	0,0078	0,3653
71	1,384	757	123,057	222	1,681	4,4400	0,5710	0,0901	0,0135	0,2546
72	1,390	846	126,246	222	1,711	4,4340	0,5700	0,0900	0,0124	0,2477
73	1,390	552	121,352	222	1,690	4,4380	1,1116	0,1131	0,0102	0,2570
74	1,360	439	114,539	220	1,644	4,3400	0,5780	0,0950	0,0166	0,3279
75	1,390	573	123,173	220	1,669	4,2920	0,6540	0,0914	0,0121	0,5322
76	1,375	547	121,147	210	1,685	4,4593	0,6229	0,0937	0,0492	0,5012
77	1,413	683	126,483	210	1,699	4,4100	0,6460	0,0892	0,0142	0,6321
78	1,395	571	122,471	215	1,696	3,9540	0,6590	0,1078	0,0093	0,1085
79	1,379	798	124,498	215	1,698	4,4390	0,7480	0,0893	0,0100	0,4819
80	1,376	579	117,679	215	1,680	4,3920	0,6810	0,0922	0,0063	0,4932
81	1,374	750	115,150	215	1,700	4,3866	0,9843	0,1090	0,0071	0,3470
82	1,372	632	122,732	215	1,681	4,3880	0,9870	0,1091	0,0076	0,4065
83	1,390	519	121,319	215	1,695	4,4680	0,9910	0,1072	0,0072	0,4101
84	1,385	736	115,649	215	1,714	4,5770	1,1090	0,1066	0,0062	0,4921
85	1,338	613	118,313	220	1,678	4,3740	0,6470	0,0893	0,0133	0,2889
86	1,370	411	122,511	220	1,648	4,3780	0,9880	0,1093	0,0076	0,4067
87	1,350	1,076	120,276	204	1,674	4,4590	0,6310	0,0814	0,0059	0,5182
88	1,379	781	119,381	205	1,693	4,4658	1,0094	0,1133	0,0116	0,2398
89	1,414	636	120,836	205	1,665	4,4207	0,9982	0,1115	0,0071	0,2307
90	1,322	1,310	122,059	205	1,736	4,4130	0,6730	0,0954	0,0162	0,4847
91	1,379	726	119,326	205	1,668	4,4456	0,5831	0,0896	0,0097	0,3785
92	1,403	798	122,798	205	1,672	4,4640	1,2260	0,1211	0,0107	0,2829
93	1,380	1,039	118,039	205	1,705	4,4598	0,8282	0,1013	0,0116	0,2634

94	1,377	996	122,596	205	1,701	4,4394	0,8419	0,1024	0,0115	0,2796
95	1,354	1,009	122,009	205	1,666	4,4470	0,9950	0,1111	0,0098	0,2317
96	1,364	823	124,023	204	1,685	4,3790	1,1030	0,1180	0,0096	0,1747
97	1,345	885	119,485	201	1,686	4,2763	0,5577	0,0946	0,0131	0,3395
98	1,354	1,049	121,408	204	1,700	4,2967	0,5653	0,0929	0,0131	0,3256
99	1,393	923	124,823	201	1,681	4,3618	0,6953	0,0979	0,0107	0,3258
100	1,355	797	115,397	204	1,673	4,2257	0,6563	0,1067	0,0166	0,1193
101	1,370	1,105	122,605	205	1,691	4,2220	0,8900	0,1181	0,0124	0,2105
102	1,384	665	121,365	204	1,678	4,4350	1,1450	0,1125	0,0101	0,3766
103	1,364	562	118,262	204	1,685	4,4630	0,9754	0,1082	0,0075	0,4022
104	1,352	423	120,548	204	1,675	4,3630	0,9970	0,1058	0,0071	0,4210
105	1,390	961	123,961	204	1,695	4,3480	0,6770	0,0926	0,0069	0,4853
106	1,342	1,175	109,032	204	1,712	4,5640	1,0620	0,1164	0,0070	0,5071
107	1,354	956	120,856	204	1,693	4,3552	0,9825	0,1080	0,0074	0,4047
108	1,397	555	125,155	240	1,681	4,5000	0,6790	0,0908	0,0067	0,4866
109	1,392	678	118,878	239	1,713	4,3128	0,8369	0,0986	0,0082	0,3867
110	1,366	774	122,074	248	1,692	4,3277	0,9266	0,1076	0,0062	0,3437
111	1,311	688	116,588	242	1,682	4,2990	0,7410	0,1055	0,0333	0,4664
112	1,368	716	124,316	242	1,691	4,3616	0,8536	0,1033	0,0112	0,4198
113	1,368	547	120,747	243	1,667	4,4425	0,9265	0,1091	0,0056	0,3532
114	1,370	712	120,212	242	1,684	4,2710	0,7700	0,1023	0,0113	0,3725
115	1,363	580	119,580	242	1,675	4,2145	0,9265	0,1072	0,0070	0,3433
116	1,369	641	119,641	243	1,713	4,3200	0,8850	0,1033	0,0104	0,5071
117	1,420	628	121,114	242	1,693	4,2480	1,1600	0,1065	0,0079	0,6037
118	1,408	477	122,353	242	1,656	4,4116	0,8318	0,0942	0,0065	0,5794
119	1,399	503	122,203	242	1,689	4,3990	0,8980	0,0983	0,0082	0,5097
120	1,378	447	122,547	243	1,669	4,4920	1,0010	0,1069	0,0083	0,2421
121	1,405	584	117,284	243	1,683	4,4710	0,8890	0,0926	0,0070	0,4935
122	1,386	561	115,661	242	1,689	4,3450	0,8590	0,0936	0,0070	0,5189
123	1,407	591	120,991	241	1,689	4,3160	0,8510	0,0917	0,0087	0,5892
124	1,418	696	123,196	242	1,685	4,4530	0,9370	0,1035	0,0088	0,3273
125	1,397	567	120,867	242	1,706	4,4161	0,9198	0,0918	0,0075	0,5493
126	1,390	534	119,534	242	1,671	4,4640	0,9310	0,1005	0,0091	0,3286
127	1,372	927	119,027	242	1,694	4,4500	0,9380	0,1032	0,0074	0,2609
128	1,377	698	120,798	242	1,677	4,4668	0,8249	0,0888	0,0097	0,4541
129	1,364	912	119,212	242	1,697	4,4588	0,7674	0,0922	0,0127	0,3054
130	1,358	610	123,210	220	1,669	4,4770	0,9900	0,1038	0,0087	0,4104
131	1,405	669	117,369	220	1,682	4,2971	0,6770	0,0909	0,0067	0,4833
132	1,382	593	118,793	220	1,680	4,3775	0,9230	0,1034	0,0084	0,3367
133	1,364	589	121,889	220	1,675	4,4870	0,9230	0,1038	0,0064	0,3442
134	1,363	543	112,143	220	1,714	4,3038	0,9256	0,1068	0,0067	0,3445
135	1,350	860	114,560	220	1,688	4,2920	0,7370	0,0991	0,0145	0,4225
136	1,361	549	122,449	220	1,699	4,4730	0,6780	0,0946	0,0173	0,6038
137	1,371	688	119,288	220	1,699	4,4330	0,9530	0,1057	0,0122	0,2698
138	1,415	693	123,393	220	1,692	4,2910	1,0800	0,1100	0,0075	0,3112
139	1,399	676	118,276	220	1,683	4,4248	0,8438	0,0928	0,0076	0,5622
140	1,375	620	120,320	220	1,679	4,4361	1,0592	0,1080	0,0076	0,2901
141	1,387	769	123,069	220	1,689	4,3516	1,0361	0,1091	0,0081	0,2691
142	1,415	849	118,949	220	1,684	4,4720	1,0200	0,1069	0,0119	0,2594
143	1,422	777	123,977	220	1,689	4,4226	0,8770	0,0978	0,0076	0,5096
144	1,389	630	126,130	220	1,663	4,4830	0,9160	0,0932	0,0097	0,6087

145	1,385	629	124,729	217	1,710	4,3950	0,9260	0,1020	0,0091	0,3248
146	1,398	482	122,182	217	1,690	4,3240	0,9190	0,0952	0,0077	0,5998
147	1,377	681	121,781	222	1,693	4,4420	0,9430	0,0950	0,0072	0,3329
148	1,367	798	122,198	205	1,673	4,1890	0,6000	0,0933	0,0128	0,3198
149	1,381	832	117,632	204	1,688	4,4000	0,9230	0,1061	0,0059	0,3402
150	1,358	967	119,167	204	1,691	4,2440	0,7190	0,0985	0,0103	0,4199
151	1,363	726	123,626	204	1,687	4,3010	0,9249	0,1058	0,0078	0,3446
152	1,370	1,018	119,318	204	1,693	4,4530	0,9230	0,1102	0,0060	0,3463
153	1,358	1,109	121,009	204	1,703	4,3434	0,9260	0,1044	0,0082	0,3463
154	1,378	976	114,276	203	1,678	4,0160	0,7370	0,1121	0,0110	0,4156
155	1,383	923	120,423	203	1,685	4,3730	1,0000	0,1073	0,0075	0,2391
156	1,395	1,018	120,418	198	1,668	4,3520	0,9990	0,1080	0,0076	0,2383
157	1,381	1,016	124,216	203	1,695	4,3448	1,0288	0,1086	0,0078	0,2656
158	1,417	840	122,640	203	1,683	4,4140	0,8530	0,0972	0,0071	0,5986
159	1,409	522	121,422	203	1,703	4,4512	0,8979	0,0954	0,0086	0,5428
160	1,378	810	124,710	204	1,689	4,3250	0,9320	0,1054	0,0085	0,3320
161	1,389	666	127,066	203	1,692	4,5191	0,8904	0,0958	0,0080	0,4885
162	1,378	549	122,149	242	1,677	4,5030	0,8850	0,0929	0,0068	0,4967
163	1,350	709	119,609	241	1,704	4,3570	0,8780	0,0938	0,0113	0,5176
164	1,363	540	119,540	241	1,633	4,4070	0,8810	0,0933	0,0098	0,5179
165	1,395	711	125,311	241	1,682	4,2300	0,7370	0,1005	0,0152	0,0920
166	1,380	577	123,077	242	1,661	4,3320	0,6830	0,0940	0,0122	0,5167
167	1,370	680	120,380	241	1,707	1,6753	0,3370	0,0364	0,0036	0,1941
168	1,377	496	121,920	241	1,680	4,4747	0,8264	0,0941	0,0106	0,3948
169	1,343	763	119,463	241	1,696	4,3010	0,9313	0,1014	0,0080	0,1164
170	1,350	436	120,949	241	1,664	4,3277	0,8745	0,1039	0,0539	0,3313
171	1,359	460	107,160	240	1,681	4,3561	0,8638	0,0909	0,0071	0,5426
172	1,348	607	120,007	240	1,692	4,3461	0,9200	0,1011	0,0119	0,2404
173	1,364	607	121,907	241	1,679	4,4140	0,7380	0,0956	0,0145	0,3638
174	1,344	629	122,129	242	1,661	4,3280	0,9280	0,1026	0,0153	0,2439
175	1,356	520	122,220	240	1,673	4,3230	0,8860	0,1011	0,0162	0,2501
176	1,345	568	120,268	240	1,658	4,4360	0,7570	0,0893	0,0097	0,5534
177	1,397	645	120,863	240	1,696	4,4110	0,8770	0,0861	0,0053	0,5854
178	1,369	486	121,486	240	1,680	4,2808	0,8332	0,0909	0,0088	0,4496
179	1,380	640	121,640	241	1,684	4,3030	0,9000	0,0959	0,0081	0,2733
180	1,400	527	121,127	240	1,671	4,5310	0,8310	0,0926	0,0095	0,7378
181	1,404	575	121,675	242	1,688	4,4980	0,8340	0,0938	0,0071	0,7418
182	1,345	849	118,249	222	1,698	4,2810	0,6530	0,0972	0,0109	0,1480
183	1,377	634	122,443	222	1,684	4,4912	0,8653	0,0909	0,0097	0,4925
184	1,360	824	114,924	222	1,675	4,4610	0,8810	0,0959	0,0116	0,5303
185	1,357	873	121,973	222	1,704	4,1442	0,8129	0,0985	0,0111	0,3193
186	1,358	619	111,219	222	1,716	3,9032	0,7326	0,1039	0,0135	0,0889
187	1,366	535	122,935	225	1,701	4,4100	0,8790	0,0952	0,0099	0,5190
188	1,354	636	123,936	225	1,709	4,3980	0,8820	0,0958	0,0095	0,5146
189	1,385	477	118,877	225	1,672	4,4500	0,8780	0,0944	0,0103	0,5114
190	1,376	724	123,224	225	1,693	4,3417	0,6797	0,0921	0,0122	0,5185
191	1,386	598	123,698	225	1,673	3,9480	0,7340	0,1001	0,0120	0,0871
192	1,386	665	123,765	228	1,669	3,8960	0,7350	0,1048	0,0157	0,0902
193	1,382	709	122,209	235	1,684	4,4270	0,8700	0,0924	0,0061	0,5657
194	1,337	604	106,604	225	1,681	4,3920	0,7920	0,0925	0,0115	0,3776
195	1,339	599	118,299	235	1,683	4,3539	0,8867	0,0981	0,0118	0,2751

196	1,353	701	121,101	220	1,673	4,5360	0,8680	0,0968	0,0066	0,5573
197	1,370	687	124,487	219	1,676	4,5193	1,0385	0,0988	0,0380	0,4475
198	1,343	517	119,217	219	1,667	4,2940	0,9100	0,0896	0,0100	0,5956
199	1,357	608	122,308	219	1,661	4,3650	0,7830	0,0898	0,0079	0,4587
200	1,382	539	121,439	219	1,660	4,3190	0,8270	0,0895	0,0101	0,5244
201	1,365	442	120,942	219	1,678	4,3567	0,8779	0,0953	0,0103	0,3123
202	1,381	602	119,402	219	1,662	4,2717	0,9416	0,0960	0,0118	0,2096
203	1,383	527	125,327	220	1,673	4,4590	0,8750	0,1064	0,0115	0,2679
204	1,366	604	119,304	219	1,677	4,4700	0,8240	0,1143	0,0215	0,1965
205	1,321	486	117,886	203	1,651	4,2980	0,6530	0,0949	0,0119	0,1512
206	1,358	974	123,074	203	1,678	4,4480	0,9420	0,1000	0,0087	0,3363
207	1,392	1,148	111,148	203	1,696	4,4747	0,8257	0,0930	0,0104	0,3925
208	1,413	709	120,509	197	1,671	4,3500	0,9210	0,1028	0,0133	0,2361
209	1,373	1,207	115,807	202	1,694	4,3877	0,8544	0,0955	0,0143	0,3725
210	1,356	851	118,251	203	1,679	4,4039	0,9749	0,0999	0,0087	0,3288
211	1,371	749	125,149	202	1,678	4,5110	1,0410	0,1001	0,0420	0,4476
212	1,364	865	118,665	205	1,699	4,4410	0,8477	0,0879	0,0084	0,6844
213	1,371	943	124,043	204	1,680	4,0000	0,9610	0,0968	0,0073	0,2514
214	1,350	906	126,106	204	1,690	4,3810	0,8230	0,0820	0,0092	0,6036
215	1,354	856	120,756	204	1,662	4,4000	0,8870	0,0966	0,0120	0,2361
216	1,412	1,092	123,192	204	1,696	4,4528	0,8405	0,0887	0,0057	0,7394
217	1,386	780	110,780	204	1,693	4,5300	0,8550	0,1080	0,0154	0,2912
218	1,373	542	123,642	240	1,670	4,3700	0,9300	0,1032	0,0134	0,1978
219	1,396	595	119,195	240	1,678	4,4974	0,8983	0,1034	0,0102	0,4258
220	1,405	519	119,019	240	1,693	4,2550	0,7350	0,1084	0,0144	0,0886
221	1,408	562	118,562	240	1,683	4,4030	1,0360	0,1080	0,0094	0,2982
222	1,400	458	122,858	240	1,662	4,4320	0,8790	0,0966	0,0079	0,6403
223	1,398	627	114,127	240	1,703	4,3400	1,0330	0,1085	0,0088	0,2975
224	1,399	596	120,496	240	1,680	4,4547	0,9365	0,1071	0,0124	0,4263
225	1,395	465	122,065	240	1,684	4,4490	0,9490	0,1082	0,0161	0,3212
226	1,395	737	121,637	240	1,698	4,3540	0,8260	0,0914	0,0076	0,7329
min	1,311	411	104,774	197	1,633	1,6753	0,3370	0,0364	0,0036	0,0871
max	1,422	1,600	127,190	248	1,736	4,5770	1,2260	0,1211	0,0539	0,7418

EK-B: Çıktı Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler

ÇIKTILAR								
No	Çelikteki Oksijen Seviyesi (ppm)	Döküm Ağırlığı (kg)	Çelikteki Son Sıcaklık (°C)	Çelikteki %C	Çelikteki %Mn	Çelikteki %P	Çelikteki %S	Çelikteki %Si
1	625	120,190	1,675	0,0379	0,0838	0,0053	0,0120	0,0201
2	1,308	122,800	1,689	0,0271	0,1085	0,0093	0,0112	0,0013
3	874	103,900	1,667	0,0361	0,2123	0,0100	0,0091	0,0003
4	941	119,500	1,686	0,0302	0,0976	0,0054	0,0079	0,0068
5	747	122,400	1,679	0,0285	0,1453	0,0078	0,0086	0,0013
6	1,139	122,500	1,704	0,0271	0,1752	0,0117	0,0131	0,0007
7	853	120,400	1,663	0,0414	0,0918	0,0062	0,0133	0,0060
8	1,147	122,500	1,700	0,0377	0,0798	0,0067	0,0121	0,0076
9	587	123,000	1,658	0,0468	0,2301	0,0103	0,0071	0,0029
10	590	125,100	1,644	0,0433	0,2273	0,0106	0,0081	0,0040
11	913	120,200	1,676	0,0295	0,0621	0,0053	0,0091	0,0148
12	780	117,800	1,679	0,0456	0,1279	0,0081	0,0072	0,0029
13	659	113,200	1,664	0,0320	0,0966	0,0056	0,0081	0,0289
14	792	115,100	1,687	0,0551	0,1127	0,0053	0,0103	0,0004
15	1,099	122,400	1,673	0,0318	0,1355	0,0115	0,0127	0,0006
16	772	107,800	1,648	0,0417	0,1158	0,0061	0,0074	0,0017
17	831	122,600	1,672	0,0485	0,0970	0,0064	0,0089	0,0070
18	869	124,100	1,677	0,0393	0,1828	0,0102	0,0108	0,0007
19	949	122,600	1,706	0,0354	0,1582	0,0089	0,0073	0,0009
20	1,500	116,600	1,697	0,0274	0,1444	0,0104	0,0061	0,0005
21	666	121,002	1,697	0,0646	0,2099	0,0106	0,0092	0,0007
22	1,144	114,200	1,670	0,0368	0,1249	0,0076	0,0123	0,0006
23	902	116,800	1,696	0,0403	0,1421	0,0089	0,0053	0,0079
24	775	122,600	1,675	0,0686	0,1334	0,0082	0,0080	0,0086
25	916	123,200	1,677	0,0483	0,1646	0,0112	0,0132	0,0019
26	944	121,400	1,679	0,0385	0,1560	0,0102	0,0171	0,0004
27	514	110,000	1,689	0,1174	0,1664	0,0073	0,0072	0,0008
28	555	114,800	1,666	0,0512	0,1940	0,0096	0,0080	0,0040
29	762	122,400	1,687	0,0591	0,2214	0,0106	0,0084	0,0030
30	912	120,200	1,691	0,0431	0,1591	0,0089	0,0151	0,0012
31	597	123,100	1,679	0,0536	0,1688	0,0098	0,0171	0,0017
32	657	122,500	1,679	0,0518	0,2194	0,0090	0,0081	0,0024
33	1,041	121,500	1,696	0,0366	0,1698	0,0085	0,0045	0,0005
34	1,012	115,700	1,676	0,0411	0,1421	0,0075	0,0081	0,0027
35	964	120,100	1,683	0,0358	0,1320	0,0084	0,0102	0,0020
36	1,024	122,900	1,686	0,0363	0,1435	0,0075	0,0091	0,0007
37	822	124,500	1,673	0,0396	0,1380	0,0079	0,0073	0,0020
38	1,068	120,900	1,709	0,0440	0,1190	0,0092	0,0090	0,0060
39	1,114	119,600	1,699	0,0558	0,0811	0,0071	0,0161	0,0097
40	688	118,300	1,666	0,0409	0,1060	0,0062	0,0061	0,0098
41	711	121,100	1,709	0,0319	0,1854	0,0093	0,0061	0,0037
42	822	121,100	1,706	0,0311	0,1740	0,0099	0,0072	0,0102
43	508	116,400	1,648	0,0324	0,2045	0,0081	0,0062	0,0008

44	715	118,000	1,679	0,0347	0,0991	0,0053	0,0079	0,0024
45	740	119,000	1,704	0,0352	0,1631	0,0086	0,0065	0,0043
46	816	121,600	1,696	0,0279	0,1521	0,0085	0,0093	0,0105
47	724	122,800	1,677	0,0377	0,1218	0,0077	0,0131	0,0108
48	641	121,000	1,665	0,0273	0,1137	0,0054	0,0100	0,0011
49	725	117,900	1,674	0,0332	0,0912	0,0054	0,0067	0,0108
50	603	120,200	1,677	0,0304	0,1846	0,0082	0,0054	0,0016
51	690	126,500	1,686	0,0292	0,1560	0,0067	0,0053	0,0020
52	631	119,800	1,682	0,0254	0,1050	0,0060	0,0054	0,0080
53	714	122,500	1,654	0,0262	0,0991	0,0057	0,0058	0,0144
54	479	123,400	1,683	0,0255	0,1755	0,0076	0,0091	0,0008
55	633	118,400	1,707	0,0297	0,2253	0,0102	0,0050	0,0012
56	847	119,100	1,698	0,0282	0,1183	0,0073	0,0059	0,0013
57	802	122,300	1,683	0,0388	0,1514	0,0080	0,0060	0,0103
58	467	122,900	1,681	0,0528	0,1688	0,0073	0,0065	0,0148
59	563	117,500	1,681	0,0329	0,1590	0,0084	0,0053	0,0150
60	653	124,100	1,687	0,0264	0,1802	0,0093	0,0110	0,0015
61	730	119,200	1,682	0,0283	0,1020	0,0055	0,0056	0,0020
62	717	114,700	1,703	0,0210	0,1135	0,0064	0,0064	0,0079
63	675	120,900	1,671	0,0389	0,0963	0,0049	0,0068	0,0233
64	560	120,900	1,682	0,0382	0,1100	0,0046	0,0053	0,1921
65	779	122,900	1,686	0,0266	0,1850	0,0087	0,0071	0,0049
66	547	120,700	1,689	0,0320	0,1285	0,0063	0,0093	0,0058
67	516	120,200	1,675	0,0286	0,1941	0,0078	0,0075	0,0011
68	622	121,900	1,703	0,0201	0,1339	0,0068	0,0090	0,0013
69	470	121,100	1,677	0,0219	0,2041	0,0098	0,0098	0,0010
70	642	122,500	1,698	0,0301	0,2453	0,0119	0,0077	0,0011
71	757	122,300	1,681	0,0291	0,0610	0,0064	0,0122	0,0170
72	846	125,400	1,711	0,0412	0,2588	0,0189	0,0229	0,0010
73	552	120,800	1,690	0,0250	0,1671	0,0080	0,0086	0,0014
74	439	114,100	1,644	0,0467	0,0630	0,0062	0,0061	0,0560
75	573	122,600	1,669	0,0334	0,1145	0,0051	0,0073	0,0178
76	547	120,600	1,685	0,0333	0,2081	0,0110	0,0082	0,0012
77	683	125,800	1,699	0,0215	0,2281	0,0147	0,0128	0,0010
78	571	121,900	1,696	0,0225	0,1947	0,0110	0,0064	0,0145
79	798	123,700	1,698	0,0290	0,1495	0,0081	0,0087	0,0163
80	579	117,100	1,680	0,0289	0,1214	0,0069	0,0053	0,0010
81	750	114,400	1,700	0,0322	0,1608	0,0098	0,0057	0,0092
82	632	122,100	1,681	0,0251	0,2141	0,0102	0,0076	0,0004
83	519	120,800	1,695	0,0294	0,2200	0,0102	0,0055	0,0020
84	749	114,900	1,695	0,0287	0,1960	0,0114	0,0062	0,0020
85	613	117,700	1,678	0,0313	0,0830	0,0062	0,0055	0,0160
86	411	122,100	1,648	0,0298	0,1900	0,0101	0,0071	0,0101
87	1,076	119,200	1,674	0,0338	0,0707	0,0063	0,0144	0,0083
88	781	118,600	1,693	0,0514	0,0900	0,0075	0,0087	0,0090
89	636	120,200	1,665	0,0534	0,2137	0,0099	0,0099	0,0056
90	1,159	120,900	1,708	0,0359	0,1277	0,0099	0,0133	0,0017
91	726	118,600	1,668	0,0547	0,0939	0,0065	0,0114	0,0071
92	798	122,000	1,672	0,0465	0,1995	0,0114	0,0108	0,0010
93	1,039	117,000	1,705	0,0475	0,1315	0,0087	0,0096	0,0033
94	996	121,600	1,701	0,0530	0,1392	0,0094	0,0129	0,0041

95	1,009	121,000	1,666	0,0326	0,1923	0,0120	0,0084	0,0029
96	823	123,200	1,685	0,0402	0,2518	0,0138	0,0070	0,0011
97	885	118,600	1,686	0,0566	0,0953	0,0070	0,0071	0,0059
98	1,049	120,359	1,700	0,0520	0,0770	0,0077	0,0130	0,0060
99	923	123,900	1,681	0,0412	0,1160	0,0072	0,0095	0,0020
100	797	114,600	1,673	0,0449	0,1041	0,0071	0,0070	0,0012
101	1,105	121,500	1,691	0,0308	0,1171	0,0077	0,0077	0,0009
102	665	120,700	1,678	0,0602	0,2489	0,0121	0,0076	0,0037
103	562	117,700	1,685	0,0777	0,1678	0,0077	0,0090	0,0009
104	617	119,931	1,681	0,0977	0,1859	0,0082	0,0071	0,0016
105	961	123,000	1,695	0,0394	0,1965	0,0146	0,0121	0,0004
106	932	108,100	1,688	0,0330	0,1260	0,0065	0,0055	0,0010
107	956	119,900	1,693	0,0387	0,1810	0,0094	0,0083	0,0060
108	555	124,600	1,681	0,0316	0,1399	0,0068	0,0103	0,0030
109	678	118,200	1,713	0,0445	0,1612	0,0080	0,0069	0,0052
110	774	121,300	1,692	0,0363	0,1371	0,0077	0,0069	0,0098
111	688	115,900	1,682	0,0331	0,0941	0,0057	0,0056	0,0203
112	716	123,600	1,691	0,0294	0,1632	0,0090	0,0079	0,0031
113	547	120,200	1,667	0,0361	0,1361	0,0075	0,0068	0,0129
114	712	119,500	1,684	0,0237	0,1306	0,0081	0,0082	0,0143
115	580	119,000	1,675	0,0364	0,1100	0,0046	0,0062	0,0110
116	641	119,000	1,713	0,0351	0,1877	0,0087	0,0061	0,0010
117	628	120,486	1,693	0,0232	0,1270	0,0074	0,0056	0,0080
118	653	121,700	1,684	0,0331	0,1499	0,0064	0,0061	0,0033
119	503	121,700	1,689	0,0288	0,1800	0,0074	0,0072	0,0020
120	447	122,100	1,669	0,0329	0,2035	0,0095	0,0075	0,0057
121	584	116,700	1,683	0,0193	0,1554	0,0076	0,0081	0,0009
122	561	115,100	1,689	0,0337	0,1210	0,0060	0,0060	0,0040
123	591	120,400	1,689	0,0313	0,1200	0,0070	0,0060	0,0030
124	696	122,500	1,685	0,0258	0,1903	0,0092	0,0048	0,0007
125	567	120,300	1,706	0,0315	0,1616	0,0075	0,0050	0,0079
126	534	119,000	1,671	0,0381	0,1379	0,0061	0,0060	0,0025
127	927	118,100	1,694	0,0254	0,1241	0,0081	0,0068	0,0046
128	698	120,100	1,677	0,0268	0,1167	0,0061	0,0055	0,0087
129	912	118,300	1,697	0,0315	0,0730	0,0061	0,0062	0,0120
130	610	122,600	1,669	0,0312	0,1833	0,0087	0,0069	0,0081
131	669	116,700	1,682	0,0284	0,1114	0,0059	0,0062	0,0016
132	593	118,200	1,680	0,0194	0,1210	0,0051	0,0052	0,0020
133	589	121,300	1,675	0,0235	0,2040	0,0088	0,0060	0,0040
134	543	111,600	1,714	0,0294	0,1606	0,0080	0,0088	0,0068
135	860	113,700	1,688	0,0269	0,1095	0,0068	0,0125	0,0006
136	549	121,900	1,699	0,0251	0,1449	0,0068	0,0075	0,0091
137	688	118,600	1,699	0,0288	0,1868	0,0120	0,0081	0,0114
138	693	122,700	1,692	0,0235	0,2028	0,0119	0,0061	0,0051
139	676	117,600	1,683	0,0191	0,1133	0,0057	0,0051	0,0046
140	620	119,700	1,679	0,0283	0,1388	0,0072	0,0097	0,0062
141	769	122,300	1,689	0,0237	0,1790	0,0100	0,0054	0,0007
142	849	118,100	1,684	0,0307	0,1924	0,0110	0,0073	0,0046
143	777	123,200	1,689	0,0271	0,2198	0,0120	0,0066	0,0009
144	630	125,500	1,663	0,0305	0,1022	0,0059	0,0076	0,0100
145	629	124,100	1,710	0,0254	0,2060	0,0115	0,0052	0,0020

146	482	121,700	1,690	0,0253	0,2050	0,0106	0,0076	0,0020
147	681	121,100	1,693	0,0224	0,1256	0,0074	0,0055	0,0136
148	798	121,400	1,673	0,0576	0,0871	0,0061	0,0082	0,0070
149	832	116,800	1,688	0,0443	0,1907	0,0117	0,0081	0,0039
150	967	118,200	1,691	0,0508	0,1309	0,0084	0,0114	0,0081
151	726	122,900	1,687	0,0581	0,1415	0,0088	0,0089	0,0090
152	1,018	118,300	1,693	0,0498	0,1464	0,0105	0,0128	0,0145
153	1,109	119,900	1,703	0,0357	0,2468	0,0191	0,0101	0,0007
154	976	113,300	1,678	0,0347	0,1261	0,0064	0,0061	0,0007
155	923	119,500	1,685	0,0561	0,1450	0,0086	0,0069	0,0078
156	1,018	119,400	1,668	0,0264	0,1070	0,0067	0,0120	0,0020
157	1,016	123,200	1,695	0,0461	0,1682	0,0091	0,0071	0,0007
158	840	121,800	1,683	0,0452	0,1825	0,0086	0,0071	0,0008
159	522	120,900	1,703	0,0877	0,2199	0,0106	0,0057	0,0006
160	810	123,900	1,689	0,0625	0,1647	0,0094	0,0115	0,0068
161	666	126,400	1,692	0,0468	0,1820	0,0085	0,0058	0,0030
162	549	121,600	1,677	0,0242	0,1247	0,0061	0,0068	0,0188
163	709	118,900	1,704	0,0222	0,1401	0,0065	0,0054	0,0021
164	540	119,000	1,633	0,0267	0,1059	0,0046	0,0058	0,0008
165	711	124,600	1,682	0,0371	0,2876	0,0130	0,0063	0,0019
166	577	122,500	1,661	0,0277	0,1180	0,0060	0,0056	0,0060
167	680	119,700	1,707	0,0251	0,1435	0,0082	0,0071	0,0103
168	496	121,424	1,680	0,0208	0,1765	0,0078	0,0080	0,0013
169	763	118,700	1,696	0,0269	0,1276	0,0069	0,0061	0,0049
170	1,049	119,900	1,716	0,0301	0,1142	0,0057	0,0060	0,0299
171	460	106,700	1,681	0,0392	0,1559	0,0071	0,0099	0,0015
172	607	119,400	1,692	0,0251	0,1830	0,0082	0,0079	0,0012
173	607	121,300	1,679	0,0294	0,1090	0,0060	0,0072	0,0020
174	629	121,500	1,661	0,0283	0,1635	0,0071	0,0124	0,0015
175	520	121,700	1,673	0,0344	0,2083	0,0091	0,0059	0,0015
176	568	119,700	1,658	0,0299	0,1210	0,0051	0,0048	0,0020
177	645	120,218	1,696	0,0204	0,1667	0,0073	0,0050	0,0016
178	486	121,000	1,680	0,0288	0,1380	0,0069	0,0083	0,0120
179	640	121,000	1,684	0,0225	0,1939	0,0100	0,0087	0,0014
180	527	120,600	1,671	0,0329	0,2028	0,0096	0,0066	0,0010
181	575	121,100	1,688	0,0260	0,1883	0,0075	0,0052	0,0016
182	849	117,400	1,698	0,0219	0,0808	0,0053	0,0086	0,0032
183	634	121,809	1,684	0,0166	0,1481	0,0065	0,0054	0,0018
184	824	114,100	1,675	0,0260	0,0616	0,0054	0,0069	0,0010
185	873	121,100	1,704	0,0179	0,0890	0,0057	0,0052	0,0020
186	619	110,600	1,716	0,0193	0,1383	0,0071	0,0053	0,0132
187	535	122,400	1,701	0,0243	0,1482	0,0066	0,0050	0,0012
188	636	123,300	1,709	0,0214	0,1373	0,0066	0,0064	0,0026
189	477	118,400	1,672	0,0251	0,1600	0,0066	0,0075	0,0073
190	724	122,500	1,693	0,0235	0,1504	0,0090	0,0062	0,0030
191	598	123,100	1,673	0,0311	0,2160	0,0098	0,0073	0,0020
192	665	123,100	1,669	0,0251	0,1809	0,0102	0,0093	0,0009
193	709	121,500	1,684	0,0250	0,1329	0,0069	0,0083	0,0073
194	604	106,000	1,681	0,0310	0,1274	0,0068	0,0097	0,0077
195	599	117,700	1,683	0,0354	0,1631	0,0077	0,0063	0,0142
196	701	120,400	1,673	0,0354	0,1140	0,0060	0,0055	0,0360

197	687	123,800	1,676	0,0204	0,1822	0,0088	0,0080	0,0014
198	517	118,700	1,667	0,0251	0,1370	0,0097	0,0086	0,0100
199	608	121,700	1,661	0,0270	0,1551	0,0100	0,0090	0,0033
200	539	120,900	1,660	0,0252	0,1617	0,0086	0,0076	0,0067
201	442	120,500	1,678	0,0284	0,1779	0,0088	0,0076	0,0191
202	602	118,800	1,662	0,0286	0,1565	0,0067	0,0065	0,0022
203	527	124,800	1,673	0,0359	0,2400	0,0154	0,0101	0,0044
204	604	118,700	1,677	0,0289	0,1505	0,0094	0,0098	0,0219
205	486	117,400	1,651	0,0475	0,0685	0,0054	0,0054	0,0008
206	974	122,100	1,678	0,0640	0,0802	0,0094	0,0097	0,0070
207	1,148	110,000	1,696	0,0359	0,0930	0,0087	0,0121	0,0060
208	709	119,800	1,671	0,0714	0,0976	0,0067	0,0084	0,0080
209	1,207	114,600	1,694	0,0305	0,1524	0,0113	0,0099	0,0009
210	851	117,400	1,679	0,0484	0,1884	0,0115	0,0077	0,0028
211	749	124,400	1,678	0,0492	0,2350	0,0116	0,0067	0,0071
212	865	117,800	1,699	0,0450	0,0840	0,0060	0,0076	0,0060
213	943	123,100	1,680	0,0564	0,1369	0,0097	0,0059	0,0107
214	906	125,200	1,690	0,0369	0,1860	0,0106	0,0089	0,0007
215	856	119,900	1,662	0,0415	0,1691	0,0092	0,0098	0,0016
216	1,092	122,100	1,696	0,0380	0,1911	0,0103	0,0065	0,0025
217	780	110,000	1,693	0,0555	0,1120	0,0064	0,0054	0,0070
218	542	123,100	1,670	0,0259	0,1636	0,0076	0,0060	0,0153
219	595	118,600	1,678	0,0284	0,2210	0,0100	0,0066	0,0030
220	519	118,500	1,693	0,0268	0,2300	0,0107	0,0077	0,0020
221	562	118,000	1,683	0,0275	0,1481	0,0071	0,0076	0,0085
222	458	122,400	1,662	0,0248	0,1388	0,0062	0,0057	0,0072
223	627	113,500	1,703	0,0213	0,1656	0,0079	0,0054	0,0039
224	596	119,900	1,680	0,0218	0,1802	0,0089	0,0057	0,0008
225	465	121,600	1,684	0,0362	0,2179	0,0103	0,0080	0,0029
226	737	120,900	1,698	0,0323	0,1090	0,0071	0,0106	0,0189
min	411	103,900	1,633	0,0166	0,0610	0,0046	0,0045	0,0003
max	1,500	126,500	1,716	0,1174	0,2876	0,0191	0,0229	0,1921

EK-C: 50 adet Verinin Gerçek ve Tahmin Edilmiş Değerleri

ÇIKTILAR - GERÇEK								
No	Çelikteki Oksijen Seviyesi (ppm)	Döküm Ağırlığı (kg)	Çelikteki Son Sıcaklık (°C)	Çelikteki %C	Çelikteki %Mn	Çelikteki %P	Çelikteki %S	Çelikteki %Si
1	645	120,218	1,696	0,0204	0,1667	0,0073	0,0050	0,0016
2	486	121,000	1,680	0,0288	0,1380	0,0069	0,0083	0,0120
3	640	121,000	1,684	0,0225	0,1939	0,0100	0,0087	0,0014
4	527	120,600	1,671	0,0329	0,2028	0,0096	0,0066	0,0010
5	575	121,100	1,688	0,0260	0,1883	0,0075	0,0052	0,0016
6	849	117,400	1,698	0,0219	0,0808	0,0053	0,0086	0,0032
7	634	121,809	1,684	0,0166	0,1481	0,0065	0,0054	0,0018
8	824	114,100	1,675	0,0260	0,0616	0,0054	0,0069	0,0010
9	873	121,100	1,704	0,0179	0,0890	0,0057	0,0052	0,0020
10	619	110,600	1,716	0,0193	0,1383	0,0071	0,0053	0,0132
11	535	122,400	1,701	0,0243	0,1482	0,0066	0,0050	0,0012
12	636	123,300	1,709	0,0214	0,1373	0,0066	0,0064	0,0026
13	477	118,400	1,672	0,0251	0,1600	0,0066	0,0075	0,0073
14	724	122,500	1,693	0,0235	0,1504	0,0090	0,0062	0,0030
15	598	123,100	1,673	0,0311	0,2160	0,0098	0,0073	0,0020
16	665	123,100	1,669	0,0251	0,1809	0,0102	0,0093	0,0009
17	709	121,500	1,684	0,0250	0,1329	0,0069	0,0083	0,0073
18	604	106,000	1,681	0,0310	0,1274	0,0068	0,0097	0,0077
19	599	117,700	1,683	0,0354	0,1631	0,0077	0,0063	0,0142
20	701	120,400	1,673	0,0354	0,1140	0,0060	0,0055	0,0360
21	687	123,800	1,676	0,0204	0,1822	0,0088	0,0080	0,0014
22	517	118,700	1,667	0,0251	0,1370	0,0097	0,0086	0,0100
23	608	121,700	1,661	0,0270	0,1551	0,0100	0,0090	0,0033
24	539	120,900	1,660	0,0252	0,1617	0,0086	0,0076	0,0067
25	442	120,500	1,678	0,0284	0,1779	0,0088	0,0076	0,0191
26	602	118,800	1,662	0,0286	0,1565	0,0067	0,0065	0,0022
27	527	124,800	1,673	0,0359	0,2400	0,0154	0,0101	0,0044
28	604	118,700	1,677	0,0289	0,1505	0,0094	0,0098	0,0219
29	486	117,400	1,651	0,0475	0,0685	0,0054	0,0054	0,0008
30	974	122,100	1,678	0,0640	0,0802	0,0094	0,0097	0,0070
31	1,148	110,000	1,696	0,0359	0,0930	0,0087	0,0121	0,0060
32	709	119,800	1,671	0,0714	0,0976	0,0067	0,0084	0,0080
33	1,207	114,600	1,694	0,0305	0,1524	0,0113	0,0099	0,0009
34	851	117,400	1,679	0,0484	0,1884	0,0115	0,0077	0,0028
35	749	124,400	1,678	0,0492	0,2350	0,0116	0,0067	0,0071
36	865	117,800	1,699	0,0450	0,0840	0,0060	0,0076	0,0060
37	943	123,100	1,680	0,0564	0,1369	0,0097	0,0059	0,0107
38	906	125,200	1,690	0,0369	0,1860	0,0106	0,0089	0,0007
39	856	119,900	1,662	0,0415	0,1691	0,0092	0,0098	0,0016
40	1,092	122,100	1,696	0,0380	0,1911	0,0103	0,0065	0,0025
41	780	110,000	1,693	0,0555	0,1120	0,0064	0,0054	0,0070
42	542	123,100	1,670	0,0259	0,1636	0,0076	0,0060	0,0153
43	595	118,600	1,678	0,0284	0,2210	0,0100	0,0066	0,0030

44	519	118,500	1,693	0,0268	0,2300	0,0107	0,0077	0,0020
45	562	118,000	1,683	0,0275	0,1481	0,0071	0,0076	0,0085
46	458	122,400	1,662	0,0248	0,1388	0,0062	0,0057	0,0072
47	627	113,500	1,703	0,0213	0,1656	0,0079	0,0054	0,0039
48	596	119,900	1,680	0,0218	0,1802	0,0089	0,0057	0,0008
49	465	121,600	1,684	0,0362	0,2179	0,0103	0,0080	0,0029
50	737	120,900	1,698	0,0323	0,1090	0,0071	0,0106	0,0189

TAHMİN EDİLEN SONUÇLAR

No	Çelikteki Oksijen Seviyesi (ppm)	Döküm Ağırlığı (kg)	Çelikteki Son Sıcaklık (°C)	Çelikteki %C	Çelikteki %Mn	Çelikteki %P	Çelikteki %S	Çelikteki %Si
1	618	119,817	1,704	0,0278	0,1386	0,0076	0,0045	0,0025
2	531	120,924	1,677	0,0455	0,1438	0,0047	0,0070	0,0147
3	636	120,739	1,686	0,0379	0,2730	0,0094	0,0055	0,0018
4	554	121,178	1,665	0,0194	0,2040	0,0094	0,0063	0,0013
5	467	121,174	1,654	0,0231	0,2802	0,0084	0,0045	0,0027
6	838	117,158	1,700	0,0247	0,0610	0,0046	0,0138	0,0018
7	620	122,045	1,683	0,0210	0,1688	0,0080	0,0054	0,0023
8	800	113,184	1,672	0,0266	0,0675	0,0059	0,0087	0,0013
9	942	121,490	1,703	0,0259	0,0718	0,0051	0,0067	0,0023
10	644	110,626	1,708	0,0314	0,0768	0,0053	0,0058	0,0105
11	549	122,442	1,700	0,0295	0,2280	0,0074	0,0067	0,0006
12	660	123,372	1,705	0,0270	0,1734	0,0090	0,0074	0,0034
13	534	119,002	1,669	0,0278	0,1402	0,0065	0,0066	0,0053
14	688	122,611	1,696	0,0263	0,1363	0,0106	0,0049	0,0042
15	611	122,665	1,666	0,0306	0,2867	0,0097	0,0050	0,0016
16	658	122,492	1,661	0,0343	0,1627	0,0097	0,0052	0,0004
17	688	121,101	1,686	0,0209	0,0921	0,0056	0,0055	0,0080
18	571	107,120	1,675	0,0331	0,0689	0,0048	0,0107	0,0044
19	612	117,847	1,684	0,0265	0,1147	0,0061	0,0071	0,0137
20	680	120,778	1,672	0,0237	0,1526	0,0093	0,0054	0,0290
21	411	105,784	1,716	0,0166	0,1538	0,0118	0,0045	0,0013
22	538	118,825	1,662	0,0287	0,1065	0,0097	0,0108	0,0068
23	612	121,972	1,658	0,0356	0,0733	0,0092	0,0060	0,0036
24	576	121,561	1,656	0,0357	0,0898	0,0052	0,0070	0,0113
25	519	121,240	1,678	0,0302	0,1269	0,0060	0,0059	0,0212
26	635	119,533	1,658	0,0328	0,0913	0,0054	0,0096	0,0028
27	542	123,695	1,673	0,0313	0,2471	0,0119	0,0056	0,0041
28	618	120,244	1,676	0,0476	0,1390	0,0115	0,0066	0,0092
29	608	117,276	1,668	0,0593	0,0932	0,0055	0,0051	0,0004
30	1,016	121,932	1,685	0,0461	0,0883	0,0106	0,0136	0,0070
31	1,010	109,628	1,682	0,0433	0,0740	0,0099	0,0101	0,0070
32	672	119,910	1,668	0,0560	0,1386	0,0074	0,0117	0,0043
33	1,146	114,314	1,680	0,0412	0,1603	0,0099	0,0142	0,0008
34	830	117,138	1,680	0,0693	0,1638	0,0103	0,0078	0,0036
35	411	105,856	1,716	0,0166	0,2876	0,0113	0,0045	0,0051
36	676	116,948	1,697	0,0166	0,0610	0,0046	0,0109	0,0052

37	948	120,131	1,691	0,0563	0,0951	0,0104	0,0089	0,0099
38	856	122,729	1,698	0,0277	0,2759	0,0097	0,0062	0,0003
39	874	120,247	1,662	0,0543	0,1512	0,0081	0,0085	0,0013
40	1,500	104,954	1,716	0,0166	0,2876	0,0100	0,0045	0,0019
41	772	111,004	1,698	0,0208	0,0723	0,0046	0,0049	0,0099
42	565	122,933	1,667	0,0298	0,1799	0,0078	0,0057	0,0080
43	589	118,423	1,677	0,0295	0,1224	0,0064	0,0061	0,0036
44	542	118,796	1,695	0,0334	0,1236	0,0110	0,0068	0,0022
45	585	117,962	1,683	0,0249	0,1997	0,0093	0,0052	0,0100
46	528	122,637	1,659	0,0283	0,1135	0,0073	0,0051	0,0103
47	633	112,452	1,703	0,0286	0,1810	0,0096	0,0054	0,0032
48	590	119,832	1,680	0,0266	0,1286	0,0065	0,0054	0,0007
49	520	121,209	1,685	0,0306	0,1355	0,0112	0,0102	0,0017
50	411	126,386	1,633	0,0166	0,1376	0,0046	0,0100	0,0195

EK-D: “Çelikteki %C” Verisinin Gerçek ve Tahmin Edilmiş Değerleri

ÇIKTILAR - GERÇEK		TAHMİN EDİLEN SONUÇLAR	
No	Çelikteki %C	No	Çelikteki %C
1	0,0204	1	0,0197
2	0,0288	2	0,0278
3	0,0225	3	0,0214
4	0,0329	4	0,0276
5	0,0260	5	0,0271
6	0,0219	6	0,0219
7	0,0166	7	0,0184
8	0,0260	8	0,0277
9	0,0179	9	0,0177
10	0,0193	10	0,0173
11	0,0243	11	0,0277
12	0,0214	12	0,0228
13	0,0251	13	0,0216
14	0,0235	14	0,0224
15	0,0311	15	0,0285
16	0,0251	16	0,0238
17	0,0250	17	0,0284
18	0,0310	18	0,0277
19	0,0354	19	0,0332
20	0,0354	20	0,0329
21	0,0204	21	0,0202
22	0,0251	22	0,0271
23	0,0270	23	0,0256
24	0,0252	24	0,0301
25	0,0284	25	0,0248
26	0,0286	26	0,0267
27	0,0359	27	0,0366
28	0,0289	28	0,0319
29	0,0475	29	0,0415
30	0,0640	30	0,0707
31	0,0359	31	0,0344
32	0,0714	32	0,0783
33	0,0305	33	0,0268
34	0,0484	34	0,0426
35	0,0492	35	0,0503
36	0,0450	36	0,0383
37	0,0564	37	0,0473
38	0,0369	38	0,0396
39	0,0415	39	0,0389
40	0,0380	40	0,0405
41	0,0555	41	0,0448
42	0,0259	42	0,0258
43	0,0284	43	0,0289
44	0,0268	44	0,0260
45	0,0275	45	0,0292

46	0,0248	46	0,0261
47	0,0213	47	0,0227
48	0,0218	48	0,0222
49	0,0362	49	0,0372
50	0,0323	50	0,0345

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ÖZBEK, 28.08.1978'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 1995 yılında Pertevniyal Lisesi, Fen Bölümü'nden mezun oldu. 1995 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji Mühendisliği Bölümü'nü, 1 sene yabancı dil hazırlık sınıfı okuyarak 2000 yılında bitirdi. Eylül 2000'de hem Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği yüksek lisans eğitimine hem de İÇDAŞ A.Ş.'nin İstanbul'daki tesislerinde Kalite Kontrol Mühendisi olarak çalışma hayatına başladı. Mart 2001 – Kasım 2001 tarihleri arasında “kısa dönem” olarak askerlik hizmetini tamamladı. Askerden sonra İÇDAŞ A.Ş.'nin Çanakkale tesislerinde görevine devam etti ve bu arada yüksek lisans eğitiminden uzaklaşmak zorunda kaldı. Mart 2004'te İÇDAŞ A.Ş.'deki Kalite Kontrol Şefi görevinden kendi isteği ile istifa etti ve TOYOTA TSUSHO şirketinde Depo Takım Lideri olarak çalışma hayatına devam etti. 2005 yılında çıkan Af Kanunu'ndan yararlanarak yüksek lisans eğitimine kaldığı yerden devam etti. Halen TOYOTA TSUSHO şirketi Adapazarı Çelik Servis Merkezi'nde Üretim ve Proje Mühendisi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

A. ÖZBEK	BAZİK OKSİJEN FIRININDA YAPAY SİNİR AĞI UYGULAMASI	EYLÜL 2007
-----------------	---	-------------------