

**KONVEKTİF BİR KURUTMA PROSESİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ**

AHMET DURAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Uğur AKYOL**

TEKİRDAĞ, 2012

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONVEKTİF BİR KURUTMA PROSESİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ

Ahmet DURAK

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Uğur AKYOL

TEKİRDAĞ-2012

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Uğur AKYOL danışmanlığında, Ahmet DURAK tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Kamil KAHVECİ

İmza :

Üye: Yrd. Doç. Dr. Uğur AKYOL

İmza :

Üye: Yrd. Doç. Dr. Sinan ŞAHİN

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONVEKTİF BİR KURUTMA PROSESİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ

Ahmet DURAK

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Uğur AKYOL

Tekstil sanayinde, tekstil mamulleri üretim süresince çeşitli terbiye işlemlerine tabi tutulmakta ve bu işlemler sırasında bünyelerine aldıkları nem, kurutma yoluyla uzaklaştırılmaktadır. Kurutmada esas olan, minimum maliyetle, minimum sürede tekstil mamulünün higroskopik yapısının zarar görmeden kurutma işleminin gerçekleştirilmesidir. Bu tez çalışmasında, farklı kurutma şartlarına bağlı olarak yün iplik bobinin deneysel kuruma davranışı belirlenmiş, konvektif kurutma deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak kurutma işlemi yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak simüle edilmiş ve elde edilen sonuçlar deneysel verilerle ve literatürde bulunan ampirik-yarı ampirik matematiksel modellerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, yapay sinir ağları metodu kullanılarak elde edilen değerlerle, deneysel verilerin uyum içerisinde olduklarını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Kuruma davranışı, iplik bobini, yapay sinir ağları, matematiksel model

2012, 78 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

Modeling of a Convective Drying Process by using
Artificial Neural Networks Method

Ahmet DURAK

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Uğur AKYOL

In textile industry, textile products are subjected to textile finishing operations during the production period and the moisture received during such operations are removed by drying. It is essential to perform the drying process with minimum cost, minimum time and without damage to the hygroscopic structure of the textile material. In this study experimental drying behavior of wool yarn bobbin was determined for different drying conditions and the drying process was simulated by using the artificial neural networks method. Then the model results were compared with the experimental data and the empirical and semi-empirical models available in literature. The results obtained by the method of artificial neural networks indicate that the modeling results are highly agreeable with the experimental ones.

Keywords: Drying behavior, yarn bobbin, neural networks, mathematical modeling

2012, 78 pages

ÖNSÖZ

Kurutma; bir ürünün su miktarını azaltmak veya istenilen seviyeye düşürmek amacı ile yapılan ve böylece daha kaliteli ve sağlıklı bir ürün elde edilmesini sağlayan bir işlemdir.

Tekstil endüstrisinde, tekstil mamullerinin boya ve terbiye işlemlerinden sonra kurutulması gerekmektedir. Kurutma işlemi oldukça pahalı ve zaman alıcı bir işlem olup tekstil terbiye işlemleri arasında en yüksek maliyet kalemlerinden birini teşkil etmektedir. Bu nedenle kurutma işleminin farklı kurutma şartları göz önünde bulundurularak modellenmesi büyük önem taşımaktadır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek beni bu konuya yönlendiren, çalışmalarım süresince değerli görüş ve katkılarıyla yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Uğur AKYOL'a, değerli katkılarından dolayı Sayın Doç. Dr. Kamil KAHVECİ, Sayın Yrd. Doç. Dr. Sinan ŞAHİN ve Sayın Öğr. Gör. Murat Olcay Özcan'a, yardımlarından dolayı Sayın İbrahim AY'a ve Sayın Sevgi TORAMAN'a, verdikleri destek ve moralle her zaman yanımda olan aileme ve çalışmalarım süresince yapmış olduğu pozitif yaklaşımlar ve oluşan tüm zorlukları aşmama yardımcı olarak desteğini esirgemeyen Sayın Mehtap KIRAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER DİZİNİ

D	: İplik bobini dış çap [cm]
d	: İplik bobini iç çap [cm]
H	: Bobin yüksekliği [cm]
Ø	: Çap [mm]
mr	: Boyutsuz nem oranı
m	: Herhangi bir andaki su kütlesi [kg]
m _{yaş}	: Yaş baz kütlesi [kg]
m _{kur}	: Kuru baz kütlesi [kg]
m _s	: Nemli kütle [kg]
m _k	: Kuru kütle [kg]
m _d	: Denge kütlesi [kg]
m _e	: Kurutma koşullarındaki su kütlesi [kg]
m _o	: Kurutmaya başlamadan önceki malzemenin içerdiği nem miktarı [kg]
r	: Korelasyon katsayısı
χ^2	: Ortalama karesel sapma
e _s	: Standart hata
P	: Basınç [bar]
P _{eff}	: Efektif basınç [bar]
no	: Ölçüm adedi
T	: Sıcaklık [°C]
mr _t	: Teorik kuruma nem oranı
mr _d	: Deneysel kuruma nem oranı

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER DİZİNİ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURUTMA	2
2.1 Kurutma Yöntemleri	2
2.1.1 Taşınım ile kurutma	2
2.1.2 İletimle kurutma	3
2.1.3 Işınım ile kurutma	4
2.1.4 Yüksek frekansla kurutma	5
3. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)	7
3.1 Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri	7
3.2 Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri	8
3.2.1 Doğrusal olmama	8
3.2.2 Girdi-Çıktı uyumu (Öğrenebilirlik)	8
3.2.3 Genelleme	8
3.2.4 Hata toleransı	8
3.2.5 Hız	8
3.3 Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları	9
3.3.1 Eğitim süreci	9
3.3.2 Başlangıç koşullarına bağlı olması	9
3.4 Biyolojik Sinir Sistemi	9
3.4.1 Biyolojik sinir ağlarının yapısı	10
3.5 Yapay Sinir Hücresinin Yapısı	10

3.5.1	Girdiler.....	11
3.5.2	Ağırlıklar.....	11
3.5.3	Birleştirme fonksiyonu	11
3.5.4	Aktivasyon fonksiyonu	11
3.5.4.1	Logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu	12
3.5.4.2	Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyon (Logaritmik sigmoid fonksiyon).....	12
3.5.4.3	Doğrusal aktivasyon fonksiyonu (Purelin fonksiyonu)	13
3.5.4.4	Adım fonksiyonu	13
3.5.5	Çıktılar	13
3.6	Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	13
3.6.1	Yapay sinir ağlarının yapılarına göre sınıflandırılması	14
3.6.1.1	İleri beslemeli ağlar	14
3.6.1.1.1	Tek katmanlı perceptron ağı	14
3.6.1.1.2	Çok katmanlı perceptron (Multi Layer Perceptron MLP) ağı	15
3.6.1.2	İleri beslemeli geri yayımlı ağ yapısı	16
3.6.1.3	Geri beslemeli ağlar.....	20
3.6.2	Yapay sinir ağlarının öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılması.....	20
3.6.2.1	Danışmalı öğrenme.....	20
3.6.2.2	Danışmansız öğrenme.....	21
3.6.2.3	Takviyeli öğrenme	21
3.6.3	Uygulamaya göre öğrenme algoritmaları	21
3.6.3.1	Çevrim içi (On-line) öğrenme	21
3.6.3.2	Çevrim dışı (Off-line) öğrenme	21
3.7	Temel Öğrenme Kuralları.....	21
3.7.1	Hebb kuralı	22
3.7.2	Hopfield kuralı.....	22
3.7.3	Delta kuralı	22
3.8	Yapay Sinir Ağlarını Test Etme	22
3.9	Yapay Sinir Ağları Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	22
3.9.1	Uygulama başarısı	23
3.9.2	Uygulamada karşılaşılan güçlükler.....	23
4.	KAYNAK ÖZETLERİ	24
5.	MATERYAL VE YÖNTEM	27
5.1	Materyal.....	27

5.1.1	Yün iplik bobini.....	27
5.1.2	Fan	27
5.1.3	Isıtma eşanjörü.....	28
5.1.4	Portmantiyer	28
5.1.5	Soğutma eşanjörü.....	29
5.1.6	Seperatör	30
5.1.7	Debimetre	31
5.1.8	Loadcell	32
5.1.9	Kompresör	33
5.1.10	PLC	34
5.2	Yöntem	35
5.2.1	Kurutma sistemi.....	35
5.2.2	Yapay sinir ağı modellemesi	40
5.2.3	Ampirik ve yarı ampirik matematiksel modelleme	45
6.	ARAŞTIRMALAR VE BULGULAR.....	49
6.1	DeneySEL Sonuçlar	49
6.2	Modelleme Sonucu Regresyon Değerleri.....	58
7.	SONUÇ	65
8.	KAYNAKLAR.....	78
	ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Taşınım ile kurutma makinesi	3
Şekil 2.2 İletimle kurutma (silindirik kurutma) makinesi	4
Şekil 2.3 Işınım ile kurutma sistemi	5
Şekil 2.4 Yüksek frekansla kurutma sistemi	6
Şekil 3.1 Sinir hücresinin yapısı	9
Şekil 3.2 Biyolojik sinir sisteminin çalışması	10
Şekil 3.3 Logaritmik Sigmoid fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi	12
Şekil 3.4 Tanjant-Sigmoid fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi	12
Şekil 3.5 Doğrusal aktivasyon fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi	13
Şekil 3.6 Adım aktivasyon fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi	13
Şekil 3.7 YSA yapısı (Saraç, 2004)	14
Şekil 3.8 Tek katmanlı perceptron yapısı	15
Şekil 3.9 Çok katmanlı perceptron modeli	16
Şekil 3.10 İleri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı yapısı	18
Şekil 5.1 Fan ve fan motoru	27
Şekil 5.2 Isıtma eşanjörü	28
Şekil 5.3 Portmantiyerin görünümü	29
Şekil 5.4 Soğutma eşanjörü	30
Şekil 5.5 Soğutma eşanjörü teknik resmi	30
Şekil 5.6 Separatör	31
Şekil 5.7 Su Seviye elektrotu	31
Şekil 5.8 Debimetre	31
Şekil 5.9 Loadcell	32
Şekil 5.10 Kompresör	33
Şekil 5.11 PLC dış görünüm ve elektrik panosu (operatör kumanda paneli)	34
Şekil 5.12 Makaralar ve iplik bobinleri	35
Şekil 5.13 Bobin geometrisi	35
Şekil 5.14 Bobinlerin su banyosunda ıslatılması	36
Şekil 5.15 Süzölmeye bırakılan yün iplik bobinleri	36
Şekil 5.16 İplik bobini kurutma deney düzeneği	37
Şekil 5.17 Deney düzeneğinin görünüşü	38
Şekil 5.18 Bobin içerisinde havanın yönü ve klapenin görünümü	38
Şekil 5.19 Sistemi kontrol etmek için kullanılan yazılım programı	39

Şekil 5.20 Deneysel verilerin bir dakikalığa getirilmesi	40
Şekil 5.21 Deneysel verilerin onar dakikalık aralığa getirilmesi.....	41
Şekil 5.22 Eğitim verilerinden hatalı değerlerin çıkarılması.....	42
Şekil 5.23 Eğitim verilerinin sıralı düzeninin karıştırılması	43
Şekil 5.24 Yapay sinir ağının ana şablonu	43
Şekil 5.25 Ağın katman ve işlemci sayılarının görünümü	44
Şekil 5.26 D=18 cm çapındaki bobinlerin eğitim performans grafiği.....	44
Şekil 5.27 D=14 cm çapındaki bobinlerin eğitim performans grafiği.....	45
Şekil 6.1 D=18 cm bobin çapı ve T= 80°C için kuruma davranışı.....	55
Şekil 6.2 D=18 cm bobin çapı ve T= 90°C için kuruma davranışı.....	55
Şekil 6.3 D=18 cm bobin çapı ve T= 100°C için kuruma davranışı.....	56
Şekil 6.4 D=14 cm bobin çapı ve T= 80°C için kuruma davranışı.....	56
Şekil 6.5 D=14 cm bobin çapı ve T= 90°C için kuruma davranışı.....	57
Şekil 6.6 D=14 cm bobin çapı ve T= 100°C için kuruma davranışı.....	57
Şekil 7.1 D=18 cm $P_{eff} = 0,5$ bar T=90°C’de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	67
Şekil 7.2 D=18 cm $P_{eff} = 0,5$ bar T=100°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması.....	68
Şekil 7.3 D=18 cm $P_{eff} = 1$ bar T=80°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	68
Şekil 7.4 D=18 cm $P_{eff} = 1$ bar T=90°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	69
Şekil 7.5 D=18 cm $P_{eff} = 1$ bar T=100°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	69
Şekil 7.6 D=18 cm $P_{eff} = 2$ bar T=80°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	70
Şekil 7.7 D=18 cm $P_{eff} = 2$ bar T=90°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	70
Şekil 7.8 D=18 cm $P_{eff} = 2$ bar T=100°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	71
Şekil 7.9 D=18 cm $P_{eff} = 3$ bar T=80°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	71
Şekil 7.10 D=18 cm $P_{eff} = 3$ bar T=90°C’ de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	72

Şekil 7.11 D=18 cm $P_{eff}=3$ bar T=100°C' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması.....	72
Şekil 7.12 D=14 cm $P_{eff}=1$ bar T=80°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	73
Şekil 7.13 D=14 cm $P_{eff}=1$ bar T=90°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	73
Şekil 7.14 D=14 cm $P_{eff}=1$ bar T=100°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	74
Şekil 7.15 D=14 cm $P_{eff}=2$ bar T=80°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	74
Şekil 7.16 D=14 cm $P_{eff}=2$ bar T=90°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	75
Şekil 7.17 D=14 cm $P_{eff}=2$ bar T=100°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	75
Şekil 7.18 D=14 cm $P_{eff}=3$ bar T=80°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	76
Şekil 7.19 D=14 cm $P_{eff}=3$ bar T=90°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	76
Şekil 7.20 D=14 cm $P_{eff}=3$ bar T=100°C' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1 Kuruma davranışını ifade etmede kullanılan bazı ampirik ve yarı ampirik modeller	46
Çizelge 5.2 D=18 cm ve D=14 cm çapındaki bobinler için denge kütleleri	48
Çizelge 6.1 D =18 cm bobin çapı ve $P_{eff}=0,5$ bar için deneysel sonuçlar.....	49
Çizelge 6.2 D =18 cm bobin çapı ve $P_{eff}=1$ bar için deneysel sonuçlar.....	50
Çizelge 6.3 D =18 cm bobin çapı ve $P_{eff}=2$ bar için deneysel sonuçlar.....	51
Çizelge 6.4 D =18 cm bobin çapı ve $P_{eff}=3$ bar için deneysel sonuçlar.....	52
Çizelge 6.5 D =14 cm bobin çapı ve $P_{eff}=1$ bar için deneysel sonuçlar.....	53
Çizelge 6.6 D =14 cm bobin çapı ve $P_{eff}=2$ bar için deneysel sonuçlar.....	53
Çizelge 6.7 D =14 cm bobin çapı ve $P_{eff}=3$ bar için deneysel sonuçlar.....	54
Çizelge 6.8 D=18 cm, $P_{eff}=0,5$ bar için regresyon analizi sonuçları	58
Çizelge 6.9 D=18 cm, $P_{eff}=1$ bar için regresyon analizi sonuçları	59
Çizelge 6.10 D=18 cm, $P_{eff}=2$ bar için regresyon analizi sonuçları	60
Çizelge 6.11 D=18 cm, $P_{eff}=3$ bar için regresyon analizi sonuçları	61
Çizelge 6.12 D=14 cm, $P_{eff}=1$ bar için regresyon analizi sonuçları	62
Çizelge 6.13 D=14 cm, $P_{eff}=2$ bar için regresyon analizi sonuçları	63
Çizelge 6.14 D=14 cm, $P_{eff}=3$ bar için regresyon analizi sonuçları	64

1. GİRİŞ

Tekstil ürünleri üretim aşamalarında çeşitli terbiye işlemlerine tabi tutulmakta ve bu işlemler sonucunda ürünlerin üzerine aldıkları nem, terbiye işleminin en son basamağında yer alan kurutma işlemi ile uzaklaştırılmaktadır.

Tekstil ürünlerinin kurutulması ürün üzerindeki nemin alınma şekline göre; mekanik yöntemlerle yapılan ön kurutma ve ürün üzerinde bulunan higroskopik (doğal) nemin kaybedilmeden, ısı transferi ile gerçekleşen esas kurutma şeklinde iki gruba ayrılmaktadır (Oğulata ve ark., 1999).

Kuruma süresi ve hızı, kurutulan malzemenin yapısına, yüzey alanına, kurutma havasının sıcaklığına, hızına ve nemine bağlıdır. Son yıllarda enerji maliyetlerinin iyice artması ile birlikte bu tür faktörlerin kuruma hızına etkisinin matematiksel modeller yardımı ile belirlenmesi ve minimum enerji tüketimi ile malzemelerin kalitesini ve yapısını bozmadan, kuruma süresini en aza indirecek şekilde optimum kuruma proseslerinin tasarlanarak kurutma metotlarının geliştirilmesi büyük önem kazanmıştır (Akyol, 2007).

Yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma sistemi göz önünde bulundurularak tasarlanmış ve yapay sinir ağlarının matematiksel fonksiyonlar yardımı ile karmaşık problemlerin çözümü, tahmin ve görüntü işleme gibi konularda yarar sağlaması amaçlanmıştır.

Yapay sinir ağları en basit şekilde, bir işlem birimi, bir girdiyi bir ağırlık kümesi ile ağırlıklandırır, doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlar ve bir çıktı değeri oluşturur. İlk bakışta, işlem birimlerinin çalışma şekli yanıltıcı şekilde basittir. Sinirsel hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem birimlerinin birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir. Bu sistemlerde geri yayılım metoduyla daha sağlıklı öğrenme sağlanmaktadır (Reich ve Barai, 2000).

Yapılmış olan daha önceki bazı çalışmalarda (Toraman, 2011; Akyol, 2011), kurutmanın matematiksel modellerinin regresyon analizi ile başarı durumları karşılaştırılmış ve kullanılan materyal için optimum başarı sağlayanı belirlenmiştir. Yaptığımız bu çalışmada ise yapılan matematiksel modellerin yanı sıra kurutmanın yapay sinir ağları ile modellenmesi sonucu değerlerin karşılaştırılması söz konusudur.

2. KURUTMA

Kurutma; ürün içerisindeki sıvının ısı yardımı ile ürün bünyesinden uzaklaştırılmasıdır. Günümüz endüstrisinde yaygın olarak tekstil, gıda, kağıt, eczacılık gibi pek çok sektörde kullanılmaktadır. Ancak her proseste olduğu gibi kurutmada da maliyet, kalite ve verimlilik en sık karşılaştığımız sorunlardır.

2.1 Kurutma Yöntemleri

2.1.1 Taşınımla kurutma

Taşınımla kurutma prensibi; ısı değeri yükseltile ve nem miktarı düşük olan havanın, ürün üzerine gönderilerek su ve su buharını ortamdan uzaklaştırılmasıdır. Bu yöntem daha çok hassas yüzeyli tekstil mamullerinin (kumaş, iplik, vs.) kurutulmasında kullanılmaktadır (Şekil 2.1).

Kurutmanın sıcak hava ile yapıldığı iplik kurutma makineleri, günümüz teknolojisine göre her türlü iplik bobini, elyaf ve tops gibi tekstil materyallerini boya makinesinden sonra aynı taşıyıcıları kullanarak ek bir santrifüj makinesine ihtiyaç duymadan, ön sıkma işlemi ile tekstil ürünlerinin formunu bozmadan, iç ve dış nem farkı olmaksızın sıkmak ve kurutmak için tasarlanmış makinelerdir. İplik bobinleri kurutulurken, makinede belli bir basınç ve sıcaklıktaki hava, bir süre bobinlerin dışından içine doğru, bir müddet sonra içinden dışına doğru geçirilerek, bobinlerin dengeli bir şekilde kuruması sağlanır. Bobin kurutma ünitesinden çıkan nemli hava bir soğutma eşanjöründe belli bir sıcaklığa kadar soğutulmak suretiyle içindeki nem yoğunlaştırılarak havadan ayrıştırılır, akabinde bir serpantinden geçirilerek hava fanına gelir. Hava fanı, havayı belirli bir basınç değerine kadar çıkartarak, havanın tekrar ısınması için buharla çalışan ısıtma eşanjörüne gönderir. Isıtma eşanjöründe ısınan hava tekrar bobin kurutma ünitesine gider. Kurutma havasının özgül nemi belli bir süre sonra oldukça artar. Özgül nemi belli bir seviyeye gelen kurutma havası deşarj edilir ve makineye yeniden taze hava alınır. Bobinlerin başlangıç nem oranları %65-70 civarındadır. Bobin kurutma makinesinde ısıtma, kurutma, soğutma işlemleri yapılmaktadır. Aynı makine içine değişik taşıyıcılar konarak elyaf, tops ve diğer materyallerin ön sıkma ve kurutulma işlemleri mümkündür. Bu kurutma yönteminde düşük enerji sarfiyatı sistemin en avantajlı yönüdür. Ayrıca beyaz ve açık renk boyanmış materyallerde, düşük sıcaklıkta kurutma yapıldığı için sararma tehlikesi, koyu renklerde ise migrasyon tehlikesi oluşmaz. Migrasyon, tekstil materyalinin boyanması ile kurumması arasında oluşan, istenmeyen boyarmadde göçüdür (Akyol, 2007).



Şekil 2.1 Taşınım ile kurutma makinesi

2.1.2 İletimle kurutma

Ürün, yüzeyleri buhar veya kızgın yağ ile ısıtılmış levha veya silindirlerle teması sağlanarak ürünün yüzeyindeki su ve su buharının ürün bünyesinden uzaklaştırılarak kurutulması işlemidir. İletimle kurutmada, ısıtılan yüzey ürün ile direk temas halinde olmasından dolayı homojen olmayan bir kurutma ya da aşırı ısınma durumlarını önlemek gerekir. Bu tip kurutucular genellikle kâğıt ürünleri sanayinde ve imalatında kullanılmaktadır.

İletimle kurutmanın esasını, ürün ile sıcak yüzeyin birbirine teması esnasında, ısının sıcak yüzeyden daha soğuk olan ürüne (tekstil ürününe) transferi oluşturmaktadır. İletimle kurutma için en çok kullanılan kurutucu tipi, silindirik kurutuculardır. Silindirler üst-üste, yan-yanaya veya eğik pozisyonda yerleştirilebilmektedirler. Yaygın olan ise silindirlerin üst-üste yerleştirildiği "dik silindirik kurutucular" dır.

Silindirlerin ısıtılması, bunların içerisindeki basınçlı (4-11 bar) buharın yoğunlaşması yoluyla sağlanmaktadır. Buhar basıncını yükselttikçe sıcaklığında artacağından, kurutma hızı da artmaktadır ve silindirik kurutucularda yüksek olan aşırı kurutma tehlikesi de yükselmektedir. Kumaşın gerginliği artırıldığında, kumaş ısınmış olan silindir yüzeyine daha fazla temas edeceğinden, kumaşın silindire etki eden temas artacağından, mevcut olan ısı transferi hızlanmakta ve buna bağlı olarak kurutma hızı artmaktadır. Ancak gerginlik miktarı ne kadar artırılırsa, kumaşın boy miktarının uzaması ve dolayısıyla ileride bu kumaştan imal edilmiş ürünlerin yıkayınca çekmesi de o kadar artmaktadır. Buda, kumaşın az veya çok gerdirilmesi,

silindirli kurutucuların aşırı kurutma tehlikesinin yanı sıra en önemli sakıncalarını meydana getirmektedir. Silindirli kurutucuların kızgın yüzeye temas etmesi nedeniyle, kumaşta belirli bir ütöleme etkisi (dirilik, parlaklık) sağlamaktadır. Bu bazı kumaşlar için istenen, bazılarında da istenmeyen bir durumdur. Bu tip kurutucular Türkiye'de üretilen basit ve nispeten ucuz kurutuculardır. Enerji tüketimleri de çok yüksek olmadığı için, bu tip kurutucularla yapılan işlemlerin maliyeti konveksiyonla kurutmaya göre daha düşüktür.

Bu sebeple silindirli kurutucular genellikle ucuz ve sıradan kumaşların ara kurutmalarında çok kullanılmaktadırlar. Yünlü ve sentetiklerin kurutulmasında ise pek kullanılmazlar.



Şekil 2.2 İletimle kurutma (silindirli kurutma) makinesi (Megep, 2008)

2.1.3 Işınım ile kurutma

Işınım (radyasyon) yoluyla kurutmanın esası, ısının, 0,76-400µm dalga boyunda elektromanyetik dalgalar halinde sıcak olan maddeden daha soğuk olan maddeye transferi oluşturmaktadır.

Bu yöntem, her iki yanında ışınlayıcıların bulunduğu 2 m yüksekliğindeki dikey bir sistem içerisinde ürünün geçirilerek kurutulması sağlanmıştır. Ancak bu ışınlayıcıların yüzey sıcaklığı 600°C – 1000°C civarındadır. Dolayısıyla bu ürün tam kurutma yapıldığı takdirde yüzeyindeki su miktarı azalacağından ürün aşırı ısınmaya başlayacak ve sıcaklık 450-500°C'ye çıktığında yanacaktır. Bu nedenle üründe bulunan %50-70 civarındaki su miktarı %25–35'e düşürülünceye kadar yapılmaktadır (Tarakçıoğlu, 1996).



Şekil 2.3 Işınım ile kurutma sistemi (Rolltech, 2011)

2.1.4 Yüksek frekansla kurutma

Bu kurutma yönteminde ürünün kurutulması için dış ortamdan ısı transferi yapılmamaktadır. Yüksek frekanslı alternatif akıma bağlı iki kondansatör levhası arasından geçen ürün üzerindeki su molekülleri sürekli hareket halindedir. Hareket sonucu oluşan sürtünme ile açığa çıkan ısı su moleküllerinin buharlaşmasına neden olur ve ürünün kurumasını sağlar. Bu kurutmanın en büyük avantajı bobin, tops gibi malzemelerde bile içine işlemiş bir kurutmanın sağlanabilmesidir.

Dielektrik kurutma (10-100 Mhz) ve mikrodalga kurutma (1000-3000 Mhz) olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. Bu tip kurutucuların kullanımı, homojen ve hızlı bir kurutma sağlamaları ve aşırı kurutma riskinin bulunmaması nedeniyle tekstil endüstrisinde gittikçe yaygın hale gelmektedir (Oğulata ve ark., 1999)



Şekil 2.4 Yüksek frekansla kurutma sistemi (Megep, 2008)

3. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Beynin nöro-fiziksel yapısından ve insan beyninin bilgi işlemeden esinlenerek geliştirilmiş bu sistemi, elektronik ortama taşımayı hedefleyen bir programlama şeklidir. Yapay Sinir Ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler elde etmek, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Demetgül ve Yazıcıoğlu, 2006). YSA ile basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli simüle edilir. Simüle edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler (Yurtoğlu, 2005).

Sinir sisteminin davranışlarını kopyalayabilmek için yapısının da kopyalanması gerektiğini düşünen bilim adamları yapay sinir ağlarını modellerken de biyolojik sinir sisteminin yapısını örnek almışlardır.

3.1 Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Genel anlamda YSA'ları, biyolojik sinir sisteminin işlevi taklit edilerek insan beyninin modellenmesi için tasarlanması için geliştirilmiş sistemlerdir. Ve bu sayede aşağıdaki işlemleri gerçekleştirmekle görevlendirilmişlerdir:

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme
- Tahmin
- Özellik belirleme
- Optimizasyon

Bu işlemleri yapan sinir ağlarının ortak noktası ise bir müdahale yapılmaksızın, elinde bulunan bilgilere göre sonuç üretebilmesidir. Yapay sinir ağları öğrenme işlemi sırasında verilen bilgiler ile kendini düzenleyerek daha sonraki girdiler için doğru kararlar verebilme yeteneğine sahiptir (Kakıcı, 2009).

3.2 Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri

İnsan beyninin örneği olarak alan tasarlanan YSA'lar geliştirilirken biyolojik sinir ağlarından daha üstün hale getirilmiştir. Ve bu sayede daha verimli çalışmaları sağlanmıştır.

3.2.1 Doğrusal olmama

Genellikle işletmecilik, finans gibi tahmin gerektiren alanlarda yapay sinir ağlarının bu özelliğinden yararlanılmaktadır. Bir yapay nöron doğrusal olmak zorunda değildir. Ancak birbirine bağlı olan doğrusal yapay nöronların oluşturdukları ağ doğrusal değildir. Bu sayede nöronların birleşmesinden meydana gelen YSA çözümü karmaşık olan ve tahmin gerektiren problemleri kolayca çözebileceklerdir.

3.2.2 Girdi-Çıktı uyumu (Öğrenebilirlik)

Günümüzdeki algoritmaların çoğu öğretilen formüllerin hesaplanması ile aynı girdiler için aynı çıktıları verirler. Ancak yapay sinir ağları diğer klasik yöntemlerle çözülemeyen problemleri, öğretmen tarafından ağın eğitilmesi durumunda kolaylıkla çözebilmektedir. Bu da programa öğrenme kabiliyeti kazandırma anlamına gelmektedir.

3.2.3 Genelleme

Yapay sinir ağlarının eğitimi esnasında öğretildiği bilgiler haricinde bir problem yönetildiğinde de ağ bu durum için cevap verebilmektedir. Örneğin bir masanın görüntüsü yapay sinir ağına öğretildikten sonra görüntü bozularak tekrar ağa yöneltildiğinde yapay sinir ağı bu masayı tanıyabilir ya da 10 yıl önce ki aylık finans verileri ile ağ eğitilirse 10 yıl sonra ki tahminlerinde de başarısının yüksek olduğu görülmektedir.

3.2.4 Hata toleransı

Yapay sinir ağları doğrusal olmayan sistemler için geliştirilmiş olsa da reel değerlerle bire bir uyum yakalamaması durumu da vardır. Bu sebeple ağın başarısı öğretilen farklı bilgi sayısı ile doğru orantılıdır ve doğal olarak hata toleransı o derece azalmaktadır. Bu da reel değerlere daha yakın değerler sağlamaktadır.

3.2.5 Hız

Yapay sinir ağları eğitimi problemin yapısına göre ne kadar uzun sürse de sorulan soruya verdiği cevap paralel yapısı nedeniyle son derece hızlı çalışarak problemin çözümünü çok kısa sürede gerçekleştirebilmektedirler.

3.3 Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları

3.3.1 Eğitim süreci

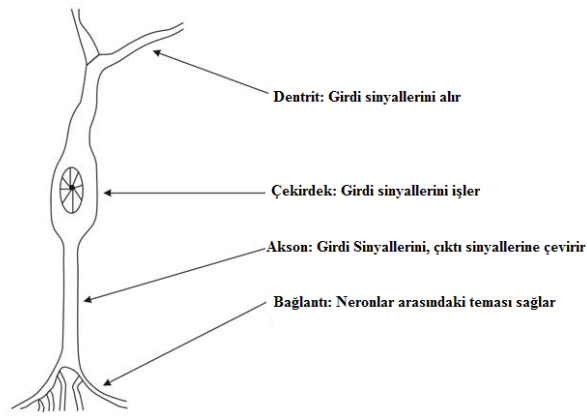
Yapay sinir ağları meydana getirildiğinde herhangi bir bilgi içermediği için hemen kullanılamazlar. Çözülecek olan problemde yapay sinir ağı mutlaka eğitilmelidir. Bu eğitim süresi deneme yanılma yoluyla yapılacağından dolayı çok uzun zaman alabilmektedir.

3.3.2 Başlangıç koşullarına bağlı olması

Yapay sinir ağları ilk durumunda çok basit problemleri bile çözemeyebilirler. Bunun sebebi olarak ise ağın çıkış anında daha eğitim esnasında öğrendiği koşullara göre sonuç üretebilirler. Bu yüzden eğitim sırasında verilen örneklerle sorulacak olan problemin çözümünde de benzerliklerin olması sonucun daha kesin olması açısından etkilidir.

3.4 Biyolojik Sinir Sistemi

Biyolojik sinir sisteminin temel elemanı olan nöronların yapısı dört ana kısımdan oluşmaktadır; dentrit, akson, çekirdek ve bağlantılar.

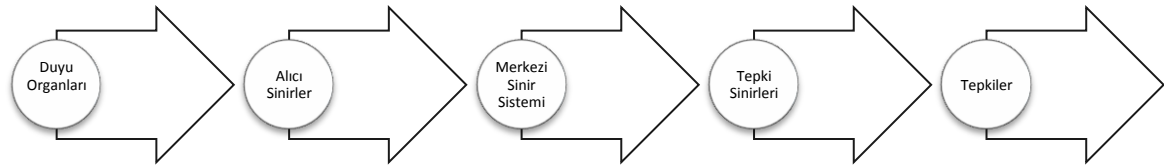


Şekil 3.1 Sinir hücresinin yapısı

Dentritler, çekirdeğin saç benzeyen uzantılarıdır ve girdi kanalları olarak işlev görürler. Bu girdi kanalları diğer nöronların sinapsları aracılığıyla girdilerini alırlar. Daha sonra çekirdek, gelen bu sinyalleri zaman içinde işler. Çekirdek, bu işlenmiş değeri bir çıktıya dönüştürdükten sonra bu çıktıyı akson ve sinapslar aracılığıyla diğer nöronlara gönderir (Yurtoğlu, 2005).

3.4.1 Biyolojik sinir ağlarının yapısı

Bir insan beyninde yaklaşık olarak 10 milyar sinir hücresi ve bu nöronların birbiri ile yaptığı bağlantı sayısının ise yaklaşık 60 trilyon olduğu tahmin edilmektedir. Bu sinirler dentrit vasıtasıyla girdi bilgilerini duyu organlarından alırlar. Daha sonra hücre üzerindeki akson bu sinyalleri işleyip bağlantılar sayesinde bir sonraki sinire aktararak sinyalin merkezi sinir sistemine kadar ulaşmasını sağlarlar. Merkezi sinir sistemi bu sinyalleri alarak yorumlar ve verilecek tepki tekrar sinirler vasıtasıyla duyu organlarına iletilir (Kıymacı, 2010).



Şekil 3.2 Biyolojik sinir sisteminin çalışması

3.5 Yapay Sinir Hücresinin Yapısı

Yapay sinir hücreleri de biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıdadır. Yapay nöronlar da aralarında bağ oluşturarak yapay sinir ağlarını meydana getirirler. Tıpkı biyolojik nöronlarda olduğu gibi yapay nöronların da giriş impulslarını aldıkları, bu impulsları toplayıp işledikleri ve çıktılarını ilettikleri bölümleri bulunmaktadır.

Bir yapay sinir hücresi beş bölümden oluşmaktadır;

Girdiler

Ağırlıklar

Birleştirme fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu

Çıktılar

3.5.1 Girdiler

Dış ortamdan hiçbir etkiye maruz kalmadan nöronlara gelen verilere girdiler denir. Bu girdilerden gelen veriler biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi toplanmak üzere nöron çekirdeğine gönderilir.

3.5.2 Ağırlıklar

Yapay sinir hücresine gelen bilgiler girdiler üzerinden çekirdeğe ulaşmadan önce geldikleri bağlantıların ağırlığıyla çarpılarak çekirdeğe iletilir. Bu sayede girdilerin üretilen çıktı üzerindeki etkisi ayarlanabilmektedir. Bu ağırlıkların değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ağırlığı sıfır olan girdilerin çıkış üzerinde herhangi bir etkisi olmamaktadır.

3.5.3 Birleştirme fonksiyonu

Birleştirme fonksiyonu bir yapay sinir hücresine ağırlıklarla çarpılarak gelen girdileri toplayarak o hücrenin net girdisini hesaplayan bir fonksiyondur. Yapay sinir ağının yapısına göre toplama fonksiyonu, maksimum, minimum, çarpım veya çeşitli normalizasyon işlemlerinden birisi olarak da ifade edilebilir. Bir problem için en uygun toplama fonksiyonu çeşidini bulmak için herhangi bir formül yoktur. Toplama fonksiyonu genellikle deneme yanılma yoluyla bulunmaktadır. Ayrıca bir yapay sinir ağındaki bütün işlemci elemanların aynı toplama fonksiyonuna sahip olması gibi bir zorunluluk da yoktur. Bazen aynı yapay sinir ağı içindeki işlemci elemanların bazıları aynı toplama fonksiyonunu, diğerleri ise başka fonksiyonları kullanabilirler. Bu tamamen tasarımcının kendi kararına bağlıdır (Öztemel, 2003).

$$NET = \sum_{i=1}^N X_i * W_i \quad (3.1)$$

3.5.4 Aktivasyon fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonundan gelen girdiyi işleyerek yapay sinir hücresinin çıkışını belirler. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir. Yapay sinir ağlarının bir özelliği olan “doğrusal olmama” aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmama özelliğinden gelmektedir.

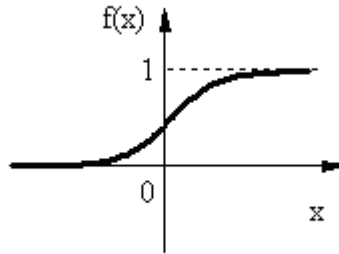
Uygun aktivasyon fonksiyonunun belirlenmesinde ağı oluşturan tasarımcının deneme yanılma yoluna başvurması ile meydana gelir. Ancak çok katmanlı perceptron gibi bazı modeller aktivasyon fonksiyonunun, türevi alınabilir bir fonksiyon olmasını şart koşmaktadır.

Ayrıca fonksiyonun seçimi, yapay sinir ağının verilerine ve neyi öğrenmesinin istendiğine de bağlıdır. Aktivasyon fonksiyonu olarak en çok kullanılanlar logaritmik sigmoid fonksiyon ve hiperbolik tanjant fonksiyonlardır.

3.5.4.1 Logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu

Logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu, sürekli ve doğrusal olmayan ve türevi alınabilir bir fonksiyon olması nedeniyle en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonudur. Bu fonksiyon girdinin her değeri için 0 ile 1 arasında bir değer üretir ve fonksiyon bu aralıkta lineer olmayan bir değişim sergiler.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3.2)$$

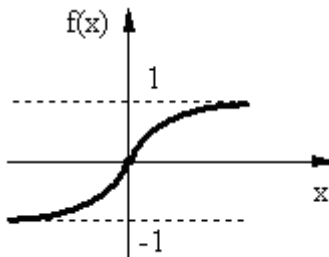


Şekil 3.3 Logaritmik Sigmoid fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi

3.5.4.2 Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyon (Logaritmik sigmoid fonksiyon)

Tanjant hiperbolik fonksiyonu, logaritmik sigmoid fonksiyonunun biraz farklı şeklidir. Giriş uzayının genişletilmesinde etkili bir aktivasyon fonksiyonudur. Sigmoid fonksiyonun çıktı aralığı 0 ve 1 olurken, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıktısı -1 ve 1 aralığında oluşmaktadır.

$$f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{2x}} \quad (3.3)$$

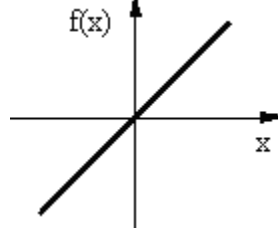


Şekil 3.4 Tanjant-Sigmoid fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi

3.5.4.3 Doğrusal aktivasyon fonksiyonu (Purelin fonksiyonu)

Genellikle hücrenin çıkış katmanında bulunur ve hücrenin net girdisini doğrudan hücrenin çıktısına verir. Dinamik değişim aralığı -1 ve 1 aralığındadır.

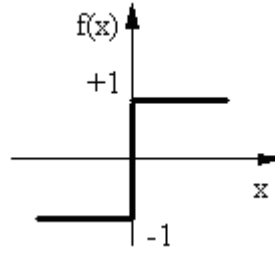
$$f(x) = x \quad (3.4)$$



Şekil 3.5 Doğrusal aktivasyon fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi

3.5.4.4 Adım fonksiyonu

Gelen net girdi değerinin belirlenen bir eşik değerinin altında ya da üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerlerini almaktadır.



Şekil 3.6 Adım aktivasyon fonksiyonu giriş-çıkış eğrisi

3.5.5 Çıktılar

Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıkış değeridir. Üretilen çıkış dış ortama ya da başka bir nörona giriş olarak verilebilir. Hücre kendi çıktısını kendisine girdi olarak ta gönderebilir.

3.6 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

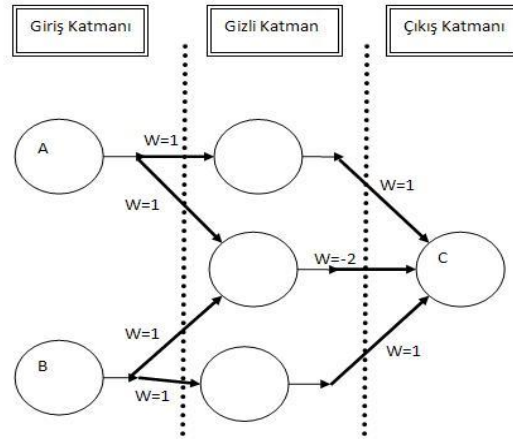
Yapay sinir ağları genellikle birbirleri ile bağlantılı birimlerden oluşur. İstenilen çıktıya ulaşmak için bağlantıların yapısı öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Kullanılan öğrenme algoritmasına göre hatayı minimuma indirecek şekilde, ağırlıklar değiştirilir. Yapay sinir ağları yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılır.

3.6.1 Yapay sinir ağlarının yapılarına göre sınıflandırılması

Yapay sinir ağları, yapılarına göre ileri beslemeli (feed-forward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olmak üzere ikiye ayrılır.

3.6.1.1 İleri beslemeli ağlar

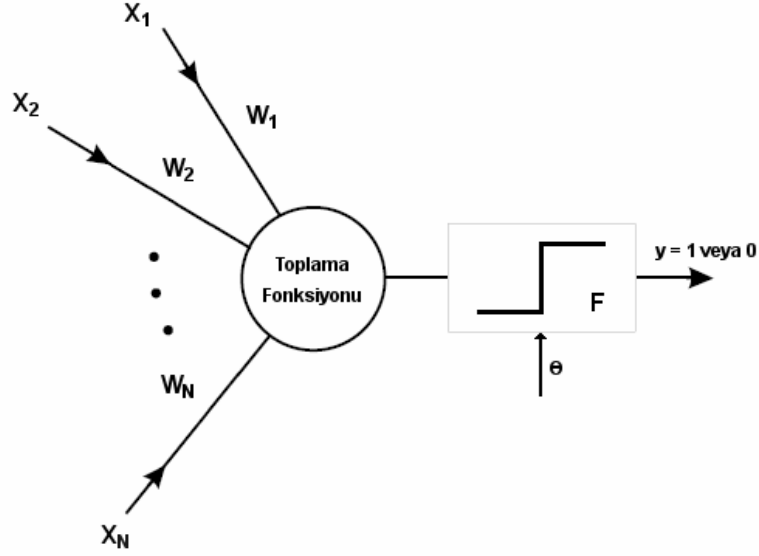
İleri beslemeli ağlarda, hücreler katmanlar üzerinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamdan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli katmanda ki hücelere iletir. Bilgi, gizli ve çıkış katmanında işlenerek ağın çıktısı belirlenir. İleri beslemeli ağlara örnek olarak çok katmanlı perceptron (Multi Layer Perceptron-MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları verilebilir. En çok bilinen geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip YSA'ların eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir. Şekilde giriş, ara ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmanlı ileri beslemeli YSA yapısı verilmiştir (Saraç 2004).



Şekil 3.7 YSA yapısı (Saraç, 2004)

3.6.1.1.1 Tek katmanlı perceptron ağı

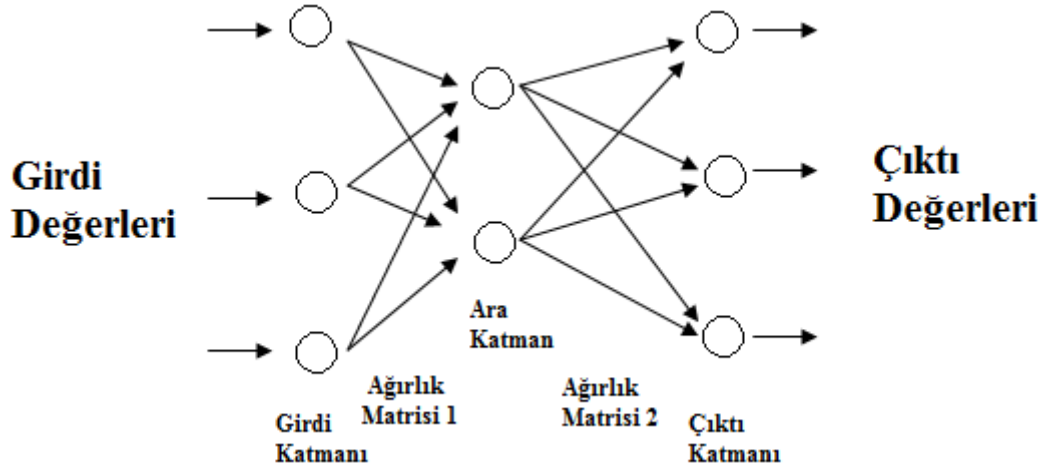
Yapısı oldukça basit olan bu ağların birden fazla girişi ve tek çıkışı bulunmaktadır. Perceptron en basit şekilde bir yapay sinir hücresinin birden fazla girdiyi alarak tek bir çıktı üretmesi temeline dayanmaktadır. Ağın çıktısı 1 veya 0 olmakta ve çıktı değerinin hesaplanması adım fonksiyonu kullanılarak yapılmaktadır. Perceptron, eğitilebilen tek bir işlemci elemandan oluşmaktadır. İşlemci elemana girdi değerleri ve bu değerlere karşılık gelen çıktı değerleri gösterilerek öğrenme kuralına göre ağın çıktı değeri hesaplanmaktadır. Olması gereken çıktı değerine ulaşılan kadar ağırlıklar ve eşik değerleri değiştirilmektedir. Rosenblatt perceptronların eğitimi için perceptron öğrenme algoritmasını geliştirmiştir.



Şekil 3.8 Tek katmanlı perceptron yapısı

3.6.1.1.2 Çok katmanlı perceptron (Multi Layer Perceptron MLP) ağı

Bir yapay sinir ağına problem doğrusal değilse ilk oluşturulan tek katmanlı perceptron ağları ile bunu modellemek mümkün değildir. Bu tür problemler için daha geliştirilmiş ağ yapılarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla geliştirilen MLP ağ modeli bir giriş katmanı, bir ya da daha fazla ara katman ve bir çıkış katmanında oluşmuştur. Her katmanda bir ya da daha fazla işlem elemanı bulunabilir. Bir katmandaki işlem elemanları bir üst katmanda ki tüm işlem elemanlarına bağlıdır. Girdi katmanı; dış ortamdan gelen bilgileri alarak ara katmana göndermekle görevlidir bu katmanda herhangi bir işlem yapılmamaktadır. Bir ağda birden fazla girdi olabilmektedir. Girdi katmanından bilgileri alan ara katman ya da gizli katman bu bilgileri işleyerek bir sonraki katmana gönderir. Bir ağda katman sayısı birden fazla olabilmektedir. Ayrıca her katmanda istenildiği kadar işlemci yani nöron sayısı kullanılabilir. Bu sayılar deneme-yanılma yoluyla bulunmaktadır. Çıktı katmanı ise ara katmanlardan gelen bilgileri işleyerek dış ortama göndermektedir. Bütün ağlarda tek bir çıktı katmanı bulunmakta ancak bu çıktı katmanında ki işlemci yani nöron sayısı birden fazla olabilmektedir.



Şekil 3.9 Çok katmanlı perceptron modeli

Çok katmanlı perceptron mimarisine sahip ve öğrenme şekli olarak geri yayılım algoritmasını kullanan ağlara çok katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağları denir. Ortaya çıkışından itibaren sürekli kullanılan bu ağ günümüzde büyük bir popülarite kazanmıştır.

Yapı itibari ile çok katmanlı perceptron ağlarına benzemektedirler. Ara katman sayısı için teorik bir kısıt olmamakla birlikte genel olarak bir veya iki ara katman bulunur. Yapılan bazı çalışmalar, karmaşık problemlerin çözümünde en az üç ara katman kullanılmasının daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir (Baş, 2006).

3.6.1.2 İleri beslemeli geri yayımlı ağ yapısı

Bu tip ağlarda katman sayısı ve katmanlardaki işlemci sayısı büyük önem taşımaktadır. Bu optimizasyonu sağlayabilmek için üç kural uygulanmış ve sonuçları gayet başarılı bulunmuştur.

Kural - 1: Girdi ve çıktı veriler arasındaki ilişkinin karmaşıklık derecesi arttıkça işlemci eleman sayısı da arttırılmalıdır.

Kural - 2: Eğer modellenen problem birçok aşamaya ayrılabilirse, fazla sayıda ara katman kullanılmalıdır. Eğer az sayıda ara katman kullanılırsa ağ öğrenmeyi başaramaz. Gereğinden fazla ara katman kullanılması durumunda ise ağ ezberlemektedir (memorization). Bu da ağın, yeni örnekler için genelleme yeteneğini azaltmaktadır.

Kural - 3: Yapay sinir ağının eğitilmesinde kullanılan örnek setinin genişliği, ara katmanlardaki işlemci elemanların sayısı için bir üst limit kriteri oluşturmaktadır. Bu üst limiti belirlemek için önce eğitim setindeki girdi-çıkıtı çiftlerinin sayısı bulunmalıdır. Bulunan bu sayı ağdaki toplam girdi ve çıkıtı işlemci elemanlarının sayısına bölünmesiyle elde edilen sonuç, bir ölçeklendirme katsayısı olarak kullanılabilir. Bu katsayı genellikle 5 ile 10 arasında bir değerdir. Fazla hata içeren veri setleri için bu katsayı 20 ile 50 arasında değerler alabilir. Veri setinin hemen hemen hiç hata içermemesi durumunda bu katsayı 2 seviyesine kadar düşürülebilir. Bu yöntemle, ölçeklendirme katsayısının ne olacağına bağlı olarak kesin bir sonuca ulaşilamasa da bir fikir edinmek mümkün olmaktadır. Ayrıca, genelleme yeteneğinin kaybolabilmesi ve dolayısıyla yeni veriler tanıtıldığında ağın kullanışsız kalması sonucunu doğurabileceğinden, bir ara katmandaki işlemci eleman sayısının çok fazla olmaması yararlı olacaktır (Baş, 2006).

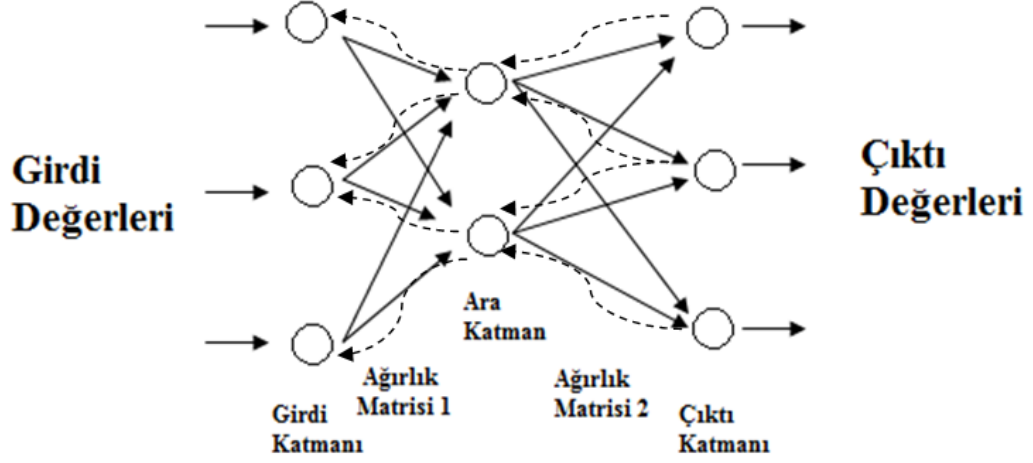
Bir ağ oluşturmak için yukarıda bahsedilen kurallar uygulandıktan sonra, eğitme işlemine başlanır.

Geri yayılım algoritmasında hata, ağdaki ağırlıkların bir fonksiyonu gibi görülmekte ve hataların kareleri toplamı Delta kuralında olduğu gibi dereceli azalma yöntemi kullanılarak, minimize edilmeye çalışılmaktadır. Bu algoritma, hataları çıkıştan girişe geriye doğru azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır (Saraç, 2004).

Bir yapay sinir ağının geri yayılım yoluyla eğitilmesi iki aşamadan oluşur.

1.aşama: İleri doğru hesaplama

2.aşama: Geriye doğru hesaplama



Şekil 3.6.1.2 İleri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağ yapısı

İleri doğru hesaplama da, eğitici tarafından gelen girdiler hiçbir değişikliğe uğramadan ara katmana iletilir. Bu durum $y_k^i = x_k$ eşitliği ile gösterilir.

Ara katmanda ki her işlemci birimi, girdi katmanından gelen bilgileri bağlantı ağırlıkları ile etkileştirerek alır. Ara katmandaki işlemci birimlerine gelen net girdi;

$$NET = \sum_{k=1}^N w_{kj} y_k^i \quad (3.5)$$

formülü ile hesaplanır.

Bu denklemde w_{kj} , k. Girdi elemanını, j. ara katman elemanına bağlayan bağlantının ağırlık değerini; y_k^i ise girdi katmanındaki k. işlemci elemanının çıktısını göstermektedir. j. ara katman elemanının çıktısını ise bu net girdinin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi ile hesaplanır. Aktivasyon fonksiyonu olarak genellikle logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılır. Bu çalışmada ise eğitim esnasında 1. katmanda logaritmik sigmoid 2.katmanda tanjant hiperbolik ve 3.katmanda logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonları seçiminde genellikle deneme-yanılma metodu kullanılarak en başarılı eğitimin gerçekleştirilmesi esastır. Logaritmik sigmoid fonksiyonun kullanılması durumunda oluşan çıktı;

$$y_j^i = \frac{1}{1 + e^{-(NET + \beta_j^i)}} \quad (3.6)$$

Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu kullanılması sonucunda oluşan çıktı ise;

$$y_j^i = \frac{1 - e^{-2(NE_T + \beta_j^i)}}{1 + e^{-2(NE_T + \beta_j^i)}} \quad (3.7)$$

şeklindedir.

Burada β_j^i , ara katmanda bulunan j. elemana bağlanan eşik değer elemanın ağırlığıdır. Bu ağırlık değeri sigmoid fonksiyonun yönünü belirler. Eğitim esnasında ağ bu değeri kendisi belirler (Öztemel, 2003).

Ara ve çıktı katmanlarındaki işlemci birimlerinin çıktıları kendilerine gelen net girdinin hesaplanması, logaritmik sigmoid ve tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonlarından geçirilmesi ile ağırlık birinci aşaması yani ileri hesaplanması tamamlanmış olur.

İkinci aşamada ise öncelikle çıkış birimleri için hata terimleri hesaplanmaktadır. Bu aşamada 4 adımdan oluşmaktadır.

Q katmanlı ileri beslemeli bir ağ için geri yayılım algoritması;

$q=1,2,3,\dots,Q$ katman numarası,

H_i^p : q 'inci katmandaki i biriminin girdisi,

y_i^q : q 'inci katmandaki i biriminin çıktısı,

w_{ij}^q : $(q-1)$ 'inci katmandaki i birimini, q 'ncü katmandaki j birimine bağlayan ağırlık olmak üzere;

1.Adım: Çıkış birimleri için hata terimleri hesaplanır.

$$\delta_i^Q = (y_i^Q - y_i^p) f(H_i^Q) \quad (3.8)$$

2.Adım: $q = Q, Q-1, \dots, 2$ katmanlarındaki tüm i birimleri için geriye yayılımla deltaları yani gizli katman birimleri için hata terimleri hesaplanır.

$$\delta_i^{q-1} = f(H_i^{q-1}) \sum_j \delta_j^q w_{ij}^q \quad (3.9)$$

3.Adım: bütün bu ağırlıklar w_{ij} 'leri kullanılarak güncellenir.

$$w_{ij}^{yeni} = w_{ij}^{eski} + \Delta w_{ij}^q \quad (3.10)$$

$$\Delta w_{ij}^q = \eta \delta_i^q y_i^{q-1} \quad (3.11)$$

4.Adım: 2. adıma dönüp, toplam hata kabul edilebilir bir düzeye gelene kadar her bir p modeli için işlemler tekrarlanır (Keleşoğlu ve Fırat, 2006).

Geri yayılım algoritmasının amacı uygunluk fonksiyonunu minimum yapmaktır. Uygunluk fonksiyonu YSA'nın ağırlık değerlerine bağlı olduğundan, algoritma YSA ağırlıklarının en uygun biçimde değiştirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır (Lin ve Lee, 1996).

3.6.1.3 Geri beslemeli ağlar

Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve gizli katlardaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundur. Geri beslemeli ağlar çeşitli tipteki zaman-serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamışlardır. Bu ağlara örnek olarak Hopfield, SOM (Self Organizing Map), Elman ve Jordan ağları verilebilir (Sağiroğlu ve ark., 2003).

3.6.2 Yapay sinir ağlarının öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılması

Ağdan istenilen çıkış değerine ulaşılabilmesi için belirli metot ve gözlemlerin yapılması ve bunlardan faydalanarak ağırlıkların hesaplanması gerekmektedir. Bunun için genel olarak üç öğrenme metodu vardır.

3.6.2.1 Danışmalı öğrenme

Bu tip öğrenmede, yapay sinir ağına doğru bir çıkış gösterilir. Öğrenme, ağı ürettiği değerlerle istenen reel değerlerle arasındaki farkın, istenilen düzeye gelene kadar ya da belirli bir yineleme sayısına kadar devam eder. Bunun için de ağ tarafından bağlantıların ağırlıkları optimum çıkışı verecek şekilde değiştirilir. İstenen değerler elde edildiğinde ise ağı eğitimi esnasında kullanılmayan test değerleri ile sonuçlar elde edilir. Bu yüzden bu ağı “Danışmanlı” ya da “öğretmenli” öğrenme denir.

Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı veya geri besleme (Back Propagation) algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir (Batar, 2005).

3.6.2.2 Danışmansız öğrenme

Danışmansız öğrenme algoritmasında ağa çıkışlar verilmez. Bu nedenle hata dikkate alınmaz. Ağ girişlere göre kendi kendini örnekler. İstenen bir çıkış olmadığı için ağırlık değerleri giriş verileri arasındaki matematiksel ilişkilere dayandırılarak ayarlanır. Çıkışları kontrol edecek bir öğretmen yoktur ve bu nedenle danışmansız öğrenme olarak nitelendirilmiştir. Grossberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) veya Kohonen tarafından geliştirilen SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir.

3.6.2.3 Takviyeli öğrenme

Bu öğrenme kuralı danışmanlı öğrenme kuralının özel bir şeklidir. Takviyeli öğrenme algoritması, istenilen çıkışın bilinmesine gerek duymaz. Ağ istenilen çıktılar yerine, ağın çıktılarının ne ölçüde doğru olduğunu belirten bir skor veya derece bildirilir. Optimizasyon problemlerine çözüm getirmek için Hinton ve Sejnowski'nin geliştirdiği Boltzmann Kuralı veya Genetik Algoritma takviyeli öğrenmeye örnektir (Saraç, 2004).

3.6.3 Uygulamaya göre öğrenme algoritmaları

3.6.3.1 Çevrim içi (On-line) öğrenme

Bu kurala göre algoritma, test verileri ile uygunluğa tabii tutulurken aynı zamanda bu verileri de öğrenmeye devam etmektedirler. Bu da ağın sürekli kendini güncellemesi ve geliştirmesi anlamına gelir. ART ve Kohonen kuralı bu öğrenme metoduna örnek olarak verilebilir.

3.6.3.2 Çevrim dışı (Off-line) öğrenme

Bu kurala göre ise, algoritma örnekler üzerinden eğitilir ancak gerçek hayatta öğrenme olmadığından dolayı eğitim esnasında kullandığı verileri faz alarak sonuç üretirler. Delta öğrenme kuralı bu tür öğrenmeye örnek olarak verilebilir.

3.7 Temel Öğrenme Kuralları

Yapay sinir ağlarının eğitilmesinde pek çok öğrenme algoritması bulunur. Bu algoritmalar, yapay sinir ağının özelliğine, işlenen prosesin niteliğine göre farklılık gösterse de birçoğunun temel aldıkları öğrenme kuralı Hebb Kuralı ve onun geliştirilmiş versiyonlarıdır.

3.7.1 Hebb kuralı

Hebb (1949) tarafından ve biyolojik sinir sistemi esas alınarak geliştirilen bu kural bilinen en eski öğrenme kuralıdır. Diğer öğrenme kuralları da Hebb Kuralı'na göre, bir yapay sinir hücresi diğer bir yapay sinir hücresinden girdi alırsa ve her iki hücre de yüksek derecede aktif ise (matematikselsel olarak aynı işareti taşıyorsa) her iki hücrenin arasındaki bağlantının ağırlığı artırılmalıdır (Baş, 2006).

3.7.2 Hopfield kuralı

Hopfield ağı tek katmanlı, geri dönüşümlü ve öğrenmesi Hebb kuralına göre yapılan bir ağıdır. Algoritmanın, işlemci elemanlarının tamamı hem giriş hem de çıkış elemanlarıdır. İşlemci elemanları açık (+1) ya da kapalı (-1) olarak iki mantığa göre çalışır. Aktivasyon fonksiyonu süresiz formda ise adım fonksiyonu sürekli formda ise logaritmik sigmoid ve tanjant hiperbolik fonksiyon olarak kullanılmaktadır.

3.7.3 Delta kuralı

Widrow ve Hoff tarafından geliştirilen bu kural Hebb Kuralının gelişmiş şeklidir. En çok kullanılan kurallardan biri olan Delta Kuralı, yapay sinir hücresinin reel çıktısı ile itene çıktısı arasındaki farkı azaltmak için yapay sinir ağlarının işlemci elemanları arasındaki bağlantı ağırlık değerlerinin sürekli değiştirilmesi ilkesine dayanır. Bu kuralla, reel çıktı ile istenen çıktı arasındaki hatanın karesi en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle En Küçük Kareler Kuralı (Least Mean Square Rule-LMS) olarak da adlandırılır. Ayrıca bazı kaynaklarda Widrow-Hoff Kuralı olarak da geçer.

3.8 Yapay Sinir Ağlarını Test Etme

Ağın eğitilme işlemi tamamlandıktan sonra öğrenme olayını gerçekleştirip gerçekleştirmediğini ölçmek için yapılan denemelere “ağın test edilmesi” denir. Test aşamasında ağın eğitim sırasında kullanılmayan örnekler kullanılır. Bu örnekler ağa sorulur ve ağ eğitim sonrasında belirlemiş olduğu en uygun ağırlık değerlerini kullanarak çıkışı oluşturur. Elde edilen bu çıkış ile reel sonucu karşılaştırılarak ağın başarısı tespit edilir. Sonuç ne kadar iyiye ağ eğitiminin performansı o kadar iyidir. Eğitimde kullanılan veriler “eğitim seti”, test için verilere “test seti” adı verilir.

3.9 Yapay Sinir Ağları Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Bir yapay sinir ağ modelinin başarılı olabilmesi için dikkat edilecek bazı hususlar vardır. Bunlar;

3.9.1 Uygulama başarısı

Yapay sinir ağılarıyla çözülemeyecek problem azdır. Ancak bunun için uygun yapının, bu yapıya uygun öğrenme algoritmasının, seçilen algorithmada uygun parametrelerin, yapıya uygun giriş, ara katman ve çıkış sayısının, ara katmandaki nöron sayısının, nöronlar için aktivasyon fonksiyonunun, eğitim ve test kümesinin ve kümelere uygulanacak olan normalizasyon seviyelerinin belirlenmesi zor ve zaman alıcıdır. Bunlar da ancak tecrübe ile elde edilir. Bunlar belirlenirken dikkat edilmezse karmaşıklık olur. Bu karmaşıklığın en aza indirgenmesi hedeflenir. Uygun parametrelerle tasarlanmış ağda istikrarlı sonuçlar üretilecektir. Bunun dışında ağın tepki süresi de önemlidir. Bu sürenin kısa olabilmesi için ağın yeterince küçük olması gerekir.

3.9.2 Uygulamada karşılaşılan güçlükler

Yapay sinir ağlarında algoritmanın başarılı olabilmesi için uygun parametrelerin seçilmesi gereklidir. Bu parametrelerin seçiminde ise karşılaşılan bir takım zorluklar şunlardır;

- Problemin çözümüne uygun yapay sinir ağı yapısının seçilmesi,
- En ideal çözüm için yapay sinir ağının giriş ve çıkış sayılarının ne kadar olacağıın belirlenmesi,
- Ara katmanda ki nöron sayısının ne kadar olacağı,
- Ara katman sayısının ne kadar olacağı,
- Kullanılacak öğrenme algoritmasının yapay sinir ağına uygunluğu,
- Seçilen öğrenme algoritma için en uygun parametrelerin seçilmesi,
- Seçilen aktivasyon fonksiyonunun yapısı,
- Toplama fonksiyonunun seçimi,
- Uygun olan performans fonksiyonu seçimi,
- Uygun veri tipinin ve sayısının belirlenmesi,

4. KAYNAK ÖZETLERİ

Akyol (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, yün iplik bobinin sıcak hava ile kurutma işlemi teorik olarak incelenmiştir ve kurutma işlemine ait bir matematiksel model oluşturulmuştur. İplik bobini için efektif termofiziksel özellikler belirlenmiş ve matematiksel model içerisindeki ana denklem, iplik bobinine ait termofiziksel özellikler yardımı ile yeniden ifade edilmiştir.

Erentürk (2006) çalışmasında farklı kuruma şartları ve farklı örnek kalınlıkları için havucun tek tabaka kuruma kinetiğini incelemiştir. Bu çalışmada kuruma verileri kullanılarak kurutma eğrileri elde edilmiştir. Kuruma kinetiğini ifade etmek amacıyla literatürde bulunan dört farklı kurutma modeli sisteme uygulanmıştır. Modellerin kıyaslanması, r , r^2 , χ^2 , ve SSR değerleri bulunarak yapılmıştır. Bunlara ek olarak nem içeriği tahmininde yapay sinir ağı modelleri uygulanmış ve seçilen modellerle kıyaslanmıştır. En yüksek r ve r^2 en düşük χ^2 ve SSR değerlerini diğer dört modele göre yapay sinir ağıları vermiştir. Buna göre havuç kuruma kinetiğinin tahmininde yapay sinir ağıları oldukça yüksek doğrulukla en iyi sonucu vermiştir.

Domates ürününün konvektif kurutulması sonucunda, ampirik matematiksel modelleme ile yapay sinir ağıları modelleme türünün karşılaştırmasını yapan Movagharnejad ve Nikzad (2006), yapay sinir ağlarından aldıkları tahmin sonuçlarının, ampirik matematiksel modelleme sonuçlarıyla karşılaştırılması durumunda yapay sinir ağıları modelinin deneysel verilere daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Cassava ve mango meyvelerinin kurutulması işleminde sıcaklık ve nem kinetiğini tahmin etmek için, ısı ve yapay sinir ağı modeli kullanılarak kütle transferi için bir öngörü modeli uygulayan Herná'ndez-Pe'rez ve ark. (2004), geliştirilmiş bu modelin kullanılabilir olduğunu kanıtlamışlardır. İki ayrı ileri beslemeli ağı yapısı eğitim veri setinde, tek gizli katman ve bu katmanda üç nöron kullanılarak deneysel hataların en aza indirildiğini, doğruluğunun yüksek olduğunu, transfer edilen ısı ve kütle miktarlarının rahatlıkla tahmin edilebildiğini göstermişlerdir.

Satish ve Pydi Setty (2004), yaptıkları çalışmada yapay sinir ağıları ile kesintisiz akışkan yatağında kurutma işlemini modellemişlerdir. Deneysel çalışma; ısı, gaz akış hızı, katıların akış hızı ve katıların başlangıç nem içeriği gibi farklı değişkenleri kapsayan akışkan yataklı kurutucu katıların kurutulmasını içermektedir. Deneysel verileri yapay sinir ağıları metodunu kullanarak modellemiş ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Yapay sinir ağıları ile

modelleme sonucu hata oranının, matematiksel modellere göre daha düşük olduğunu ve tahmin oranının daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Çakmak ve Yıldız (2010) çalışmalarında tohumlu üzüm kurutmanın doğrusal olmayan davranışlarını modellemek için ileri beslemeli bir yapay sinir ağı kullanmışlardır. Çalışmada öncelikle tohumlu üzümün ince tabakalı kurutma kinetiğinin değerlendirilmesi için deneysel ve matematiksel tip yeni kurutma tekniği geliştirilmiştir. İlk olarak geliştirilen kurutma sistemine, genişletilmiş bir yüzey havalı güneş kolektörü, faz değişim malzemesi, girdap elemanı ve kurutma odası dâhil edilmiştir. Daha sonra, kuruma hızı non-lineer regresyon analizi kullanılarak bir üstel tipi denklem olarak tahmin edilmiştir. Ardından, tohumlu üzüm kurutma hızı bir ileri beslemeli yapay sinir ağı kullanılarak tahmin edilmektedir. Son olarak, yapay sinir ağ modelinin performansı kök yoluyla doğrusal olmayan ve lineer regresyon modelleri ile karşılaştırılmış, ortalama mutlak hataları ve korelasyon katsayısı istatistikleri hesaplanmıştır. Sonuçlar yapay sinir ağ modelinin daha doğru ve daha tutarlı bir kuruma hızı tahmini yapabildiğini göstermiştir.

Farkas ve ark. (2000) sabit yataklı kurutucuların nem dağılımının yapay sinir ağları kullanılarak modellenmesi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. On farklı topolojide yapay sinir ağları incelenmiş ve içlerinden en başarılı olanı uygun olarak seçilmiştir. Ağa giriş ve çıkış hava sıcaklıkları, mutlak nem ve kurutma yatağındaki hava akışı girdi olarak sunulmuştur. Veri olarak daha önceden yapılan deneysel sonuçlar kullanılmıştır. Her ağıdaki ortalama ve maksimum sapmalar ağların başarılarını ölçmek amacıyla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda topolojinin en iyi modeli tespit edilmiştir. Kurutma yatağındaki nem dağılımının, yapay sinir ağları ile modellenebileceği gösterilmiştir.

Tripathy ve Kumar (2008) güneş enerjili kurutma işleminde gıda ürününün sıcaklık değişim tahminini yapay sinir ağı uygulaması ile incelenmişlerdir. Önemli iklim değişkenleri, güneş ışınımı ve ortam hava sıcaklığı YSA modellemesi için giriş parametreleri olarak kabul edilmiştir. Silindir şeklindeki patatesler, yılın değişik aylarında ve aynı hava şartlarına sahip dokuz farklı gün içerisinde güneş kurutma makinesi ile kurutulmuştur. Kurutma sonucu elde edilen deneysel veriler, yapay sinir ağının eğitim ve test verileri olarak kullanılmıştır. Ağın katman sayısı, nöron yapısı ve kullanılacak aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesi için farklı varyasyonlar denenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre katman sayısı 1, nöron sayısı 4 ve aktivasyon fonksiyonu olarak logaritmik sigmoid fonksiyon belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre bu ağ yapısından elde edilen değerlerin deneysel verilerle en uygun yaklaşımda olduğu

ortaya konmuştur. Bu çalışmada ayrıca, gıda sıcaklık değişimi tahmini için YSA modeli ile birlikte istatistik modeli ile analitik ısı difüzyon modeli de önerilmiştir. Hata analizi sonuçlarına dayanarak, YSA modelinin öngörü yeteneği ne olursa olsun gıda örneği geometrisi ve incelenen tüm tahmin model sonuçlarının iyi olduğu bulunmuştur.

Menlik ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, dondurarak kurutma tasarımcısına yardımcı olmak ve bu karmaşık süreci basitleştirmek için, yapay sinir ağlarının kullanımını önermişlerdir. Bu amaçla uygun bir ağ yapısı belirlemişlerdir. Elmanın dondurarak kurutma sürecinde tahmini kurutma davranışları, Levenberg-Marquardt (LM) ve Fermi transfer fonksiyonu varyant ile geri yayılım öğrenme algoritması kullanılarak sağlanmıştır. Buna ek olarak geliştirilen model, istatistiksel geçerlilik belirleme katsayısı (R^2) kullanılarak tespit edilmiş, karekök hatası (RMSE) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) hesaplanarak ağ başarısı belirlenmiştir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1 Materyal

5.1.1 Yün iplik bobini

Çalışmada içi boş silindirik geometriye sahip %65 yün ve %35 orlon karışımından oluşan yün iplik bobinleri kullanılmıştır. Bobinlerin her birinin iç ve dış yarıçapları sırasıyla 33 mm ve 90 mm, yükseklikleri ise 155 mm'dir. Her bir deneyde 8'er adet yün ipliği kurutma işlemine tabi tutulmuştur. İplik bobinlerinin her birinin çevre ortam şartlarıyla denge halindeki kütleleri ise yaklaşık olarak 1060 ± 20 gr'dır.

5.1.2 Fan

15 kW'lık motor gücü kapasitesine olan bu santrifüj tip fan, kurutma havasının sistem içerisinde sirkülasyonunu sağlamaktadır (Şekil 5.1). Havayı ısıtma eşanjörüne gönderen bu sistem üzerinde fan debisi özel frekans ayarlı bir sürücü ile ayarlanabilmekte, havanın debisi bir debi ölçer, basıncı ise bir basınç sensörü, yardımıyla tespit edilmektedir. Deney düzeneğinde bulunan fana ait özellikler aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 5.1 Fan ve fan motoru

Fan ve fan motoruna ait teknik özellikler;

Fan Motoru Markası : Siemens

Güç : 15 kW

$\cos \sigma$: 0.90

Devir : 2940 dev/dk

5.1.3 Isıtma eşanjörü

Fandan çıkan hava içerisinde her biri 2,5 kW olan 10 adet kanatlı ısıtma rezistansı bulunan toplam 25 kW gücüne sahip eşanjörüne gelmektedir (Şekil 5.2). Sistemde akım ve gerilim (güç) ayarı SSR (yarı iletken faz kontrolü triag) yardımıyla dalganın faz farkıyla oynanmasıyla sağlanmaktadır. Isıtma eşanjörü içerisinde bulunan her bir rezistansın hassasiyeti 0,20 mA (0-10 V)'tur. Isıtıcılar PID (oransal integral türev) kontrollü olup, bu algoritmaya göre sıcaklık kontrolü yapılmakta, geri besleme kontrolü ise bir adet bakır-konstantan termokupl yardımıyla sağlanmaktadır.



Şekil 5.2 Isıtma eşanjörü

5.1.4 Portmantiyer

Kurutulacak bobinlerin içerisine dizildikleri ve burada kurutma işleminin gerçekleştirildiği haznedir. Aynı zamanda üzerinde bulundurduğu pnömatik sistemler ve ölçüm cihazlarının sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlar (Şekil 5.3). Portmantiyer ve ısıtma eşanjörü yalıtılmış olup bu sayede kurutma prosesi sırasında enerji kaybının minimum seviyede kalması sağlanmaktadır. Portmantiyere ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.3 Portmantiyerin görünümü

Portmantiyere ait teknik özellikler:

Makine bobin kapasitesi : 16 bobin (maksimum)

Makine çalışma sıcaklığı : 130°C (maksimum)

Makine gövdesi : 'O' şeklinde balon tip makine gövdesi

Makine üzerinde banyo ile temas eden bütün yüzeyler paslanmaz çelik

Bobinin içinden-dışına veya dışından-içine havayı yönlendiren özel klape sistemi

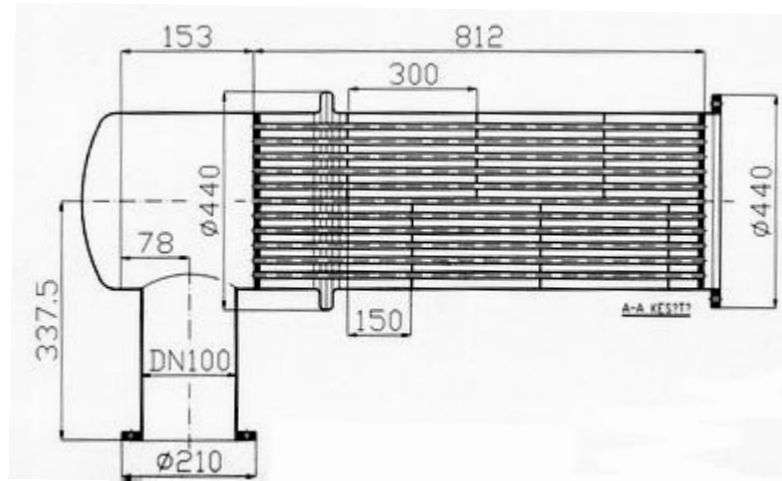
Bobin içindeki farklı noktalarda sıcaklık ölçme imkânı bulunmaktadır.

5.1.5 Soğutma eşanjörü

Portmantiylerden çıkan havanın özgül nemini düşürmek için kurutma havası önce yüzey alanı 3,89 m² ve soğutma gücü 35 kW olan bir soğutma eşanjörüne alınmaktadır (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5). Böylece seperatöre girmeden önce kurutma havası içerisindeki nemin yoğuşması sağlanmaktadır. Soğutma eşanjörü deney düzeneğinin kurulu olduğu Fakültenin hidrofor tesisatından beslenen soğuk suyla çalışmaktadır.



Şekil 5.4 Soğutma eşanjörü



Şekil 5.5 Soğutma eşanjörü teknik resmi

5.1.6 Seperatör

Soğutma eşanjöründen çıkan kurutma havası Şekil 5.6'da gösterilen seperatöre gelmektedir. Seperatörde hava içinde bulunan yoğuşmuş haldeki su damlacıkları kurutma havasından ayıklanarak sistemden uzaklaştırılmaktadır. Seperatörün alt kısmında bir su seviye elektrotu bulunmaktadır (Şekil 5.7). Bu elektrot yardımıyla seperatörde yoğuşan suyun seviyesi tespit edilebilmekte ve su seviyesi yükseldiğinde elektrot uyarı vererek burada yoğuşan suyun tahliyesi sağlanmaktadır. Portmantiyerden çıkan nemli hava içerisindeki nem bu şekilde uzaklaştırılarak portmantiyere özgül nemi daha düşük olan hava gönderilmektedir.



Şekil 5.6 Seperatör



Şekil 5.7 Su Seviye elektrotu

5.1.7 Debimetre

Deneyde düzeneğinde kullanılan döküm gövdeli debi ölçüm cihazı, sistem içerisinde dolaşan kurutma havasının akış miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. Debimetreye ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.8 Debimetre

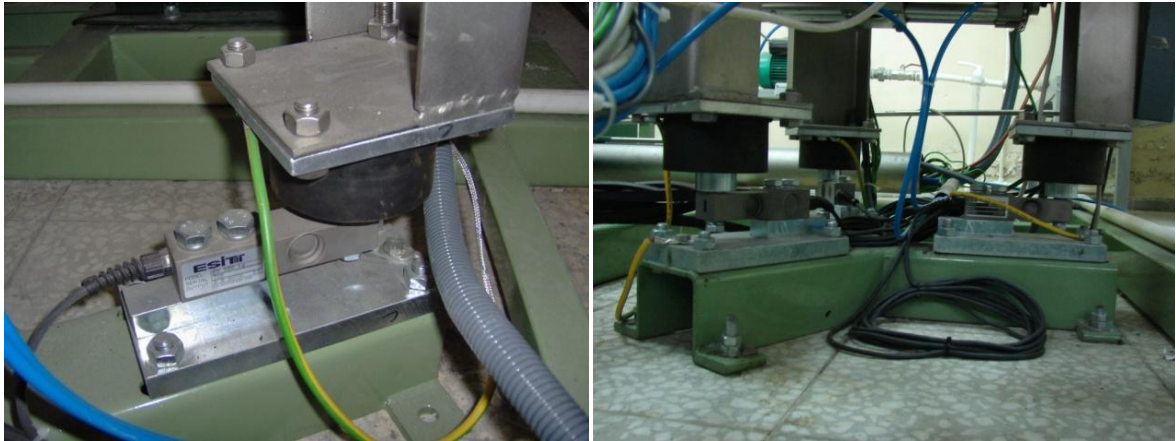
Debimetreye ait teknik özellikler:

Marka	: ASA
Model	: C8-3100/38/T
P	: 3 bar
T	: 130°C

Akışkan : Hava
Maksimum debi : 530 m³/h
 Γ : 1.205 kg/nmc
 P_{max} : 16 bar
Sıcaklık aralığı : -30°C / +30°C

5.1.8 Loadcell

600 kg (200x3) ölçüm kapasitesine sahip loadcell (Şekil 5.9), kurutma işlemi sırasında sürekli olarak iplik bobinlerinin kütlesini tespit edebilmekte, böylece deney sırasında iplik bobinlerinden uzaklaştırılan nem miktarı tayin edilebilmektedir. Portmantiyerden alınan bilgi, hemen sistem yanına monte edilecek göstergeden dijital olarak izlenebilir veya 0–10V/4–20mA analog çıkış veya dijital bilgiye çevrilerek uzak bir noktaya transfer edilebilmektedir. Kuruma sırasında iplik bobininden uzaklaştırılan nem miktarı sürekli olarak bilgisayar ekranından takip edilebilmektedir. Loadcell'e ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.9 Loadcell

Loadcell'e ait teknik özellikler:

Mark : ESIT
Model : BS200kg C3
Seri No : 2184
Doğruluk sınıfı : 1/700 – 1/3000

5.1.9 Kompresör

Deney düzeneğine ilk hava girişi ve sistemin basınçlı hava ihtiyacı bir kompresör (Şekil 5.10) vasıtasıyla sağlanmaktadır. Ayrıca deney düzeneği üzerinde bulunan pnömatik pistonlar ve valfler de bu kompresörün sağladığı basınçlı hava yardımı ile çalışmaktadır. Vidalı tip olan bu kompresörde gaz karşılıklı vida boşluklarını doldurmak üzere içeri çekilmektedir. Rotorlar döndükçe, vida arası boşluğu tecrit eden giriş ağzını geçerek hareket etmektedir. Sürekli dönüş devamlı olarak gazın işgal ettiği alanı azaltır ki bu da sıkıştırmaya yol açmaktadır. Vidalar arası boşluk çıkış ağzıyla karşı karşıya gelince gaz boşalmaktadır. Kompresöre ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.10 Kompresör

Kompresöre ait teknik özellikler:

Marka-Model	: ATLAS COPCO GA15
P_{max}	: 15 bar
Tip	: Vidalı
Seri No	: HII 254693
$P_{max,iş}$: 8 bar
Kapasite	: 41 lt/s
Motor Gücü	: 15 kW
Brüt ağırlık	: 375 kg

5.1.10 PLC

PLC (Programmable Logic Controller), bobin kurutma deney düzeneğinin, otomasyon sistemi ile kontrol ve kumanda işlevlerini uygun bir sistem programı aracılığı ile gerçekleştiren endüstriyel bir bilgisayardır (Şekil 5.11). Bu cihaz; kumanda devrelerinde lojik kontrolör, kontrol devrelerinde ise sayısal kontrolör işlevi görmektedir. PLC'nin kumanda ve kontrol devrelerindeki kullanımı, farklı yazılım ve donanım özelliklerini içermektedir.



Şekil 5.11 PLC dış görünüm ve elektrik panosu (operatör kumanda paneli)

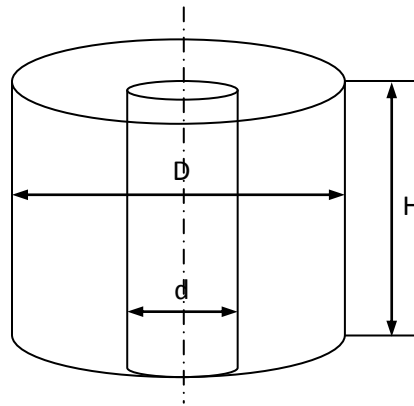
5.2 Yöntem

5.2.1 Kurutma sistemi

Yapılan bu çalışmada, %65 yün ve %35 orlon içeren, iki farklı ebatta (çapta) yün iplik bobini kullanılmıştır. İplikler içinden hava akışı sağlanacak şekilde tasarlanmış makaralara sardırılmıştır. Bu makaralar standart çap ve uzunluklarda üretilmektedir. Kullanılan bobinlerin geometrisi ve geometrik boyutları sırasıyla Şekil 5.13 ve Tablo 5.1.1’de verilmiştir.



Şekil 5.12 Makaralar ve iplik bobinleri



Şekil 5.13 Bobin geometrisi

Tablo 5.1 Bobin boyutları

H (cm)	d (cm)	D (cm)
15,5	5,4	14
		18

Kurutma başlamadan önce yün iplik bobinleri 12 saat süreyle Şekil 5.14’de görüldüğü gibi bir su banyosu içinde tutulmuştur. Bobinleri ıslatma süresinin uzun tutulmasının nedeni nemin iplik lifleri arasına yeterince nüfuz etmesinin sağlanmasıdır.



Şekil 5.14 Bobinlerin su banyosunda ıslatılması

Su havuzunda tutulan bobinler daha sonra içerisindeki fazla nemin süzülmesi amacıyla Şekil 5.15’de gösterildiği gibi bir ızgara üzerinde 30 dakika süreyle bekletilmiştir. Süzülme işleminden sonra bobinlerin nemli kütleleri elektronik terazi aracılığı ile belirlenmiştir. Bunun amacı bobinlerin kuruma esnasında ve bitiminde ne kadar miktarda su kaybettiğini öğrenebilmektir. Daha sonra süzülen bobinler tartılarak sıra numaralarına göre kurutma makinesine yerleştirilmiştir.



Şekil 5.15 Süzülme bırakılan yün iplik bobinleri



Şekil 5.16 İplik bobini kurutma deney düzeneği

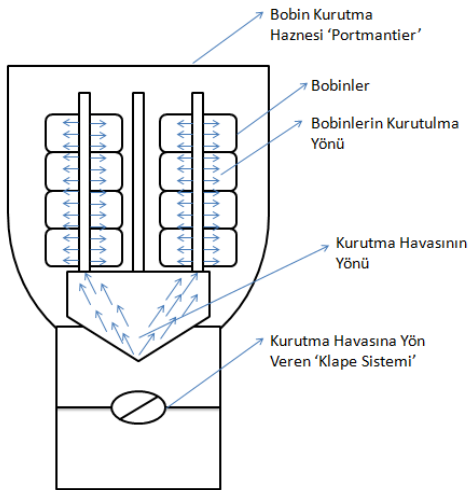
Sanayide söz konusu olan kurutma proseslerinde, süzülme işleminden sonra bobinler bir santrifüj makinesine konularak üzerindeki nemin bir kısmı uzaklaştırılmaktadır. Sıcak hava ile kuruma maliyetli olduğundan atılabilecek nemin bir kısmı bu yöntemle atılmaktadır. Bu çalışmada bobin içerisindeki fazla suyun bir kısmının uzaklaştırılması işlemi, bobin kurutma deney tesisatında kurutma havası ısıtılmadan bir süre çalıştırılarak ön kurutma yapılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra sisteme ayarlanan şartlarda kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğinde çevreden alınan kurutma havası, 15 kW gücündeki bir fan yardımıyla 25 kW ısıtma gücüne sahip elektrikli ısıtma eşanjörüne gönderilmektedir. Fan debisi, kullanıcı tarafından ayarlanabilmekte ve havanın debisi bir debi ölçer yardımı ile ölçülebilmektedir.



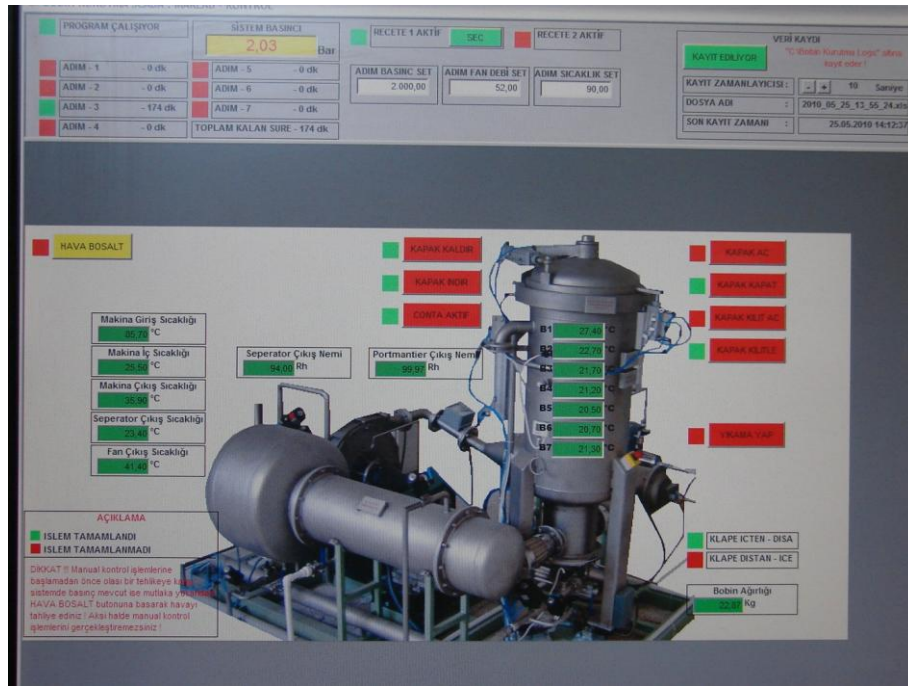
Şekil 5.17 Deney düzeneğinin görünüşü

Fandan gelen soğuk hava, 25 kW gücündeki elektrik rezistanslı ısıtma eşanjörüne gelmekte ve burada ısıtılarak portmantiyer içerisine girmektedir. Portmantiyer içerisine gelen hava bir klape sistemi yardımıyla bobinlerin iç kısmına yönlendirilerek iplik bobini içerisinde Şekil 5.18’de görüldüğü gibi içten dışa doğru hava akımının geçmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.18 Bobin içerisinde havanın yönü ve klape'nin görünümü

Portmantiyerden çıkan havanın özgül nemini düşürmek için kurutma havası önce bir soğutma eşanjörüne alınmaktadır. Soğutma eşanjörü deney düzeneğinin kurulu olduğu Fakültenin hidrofor tesisatından beslenen soğuk suyla çalışmaktadır. Kurutma havasının içindeki nemin bir kısmı eşanjör yüzeyinde yoğuşmaktadır. Soğutucudan çıkan kurutma havası seperatöre gelmektedir. Seperatörde hava içerisinde asılı durumda bulunan su damlacıkları ayıklanmaktadır. Seperatörün alt kısmında bir su seviye elektrotu bulunmaktadır. Bu elektrot yardımıyla seperatörde yoğuşan suyun seviyesi tespit edilebilmekte ve su seviyesi yükseldiğinde elektrot uyarı vererek yoğuşan su tahliye edilmektedir. Seperatördeki tahliye esnasında sistemdeki kurutma havasının bir kısmı dışarıya atılmakta ve tesisattaki işletme basıncı çok az miktarda düşmektedir. İşletme basıncını eski seviyesine getirmek için bir kompresör yardımıyla sisteme taze hava alınmaktadır. Seperatörden sonra kurutma havası tekrar hava fanına gönderilmektedir. Sistem bu şekilde çalışmasına devam etmektedir. Tekstil endüstrisinde kullanılan basınçlı sıcak hava ile çalışan bobin kurutma makinelerinin büyük kısmı bu şekilde çalışmaktadır. Deney tesisatında, ayrıca emniyet ventili, acil durum butonu gibi emniyet sağlayıcı sistemler de mevcuttur. Düzenek ile ilgili tüm bilgiler (basınç, makine içerisindeki havanın sıcaklığı, bobin içerisindeki sıcaklıklar, nem miktarı, hava debisi, bobin ağırlıkları, vb.) operatör panelinden veya düzeneğin bağlı olduğu bilgisayar ekranından okunabilmekte (Şekil 5.19) ve istenilen değerlere ayarlanarak otomatik kontrol aracılığı ile kurutma başladıktan sonra bu parametrelere uygun kuruma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.19 Sistemi kontrol etmek için kullanılan yazılım programı

5.2.2 Yapay sinir ağı modellemesi

Sistemden alınan veriler modelleme yapılmadan aşağıda anlatıldığı şekilde düzenlenmiştir. İlk olarak sistemin kaydettiği veriler 10'ar saniye aralığındadır. Bu durumda veri sayısının çok olmasından ve bu nedenle ağ eğitiminin yavaşlamasından dolayı Excel programında yazılan formül sayesinde veri aralığı Şekil 5.20'de görüldüğü gibi 1'er dakikalık zaman aralıklarına indirgenmiştir.

Basınç	Sıcaklık	Verilerin Formül İle Getirildiği		Alınan Verilerin İlk Hali	
1	90	Son Hali			
1	90				
1	90	Süre (sn)	Nem Oranı	Süre (sn)	Nem Oranı
1	90	0	1	0	1
1	90	60	0,989776	10	0,9988112
1	90	120	0,958985	20	0,9966713
1	90	180	0,948523	30	0,9938181
1	90	240	0,943887	40	0,9938181
1	90	300	0,93402	50	0,9944125
1	90	360	0,931166	60	0,989776
1	90	420	0,905012	70	0,9809786
1	90	480	0,895145	80	0,9682581
1	90	540	0,860906	90	0,9682581
1	90	600	0,856864	100	0,9624328
1	90	660	0,855675	110	0,9654049
1	90	720	0,831899	120	0,9589852
1	90	780	0,833682	130	0,9543488
1	90	840	0,827857	140	0,9525655
1	90	900	0,815731	150	0,9497123
1	90	960	0,808122	160	0,9491179
1	90	1020	0,801702	170	0,9503067
1	90	1080	0,78494	180	0,9485235
1	90	1140	0,790171	190	0,9432926
1	90	1200	0,776856	200	0,9676637
1	90	1260	0,755932	210	0,956132
1	90	1320	0,755338	220	0,9514956
1	90	1380	0,758785	230	0,9503067
1	90	1440	0,73382	240	0,943887

Şekil 5.20 Deneysel verilerin bir dakikalığa getirilmesi

Veri grubu 1'er dakikalık aralıklara getirildikten sonra, modellemede test verisi olarak kullanacağımız 10'ar dakikalık veri dizileri çıkartılmıştır (Şekil 5.21).

		1'er dakikalık verilerin içerisinden 10'ar dakikalık veri setinin çıkartılmış hali.		Çıkartılan 10'ar dakikalık veriler.	
Basınç	Sıcaklık	Süre (sn)	Nem Oranı	Süre (sn)	Nem Oranı
1	90	60	0,989776	0	0,9876
1	90	120	0,958985	600	0,858
1	90	180	0,948523	1200	0,784
1	90	240	0,943887	1800	0,6867
1	90	300	0,93402	2400	0,6168
1	90	360	0,931166	3000	0,5258
1	90	420	0,905012	3600	0,466
1	90	480	0,895145	4200	0,4001
1	90	540	0,860906	4800	0,3436
1	90	660	0,855675	5400	0,2946
1	90	720	0,831899	6000	0,2403
1	90	840	0,827857	6600	0,1976
1	90	900	0,815731	7200	0,1539
1	90	960	0,808122	7800	0,1018
1	90	1020	0,801702	8400	0,0763
1	90	1140	0,790171	9000	0,0441
1	90	1380	0,758785		
1	90	1440	0,73382		
1	90	1560	0,711827		
1	90	1680	0,704812		

Şekil 5.21 Deneysel verilerin onar dakikalık aralığa getirilmesi

Yapay sinir ağları ile tahmin modellemesi yaparken veri setindeki bazen olağan dışı durum değişimleri göz ardı edilmelidir. Aksi takdirde ağ eğitim esnasında yanlış öğrenerek test sonucu hatalı veriler üretebilmektedir. 10'ar dakikalık veriler çıkartıldıktan sonra geri kalan eğitim setinden bahsetmiş olduğumuz olağan dışı veriler eğitim setinden çıkartılır (Şahin 2012).

A	B	C	D	E	F	G	H
Süre	Nem						
300	0,733679						
360	0,709967						
420	0,699969						
480	0,682716						
540	0,663693						
660	0,653783						
720	0,645643						
900	0,639096						
780	0,638653						
840	0,637857						
960	0,628744						
1020	0,623169						
1080	0,619276						
1260	0,602377						
1140	0,599369						
1320	0,593794						
1380	0,589017						
1440	0,587778						
1500	0,578222						
1560	0,573444						
1620	0,569197						
1680	0,559642						
1740	0,555306						
1920	0,543273						
1860	0,542831						
1980	0,538938						
2040	0,533717						

Bu veri setinde tüm tablo seçilir daha sonra 'A' sütununa göre sıralama yapıldı ve bu şekilde hatalı veriler rahatlıkla açığa çıkmış oldu. Devamında ise bu veriler silinerek eğitim setinden uzaklaştırıldı.

Şekil 5.22 Eğitim verilerinden hatalı değerlerin çıkarılması

Verilerin modellenmesinde iki grup bulunmaktadır, bunlar bobin çapı $D=18$ cm ve $D=14$ cm için olan deneysel verilerdir. Çalışmada, $D=18$ cm çapındaki bobinler için 0,5 bar'da 90°C ve 100°C ; 1 bar'da 80°C , 90°C , 100°C , 2 bar'da 80°C , 90°C , 100°C ve 3 bar'da 80°C , 90°C , 100°C olmak üzere toplam 11 grup deney verisi düzenlenmiştir. Çapı $D=14$ cm olan iplik bobinleri için ise 1 bar'da 80°C , 90°C , 100°C , 2 bar'da 80°C , 90°C , 100°C ve 3 bar'da 80°C , 90°C , 100°C olmak üzere toplam 9 grup deney verisi düzenlenmiştir. Daha sonra $D=18$ cm çapındaki bobinlere ait 11 grup deney verisi bir araya getirilmiştir. Excel programında geliştirilen makro yazılım sayesinde 11 deney grubuna ait tüm veriler karıştırılarak harmanlanmıştır. Bunun sebebi, ağı seri halinde veriler ile eğitim uygulanması ağı eğitim verilerini öğrenmesi yerine ezberlemesine yol açmasıdır.

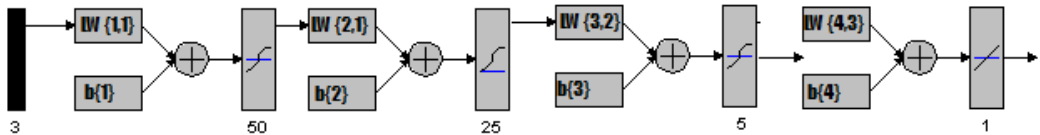
Eğitim sırasında veriler karıştırılarak ağı öğretilirse ezberlemek yerine öğretme gerçekleşmekte ve ağı başarısı daha yüksek olmaktadır (Ay 2011).

	Basınç	Sıcaklık	Süre (sn)	Nem Oranı		Basınç	Sıcaklık	Süre (sn)	Nem Oranı
	0,5	90	17040	0,03328213		0,5	90	60	0,89736475
	0,5	90	17160	0,03239735		2	100	4500	0,42131706
	0,5	90	17280	0,03027386		2	100	4080	0,46912747
Veriler Bir Araya	0,5	100	60	0,93070508	Veriler Karıştırılmış	0,5	90	7500	0,27898738
Getirilmiş Halde	0,5	100	120	0,87739336	Halde Dizilme	2	100	7380	0,18970223
Seri Dizilme Örneği	0,5	100	300	0,79984904	Örneği	1	90	2460	0,60221599
	0,5	100	360	0,79180588		1	80	8880	0,17367476
	0,5	100	420	0,76912004		3	80	12660	0,13302073
	1	80	60	0,99220448		0,5	100	180	0,83707443
	1	80	180	0,98523576		3	90	1740	0,89035559
	1	80	240	0,96338467		0,5	100	240	0,81995694
	1	80	960	0,86535009		3	100	14160	0,11201689
	1	80	1020	0,84810545		3	90	10620	0,28771445
	1	80	1080	0,84113673		0,5	90	8460	0,24182634
	1	90	8700	0,06082077		0,5	90	12120	0,13866022
	1	90	8760	0,05392553		0,5	100	8280	0,20352084
	1	90	8880	0,05154786		0,5	90	14760	0,08468824
	1	90	9060	0,04869466		3	90	7980	0,41294556
	1	90	9120	0,04453374		1	80	4140	0,50274024
	1	90	9300	0,04227495		3	90	11520	0,24834458
	1	100	60	0,98406533		3	80	1500	0,84775052
	1	100	120	0,97497759		2	90	4740	0,38257349
	1	100	300	0,91484912		0,5	90	5340	0,35286706
	1	100	360	0,91298177		3	80	6060	0,43434556

Şekil 5.23 Eğitim verilerinin sıralı düzeninin karıştırılması

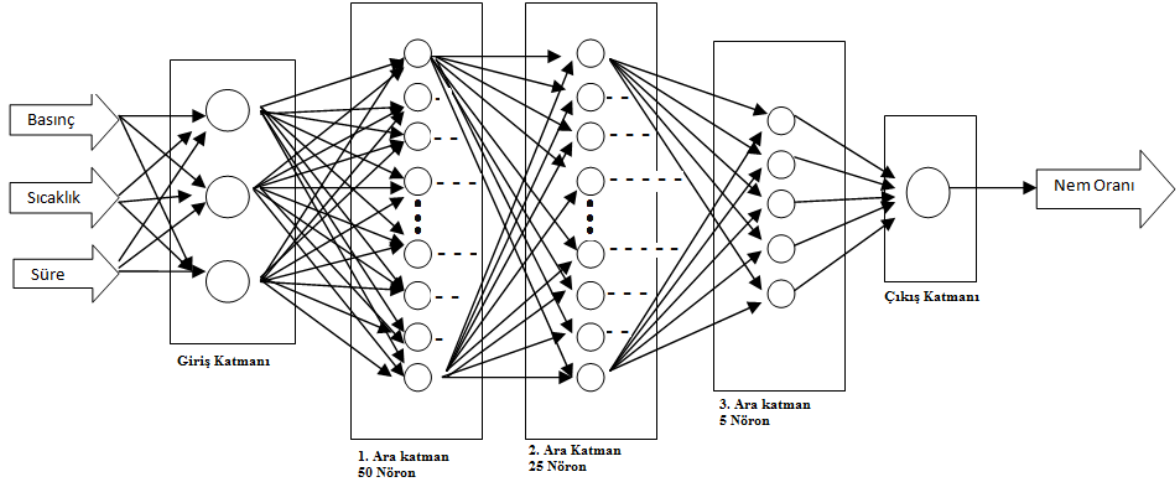
Bütün bu işlemler D=14 cm çapındaki iplik bobinleri için de uygulanarak eğitime hazır hale getirilmiştir. Devamında ise yapay sinir ağını eğitmek amacı ile kullanmış olduğumuz bir yazılım olan MATLAB paket programı sayesinde bu eğitim verileri sisteme entegre edilmek suretiyle ağ eğitime hazır hale getirilmiştir.

Yapay sinir ağlarının aktivasyon fonksiyonu, katman sayısı ve nöron sayısı gibi değişkenler deneme yanılma metodu kullanıldığından dolayı bu eğitim sürecinde değişik varyasyonlar denenmiştir. Bunlar içerisinde ise iki eğitim algoritması için ortak bir ağ mekanizması geliştirilmiştir. Bu algoritma bir ileri beslemeli geri yayımlı ağ ve 3 katmandan oluşur. İlk katmanda 50 nöron ve logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu, ikinci katmanda 25 nöron ve tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu, son olarak ise üçüncü katmanda 5 nöron ve logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu ve çıkış fonksiyonu olarak da purelin fonksiyonu kullanılmıştır.



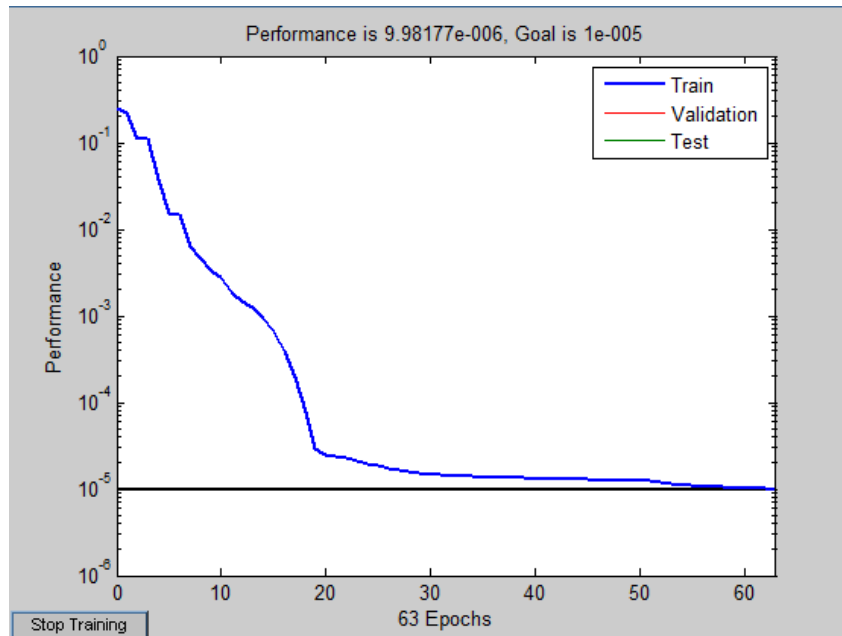
Şekil 5.24 Yapay sinir ağının ana şablonu

Ağa girdi olarak basınç, sıcaklık ve süre, çıktı olarak ise nem oranı öğretilmiştir. Bu durumda Şekil 5.25’de gösterildiği gibi ileri beslemeli geri yayımlı bir ağ yapısı ortaya çıkmıştır.

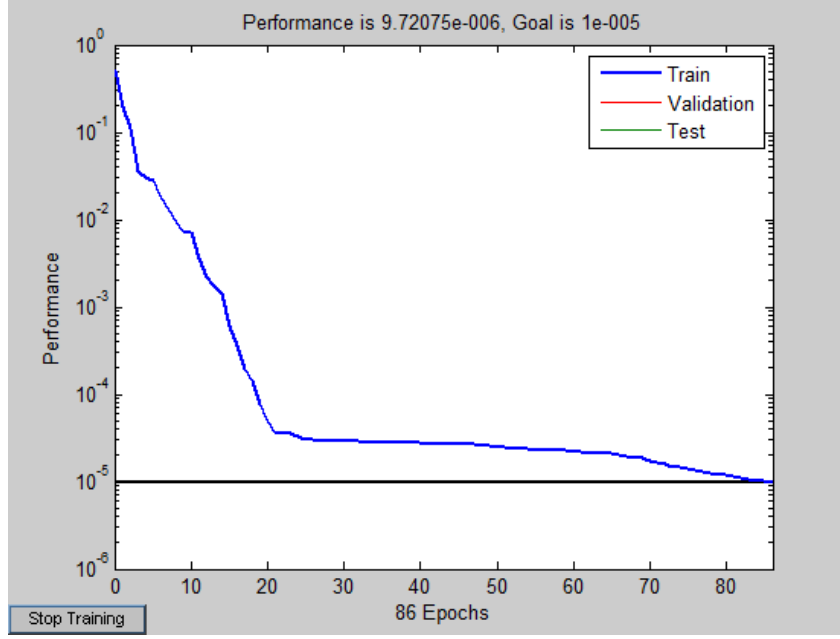


Şekil 5.25 Ağın katman ve işlemci sayılarının görünümü

Şekil 5.26 ve 5.27’de gösterilen grafikler oluşturulan ağın eğitimi sırasındaki performansını göstermektedir.



Şekil 5.26 D=18 cm çapındaki bobinlerin eğitim performans grafiği



Şekil 5.27 D=14 cm çapındaki bobinlerin eğitim performans grafiği

Ağ eğitimindeki döngü sayısı ve performans değeri tasarımcının tercihinin göre oluşturulmaktadır. Tasarımcı tarafından belirlenen performans değerine ulaşan eğitim algoritması başarılı sayılmaktadır. Yapılan çalışmada istenen maksimum hata 10^{-5} tolerans çizgisinin üstünde ise yapılan eğitimin başarısız olduğu kabul edilmiştir. Bu uygulamada amaç minimum döngüde maksimum performans ile ağın başarılı şekilde eğitim yapmasıdır. Bu da ağ eğitiminin performans ve tahmin bazında başarılı olduğunu göstermektedir. Yapılan eğitimlerde D=18 cm çapa sahip bobinler 63 döngüde, D=14 cm çapa sahip bobinler ise 86 döngüde başarılı bir performans sergilemişlerdir.

5.2.3 Ampirik ve yarı ampirik matematiksel modelleme

Literatürde kullanılan çeşitli ampirik ve yarı ampirik matematiksel modeller kuruma davranışlarını simüle etmek için kullanılmaktadır. Bu eşitliklerde t kuruma süresini; k, n, a, k_1 , b, k_2 ve g katsayıları ise eşitliklerde yer alan model parametrelerini ifade etmektedir.

Çizelge 5.1 Kuruma davranışını ifade etmede kullanılan bazı ampirik ve yarı ampirik modeller (Cihan ve ark. 2007)

MODEL ADI	MODEL DENKLEMİ
Newton	$mr = \exp(-kt)$
Page	$mr = \exp(-kt^n)$
Henderson&Pabis	$mr = a \exp(-kt)$
Two term	$mr = a_1 \exp(-k_1t) + a_2 \exp(-k_2t)$
Logarithmic	$mr = a_0 + a \exp(-kt)$
Verma et al.	$mr = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$

Yapılan sıcak hava ile kurutma denemeleri sonucunda deney ürünü olan tekstil bobininin zamana bağlı nem içeriklerinden meydana gelene değişimler belirlenmiştir. Deney ürününün, başlangıç halinde ki kütle miktarı (m_0), herhangi bir anda ki kütle miktarı (m) ve ürünün ortam koşulları ile denge halinde ki kütle miktarı (m_e) değerlerinden yararlanılarak, boyutsuz nem oranı değerleri hesaplanmış ve 6 farklı matematiksel model yardımı ile açıklanmaya çalışılmıştır.

$$mr = \frac{m - m_e}{m_0 - m_e} \quad (5.1)$$

Malzemelerin nem içeriğini ifade etmede yaş hali (yaş) ve kuru hali (kuru) olmak üzere iki tanımdan biri kullanılmaktadır. Yaş haline göre nem içeriği malzemedeki su kütlelerinin malzemenin tüm külesine oranı olarak tanımlıdır.

$$\%m_{yaş} = \frac{m_s}{m_s + m_k} \times 100 \quad (5.2)$$

Kuru baza göre nem ise, malzemedeki su külesinin malzemenin kuru külesine oranıdır:

$$\%m_{kuru} = \frac{m_s}{m_k} \times 100 \quad (5.3)$$

Kuru ve yaş baza göre nem içeriklerinin karşılaştırılması ise:

$$\%m_{kuru} = \frac{m_{yaş}}{100 - m_{yaş}} \times 100 \quad (5.4)$$

Deneylemlerden elde edilen reel verilerle, modelleme sonucu elde edilen verilerin nem oranları arasındaki uyum istatistiksel olarak açıklamak için, ortalama karesel sapma (χ^2), standart hata (e_s) ve korelasyon katsayısı (r) gibi değerler hesaplanmıştır. Bu durumda χ^2

değerinin azalması, e_s değerinin 0'a yakın olması ve r sayısının en yüksek değeri olan 1'e en yakın olması en uygun model seçimini göstermektedir. Bu kriterlerin değerleri aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak bulunmaktadır.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(mr_{deneysel} - mr_{tahminsel})^2}{N-n} \quad (5.5)$$

$$e_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (mr_{tahminsel} - mr_{deneysel})^2}{N}} \quad (5.6)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (mr_{tahminsel} - mr_{deneysel,ort})^2 - \sum_{i=1}^N (mr_{tahminsel} - mr_{deneysel})^2}{\sum_{i=1}^N (mr_{deneysel} - mr_{deneysel,ort})^2} \quad (5.7)$$

Yukarıdaki bağıntılarda;

$mr_{tahminsel}$: Tahmin edilen nem oranı,

$mr_{deneysel}$: Deneysel nem oranı,

N : Ölçüm sayısı,

n : Kurutma denklemindeki parametre sayısı,

olarak ifade edilmektedir.

Yün iplik bobinleri için Henderson denklemi (Sousa ve ark. 2001) kullanılarak aşağıdaki bağıntılar yardımıyla, kurutma şartları için yün iplik bobinlerinin çevre ortamla denge durumundaki kütleleri hesaplanmıştır.

$$\Psi_e = 2,38 \left(\frac{1}{T} \ln \left(\frac{1}{1-Rh} \right) \right)^{0,481} \quad (5.8)$$

$$m_e = m_{kuru} (1 + \Psi_e) \quad (5.9)$$

D=18 cm çapındaki bobin için; $m_{dengeortam23^\circ C}=1065$ g ve $m_{kuru}=968$ g olduğu ve D=14 cm çapındaki bobin için; $m_{dengeortam23^\circ C}=608$ g ve $m_{kuru}=554$ g olduğu göz önünde bulundurularak;

farklı basınç ve sıcaklıklarda bobinlerin denge kütleleri psikometrik diyagram yardımıyla Çizelge 4.2’de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2 D=18 cm ve D=14 cm çapındaki bobinler için denge kütleleri

Basınç – Sıcaklık	Denge Kütleleri (gram)	
	D=18 cm yün bobin	D=14 cm yün bobin
0,5 bar - 90°C	1003,48	-
0,5 bar - 100°C	999,04	-
1 bar - 80°C	1014,02	578,55
1 bar - 90°C	1007,30	574,72
1 bar - 100°C	1002,15	571,78
2 bar - 80°C	1020,71	582,37
2 bar - 90°C	1013,72	578,38
2 bar - 100°C	1007,38	574,76
3 bar - 80°C	1026,71	587,37
3 bar - 90°C	1019,72	583,38
3 bar - 100°C	1013,38	578,76

6. ARAŞTIRMALAR VE BULGULAR

6.1 Deneysel Sonuçlar

Yün iplik bobinlerinin farklı kurutma şartları için deneysel olarak elde edilen nem oranlarının zamanla değişimleri 10'ar dakikalık zaman aralıklarıyla Çizelge 6.1–Çizelge 6.7'de gösterilmektedir. Deneysel kurutma verileri 2 farklı bobin çapı (D=18 cm ve D=14 cm), 4 farklı efektif kurutma havası basıncı ($P_{\text{eff}} = 0,5$ bar, 1 bar, 2 bar ve 3 bar) ve 3 farklı kurutma havası sıcaklığı (T=80°C, 90°C ve 100°C) için elde edilmiştir.

Çizelge 6.1 D =18 cm bobin çapı ve $P_{\text{eff}}=0,5$ bar için deneysel sonuçlar

D =18 cm, $P_{\text{eff}}=0,5$ bar			
Süre (Dakika) (t)	90°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)	Süre (Dakika) (t)	100°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)
0	1,000	0	1,000
10	0,806	10	0,701
20	0,674	20	0,568
30	0,598	30	0,465
40	0,525	40	0,392
50	0,464	50	0,352
60	0,414	60	0,286
70	0,386	70	0,253
80	0,353	80	0,229
90	0,321	90	0,206
100	0,281	100	0,187
110	0,264	110	0,169
120	0,248	120	0,156
130	0,227	130	0,148
140	0,219	140	0,129
150	0,198	150	0,124
160	0,194	160	0,120
170	0,178	170	0,110
180	0,168	180	0,095
190	0,160	190	0,084
200	0,151	-	-
210	0,138	-	-
220	0,129	-	-
230	0,120	-	-
240	0,119	-	-
250	0,117	-	-
260	0,110	-	-
270	0,100	-	-
280	0,099	-	-

Çizelge 6.2 D =18 cm bobin çapı ve $P_{eff}=1$ bar için deneysel sonuçlar

D =18 cm, $P_{eff} =1$ bar					
Süre (Dakika) (<i>t</i>)	80°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	90°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	100°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)
0	1,000	0	1,000	0	1,000
10	0,831	10	0,741	10	0,645
20	0,690	20	0,567	20	0,451
30	0,585	30	0,478	30	0,378
40	0,521	40	0,394	40	0,291
50	0,461	50	0,315	50	0,254
60	0,415	60	0,299	60	0,229
70	0,361	70	0,245	70	0,201
80	0,345	80	0,214	80	0,191
90	0,310	90	0,187	90	0,174
100	0,286	100	0,164	100	0,157
110	0,267	110	0,142	110	0,140
120	0,248	120	0,130	120	0,126
130	0,230	130	0,125	130	0,119
140	0,212	140	0,110	140	0,095
150	0,193	150	0,100	-	-
160	0,177	160	0,095	-	-
170	0,160	-	-	-	-
180	0,142	-	-	-	-
190	0,127	-	-	-	-
200	0,109	-	-	-	-
210	0,092	-	-	-	-

Çizelge 6.3 D =18 cm bobin çapı ve $P_{eff}=2$ bar için deneysel sonuçlar

D =18 cm, $P_{eff} =2$ bar					
Süre (Dakika) (<i>t</i>)	80°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	90°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	100°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)
0	1,000	0	1,000	0	1,000
10	0,761	10	0,685	10	0,545
20	0,588	20	0,503	20	0,391
30	0,504	30	0,398	30	0,328
40	0,457	40	0,361	40	0,268
50	0,381	50	0,295	50	0,221
60	0,331	60	0,225	60	0,187
70	0,301	70	0,195	70	0,168
80	0,274	80	0,187	80	0,145
90	0,265	90	0,147	90	0,124
100	0,245	100	0,131	100	0,118
110	0,210	110	0,110	110	0,109
120	0,190	120	0,094	120	0,096
130	0,179	130	0,087	-	-
140	0,147	140	0,079	-	-
150	0,138	-	-	-	-
160	0,125	-	-	-	-
170	0,102	-	-	-	-
180	0,091	-	-	-	-
190	0,082	-	-	-	-

Çizelge 6.4 D =18 cm bobin çapı ve $P_{eff}=3$ bar için deneysel sonuçlar

D =18 cm, $P_{eff}=3$ bar					
Süre (Dakika) (<i>t</i>)	80°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	90°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	100°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)
0	1,000	0	1,000	0	1,000
10	0,869	10	0,795	10	0,858
20	0,765	20	0,658	20	0,698
30	0,680	30	0,582	30	0,641
40	0,614	40	0,497	40	0,551
50	0,554	50	0,439	50	0,492
60	0,506	60	0,364	60	0,465
70	0,462	70	0,331	70	0,378
80	0,424	80	0,278	80	0,335
90	0,424	90	0,259	90	0,301
100	0,384	100	0,227	100	0,279
110	0,353	110	0,212	110	0,259
120	0,320	120	0,175	120	0,251
130	0,295	130	0,158	130	0,216
140	0,271	140	0,145	140	0,194
150	0,249	150	0,128	150	0,178
160	0,227	160	0,119	160	0,165
170	0,207	170	0,112	170	0,142
180	0,188	180	0,104	180	0,137
190	0,176	190	0,097	190	0,125
200	0,163	200	0,090	200	0,115
210	0,146	210	0,086	210	0,108
220	0,125	-	-	220	0,112
230	0,114	-	-	230	0,098
240	0,105	-	-	-	-
250	0,093	-	-	-	-

Çizelge 6.5 D =14 cm bobin çapı ve $P_{eff}=1$ bar için deneysel sonuçlar

D =14 cm, $P_{eff} =1$ bar					
Süre (Dakika) (t)	80°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)	Süre (Dakika) (t)	90°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)	Süre (Dakika) (t)	100°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)
0	1,000	0	1,000	0	1,000
10	0,699	10	0,650	10	0,460
20	0,498	20	0,387	20	0,282
30	0,341	30	0,270	30	0,208
40	0,268	40	0,209	40	0,156
50	0,231	50	0,171	50	0,127
60	0,182	60	0,141	60	0,107
70	0,160	70	0,120	70	0,092
80	0,138	80	0,104	-	-
90	0,118	90	0,094	-	-
100	0,0945	-	-	-	-

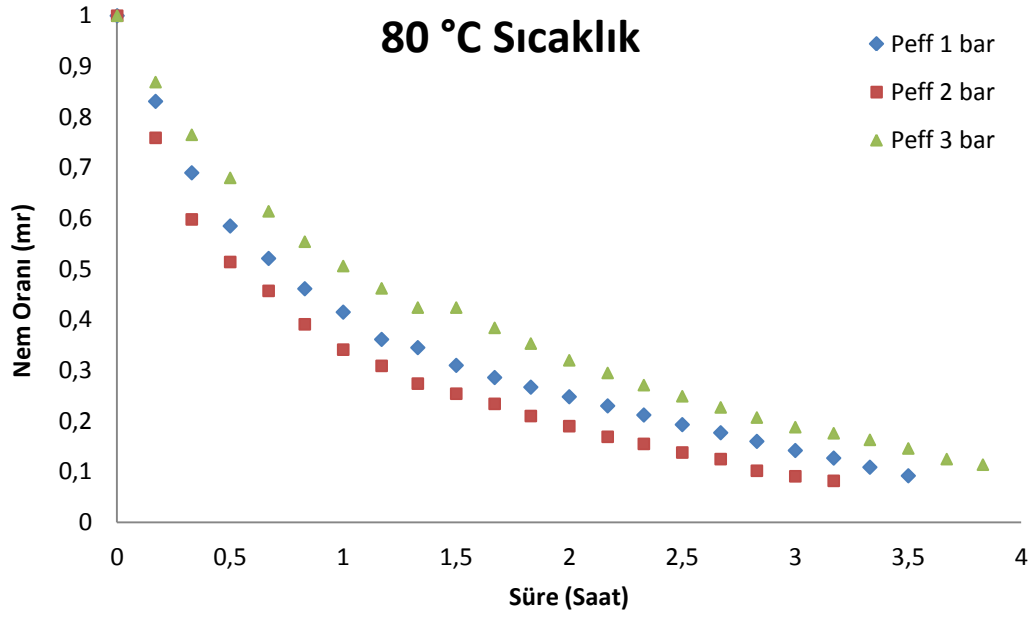
Çizelge 6.6 D =14 cm bobin çapı ve $P_{eff}=2$ bar için deneysel sonuçlar

D =14 cm, $P_{eff} =2$ bar					
Süre (Dakika) (t)	80°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)	Süre (Dakika) (t)	90°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)	Süre (Dakika) (t)	100°C Sıcaklıkta Nem Oranı (mr)
0	1,000	0	1,000	0	1,000
10	0,645	10	0,556	10	0,419
20	0,438	20	0,334	20	0,241
30	0,309	30	0,221	30	0,160
40	0,224	40	0,169	40	0,125
50	0,191	50	0,134	50	0,091
60	0,154	60	0,110	60	0,080
70	0,124	70	0,091	-	-
80	0,101	80	0,084	-	-
90	0,087	-	-	-	-

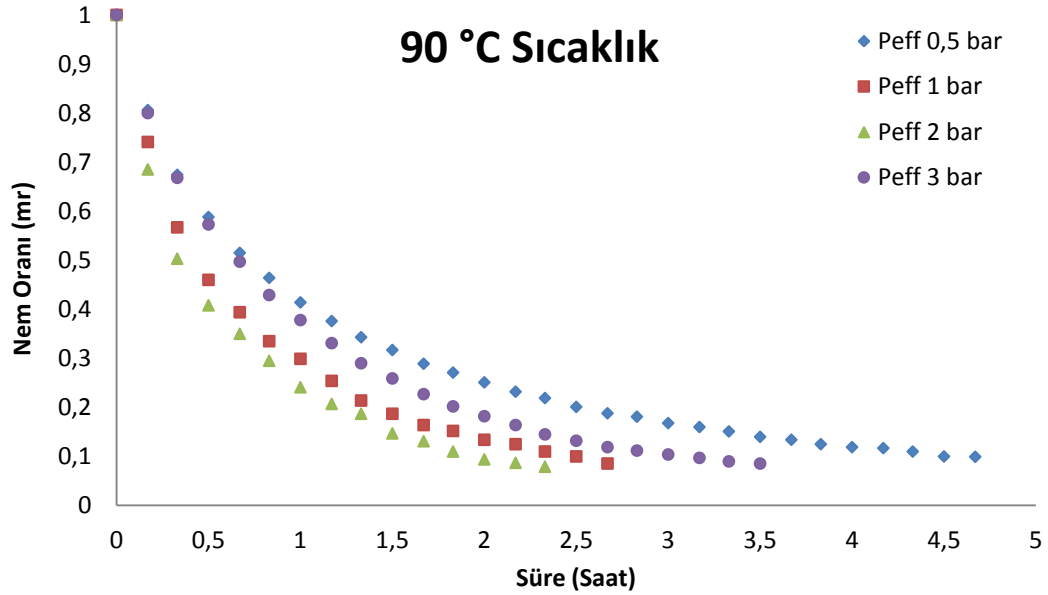
Çizelge 6.7 D =14 cm bobin çapı ve $P_{eff}=3$ bar için deneysel sonuçlar

D =14 cm, $P_{eff}=3$ bar					
Süre (Dakika) (<i>t</i>)	80°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	90°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)	Süre (Dakika) (<i>t</i>)	100°C Sıcaklıkta Nem Oranı (<i>mr</i>)
0	1,000	0	1,000	0	1,000
10	0,737	10	0,667	10	0,623
20	0,560	20	0,485	20	0,409
30	0,443	30	0,381	30	0,295
40	0,368	40	0,310	40	0,225
50	0,309	50	0,254	50	0,184
60	0,259	60	0,215	60	0,155
70	0,221	70	0,181	70	0,132
80	0,189	80	0,158	80	0,120
90	0,167	90	0,139	90	0,108
100	0,147	100	0,123	100	0,095
110	0,128	110	0,110	-	-
120	0,113	120	0,094	-	-
130	0,094	-	-	-	-

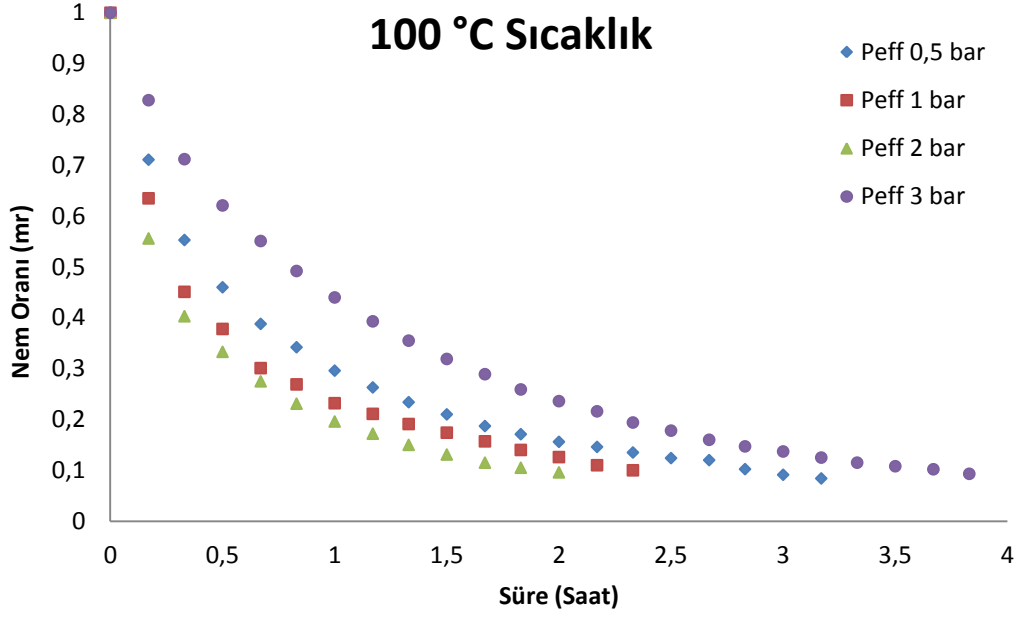
Çizelge 6.1 – Çizelge 6.7’de verilmiş olan bobin nem oralarının zamanla değişim değerlerinin grafiksel görünümü Şekil 6.1 – Şekil 6.6 ‘da verilmektedir.



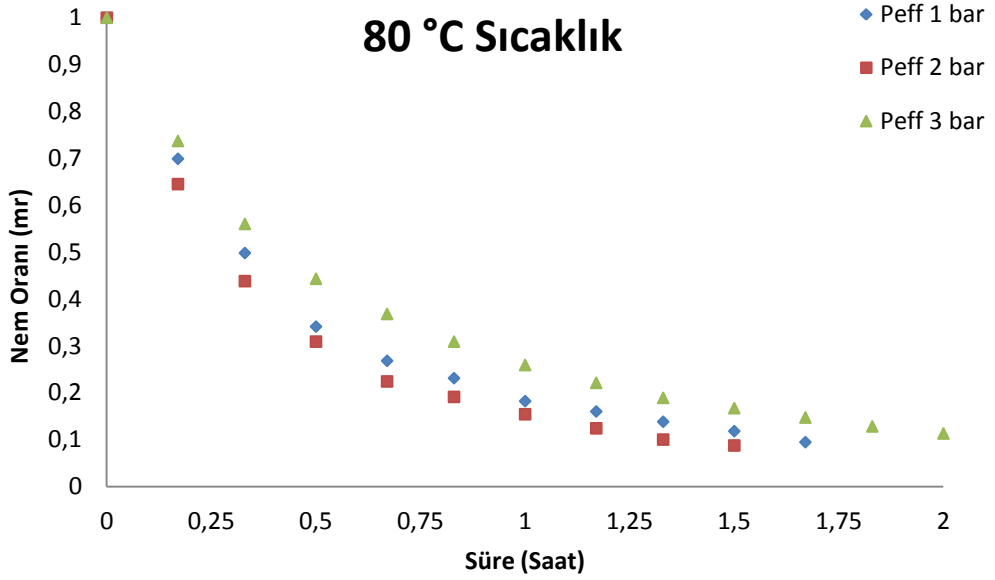
Şekil 6.1 D=18 cm bobin çapı ve T= 80°C için kuruma davranışı



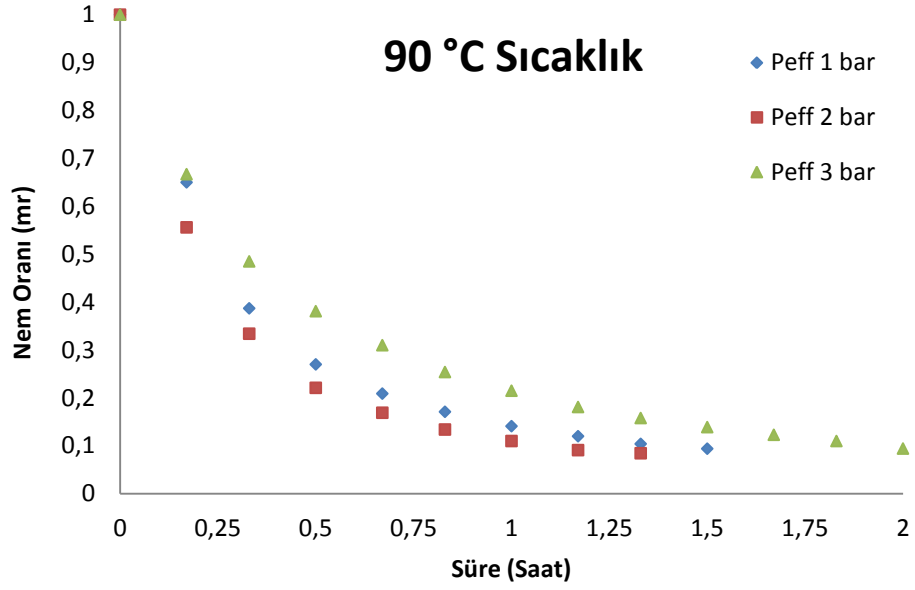
Şekil 6.2 D=18 cm bobin çapı ve T= 90°C için kuruma davranışı



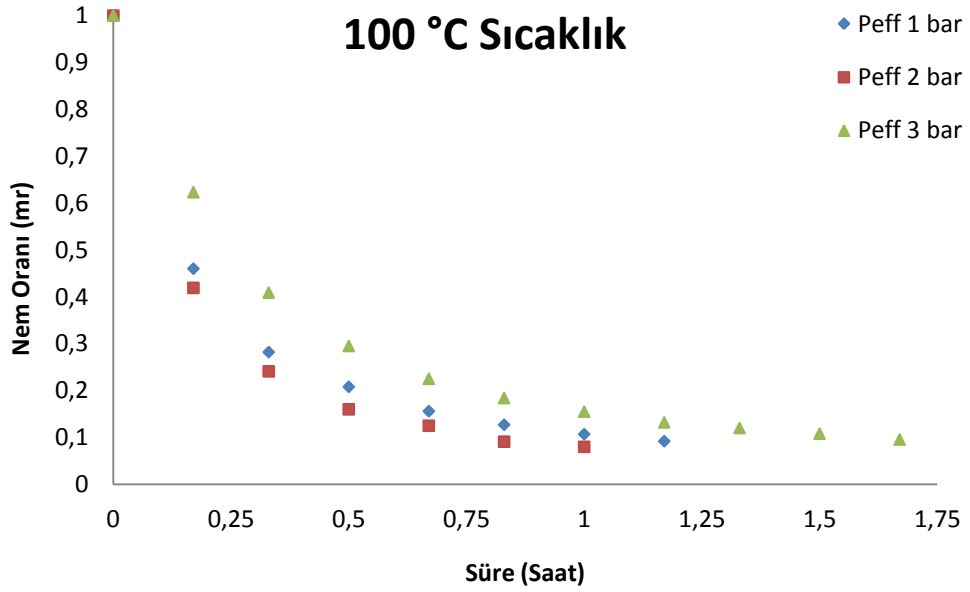
Şekil 6.3 D=18 cm bobin çapı ve T= 100°C için kuruma davranışı



Şekil 6.4 D=14 cm bobin çapı ve T= 80°C için kuruma davranışı



Şekil 6.5 D=14 cm bobin çapı ve T= 90°C için kuruma davranışı



Şekil 6.6 D=14 cm bobin çapı ve T= 100°C için kuruma davranışı

6.2 Modelleme Sonucu Regresyon Değerleri

Çizelge 6.8 D=18 cm, $P_{eff}=0,5$ bar için regresyon analizi sonuçları

Model Adı	Sıcaklık (t), °C	Sabit Katsayılar	r	e_s	χ^2
Newton	90 °C	k=0,715782	0,974252	0,166876	0,006181
	100 °C	k=0,788770	0,985810	0,046838	0,002465
Page	90 °C	k=0,850843 n=0,683065	0,998274	0,002572	0,000095
	100 °C	k=1,191391 n=0,647127	0,998466	0,001660	0,000092
Henderson&Pabis	90 °C	a=0,862930 k=0,607391	0,967044	0,054788	0,002029
	100 °C	a=0,866229 k=0,982775	0,958331	0,052123	0,002896
Two term	90 °C	a1=0,473395 k1=2,127500 a2=0,517135 k2=0,372427	0,999015	0,001438	0,000058
	100 °C	a1=0,510089 k1=3,459642 a2=0,482217k2=0,553416	0,998527	0,001572	0,000098
Logarithmic	90 °C	a ₀ =0,113041 a=0,831044 k=0,976442	0,992678	0,010677	0,000411
	100 °C	a ₀ =0,113975 a=0,837027 k=1,633790	0,990180	0,010468	0,000616
Verma et al	90 °C	a=0,527656 k=0,378411 g=2,231468	0,998984	0,001539	0,000059
	100 °C	a=0,488583 k=0,559341 g=3,568116	0,998511	0,001632	0,000096
Yapay Sinir Ağları	90 °C	-	0,999802	0,003375	0,000011
	100 °C	-	0,999758	0,005528	0,000030

Çizelge 6.9 D=18 cm, P_{eff}=1 bar için regresyon analizi sonuçları

Model Adı	Sıcaklık (t), °C	Sabit Katsayılar	r	e _s	χ ²
Newton	80 °C	k= 0,664373	0,989750	0,033957	0,001698
	90 °C	k= 0,841790	0,985036	0,023832	0,001702
	100 °C	k= 0,982540	0,986627	0,023395	0,002127
Page	80 °C	k= 0,859166 n=0,747104	0,997190	0,003513	0,000176
	90 °C	k=1,233984 n=0,730206	0,997853	0,002262	0,000151
	100 °C	k=1,437288 n=0,583176	0,994382	0,004718	0,000363
Henderson&Pabis	80 °C	a=0,904987 k=0,693058	0,977722	0,029541	0,001477
	90 °C	a=0,912581 k=1,119940	0,977082	0,027956	0,001864
	100 °C	a=0,867420 k=1,337372	0,932088	0,067182	0,005168
Two term	80 °C	a1=0,348178 k1=2,886236 a2=0,657905 k2=0,506516	0,998788	0,001502	0,000083
	90 °C	a1=0,485625 k1=3,178426 a2=0,512816 k2=0,670418	0,998837	0,001208	0,000093
	100 °C	a1=0,610163 k1=4,468697 a2=0,390497 k2=0,563089	0,999032	0,000807	0,000073
Logarithmic	80 °C	a ₀ =0,111655 a=0,850181 k=1,020420	0,990997	0,011120	0,000585
	90 °C	a ₀ =0,101007 a=0,870820 k=1,648779	0,995100	0,005088	0,000363
	100 °C	a ₀ =0,140132 a=0,835325 k=2,628835	0,988995	0,009175	0,000765
Verma et al	80 °C	a=0,345093 k=2,810400 g=0,504906	0,998779	0,001545	0,000081
	90 °C	a=0,515059 k=0,672493 g=3,203761	0,998838	0,001211	0,000086
	100 °C	a=0,390259 k=0,562751 g=4,462071	0,999032	0,000807	0,000067
Yapay Sinir Ağları	80 °C	-	0,999570	0,006647	0,000044
	90 °C	-	0,999574	0,008602	0,000074
	100 °C	-	0,999523	0,009799	0,000096

Çizelge 6.10 D=18 cm, $P_{\text{eff}}=2$ bar için regresyon analizi sonuçları

Model Adı	Sıcaklık (t), °C	Sabit Katsayılar	r	e_s	χ^2
Newton	80 °C	k= 0,668048	0,993772	0,038626	0,002146
	90 °C	k= 0,768064	0,991798	0,047093	0,003140
	100 °C	k= 0,708087	0,995383	0,041463	0,002764
Page	80 °C	k=1,059655 n=0,687408	0,996447	0,003933	0,000219
	90 °C	k=1,428856 n=0,708003	0,997834	0,002054	0,000158
	100 °C	k= 1,646005 n= 0,543530	0,999253	0,000570	0,000052
Henderson&Pabis	80 °C	a=0,877931 k=0,856742	0,965336	0,041379	0,002299
	90 °C	a=0,909667 k=1,359412	0,973564	0,028913	0,002224
	100 °C	a=0,870027 k=1,697547	0,929135	0,064689	0,005881
Two term	80 °C	a1=0,380007 k1=4,226345 a2=0,623010 k2=0,605507	0,998005	0,002205	0,000138
	90 °C	a1=0,404460 k1=5,221614 a2=0,596680 k2=0,911139	0,998310	0,001601	0,000146
	100 °C	a1=0,543294 k1=7,492515 a2=0,456158 k2=0,834537	0,999030	0,000740	0,000082
Logarithmic	80 °C	$a_0=0,110111$ a=0,834999 k=1,322351	0,983798	0,017867	0,001051
	90 °C	$a_0=0,093835$ a=0,871033 k=1,968686	0,990000	0,009469	0,000789
	100 °C	$a_0=0,132198$ a=0,836222 k=3,280080	0,982235	0,013497	0,001350
Verma et al	80 °C	a=0,622198 k=0,604922 g=4,185111	0,998006	0,002215	0,000130
	90 °C	a=0,596149 k=0,910602 g=5,200288	0,998308	0,001603	0,000134
	100 °C	a=0,456242 k=0,834674 g=7,499710	0,999031	0,000741	0,000074
Yapay Sinir Ağları	80 °C	-	0,999855	0,005078	0,000025
	90 °C	-	0,999913	0,004075	0,000016
	100 °C	-	0,999796	0,006400	0,000040

Çizelge 6.11 D=18 cm, $P_{eff}=3$ bar için regresyon analizi sonuçları

Model Adı	Sıcaklık (t), °C	Sabit Katsayılar	r	e_s	χ^2
Newton	80 °C	k=0,513101	0,997565	0,020446	0,000852
	90 °C	k=0,404908	0,997257	0,048183	0,001927
	100 °C	k=0,452128	0,998529	0,048743	0,002119
Page	80 °C	k=0,659836 n=0,838024	0,997364	0,004094	0,000171
	90 °C	k=0,976144 n=0,793178	0,998903	0,001493	0,000075
	100 °C	k=0,818834 n=0,815092	0,997166	0,004189	0,000190
Henderson&Pabis	80 °C	a=0,934523 k=0,551368	0,992057	0,012513	0,000521
	90 °C	a=0,924098 k=0,846781	0,988686	0,017726	0,000886
	100 °C	a=0,934342 k=0,700511	0,988290	0,019164	0,000871
Two term	80 °C	a1=0,842425 k1=0,495806 a2=0,161758 k2=3,751969	0,998472	0,002383	0,000108
	90 °C	a1=0,595042 k1=0,595250 a2=0,395479 k2=2,256595	0,998635	0,001840	0,000102
	100 °C	a1=0,413513 k1=1,751224 a2=0,584786 k2=0,483020	0,997717	0,003338	0,000167
Logarithmic	80 °C	$a_0=0,052114$ $a=0,901923$ $k=0,639774$	0,993677	0,009738	0,000423
	90 °C	$a_0=0,075502$ $a=0,890527$ $k=1,106716$	0,997078	0,003931	0,000207
	100 °C	$a_0=0,083162$ $a=0,893774$ $k=0,924665$	0,996358	0,005325	0,000254
Verma et al	80 °C	a=0,842222 k=0,495767 g=3,669101	0,998474	0,002403	0,000104
	90 °C	a=0,001808 k=-0,991497 g=0,925871	0,998995	0,017959	0,000945
	100 °C	a=0,591078 k=0,486190 g=1,780497	0,998717	0,003341	0,000159
Yapay Sinir Ağları	80 °C	-	0,999911	0,001796	0,000003
	90 °C	-	0,998461	0,008584	0,000163
	100 °C	-	0,999807	0,003047	0,000009

Çizelge 6.12 D=14 cm, P_{eff}=1 bar için regresyon analizi sonuçları

Model Adı	Sıcaklık (t), °C	Sabit Katsayılar	r	e _s	χ ²
Newton	80 °C	k=1,143566	0,975769	0,014721	0,001472
	90 °C	k=1,458233	0,971061	0,008373	0,001396
	100 °C	k=2,137644	0,982768	0,014490	0,002898
Page	80 °C	k=1,682312 n=0,792243	0,994568	0,004506	0,000501
	90 °C	k=2,015449 n=0,766068	0,990508	0,007601	0,000950
	100 °C	k=2,315691 n=0,591826	0,998611	0,000920	0,000153
Henderson&Pabis	80 °C	a=0,959090 k=1,763454	0,984379	0,015494	0,001722
	90 °C	a=0,965721 k=2,270192	0,980798	0,019771	0,002471
	100 °C	a=0,951680 k=3,242093	0,968663	0,028545	0,004758
Two term	80 °C	a ₁ =0,222122 k ₁ =0,491232 a ₂ =0,783039 k ₂ =2,859170	0,998820	0,000961	0,000137
	90 °C	a ₁ =0,875807 k ₁ =3,355680 a ₂ =0,131471 k ₂ =0,231343	0,997793	0,001727	0,000288
	100 °C	a ₁ =0,323639 k ₁ =1,107030 a ₂ =0,676304 k ₂ =7,405592	0,999907	0,000061	0,000015
Logarithmic	80 °C	a ₀ =0,098430 a=0,902513 k=2,465646	0,998409	0,001295	0,000162
	90 °C	a ₀ =0,095446 a=0,910396 k=3,194883	0,997706	0,001795	0,000256
	100 °C	a ₀ =0,112124 a=0,881873 k=5,097432	0,996711	0,002156	0,000431
Verma et al	80 °C	a=0,524112 k=1,866845 g=1,826086	0,987727	0,017703	0,002213
	90 °C	a=0,124684 k=0,198489 g=3,297034	0,997775	0,001782	0,000255
	100 °C	a=0,323657 k=1,107086 g=7,406300	0,999907	0,000061	0,000012
Yapay Sinir Ağları	80 °C	-	0,999622	0,014043	0,000197
	90 °C	-	0,998463	0,026491	0,000327
	100 °C	-	0,999934	0,021141	0,000104

Çizelge 6.13 D=14 cm, P_{eff}=2 bar için regresyon analizi sonuçları

Model Adı	Sıcaklık (t), °C	Sabit Katsayılar	r	e _s	χ ²
Newton	80 °C	k=1,298852	0,989397	0,025101	0,002789
	90 °C	k=1,416314	0,986357	0,015160	0,002166
	100 °C	k=1,667369	0,974384	0,011775	0,001682
Page	80 °C	k=1,920871 n=0,783867	0,997402	0,002060	0,000258
	90 °C	k=2,303313 n=0,721306	0,995921	0,003076	0,000439
	100 °C	k=2,724842 n=0,626105	0,998878	0,000740	0,000148
Henderson&Pabis	80 °C	a=0,960696 k=2,089514	0,987389	0,012354	0,001544
	90 °C	a=0,963899 k=2,800612	0,983608	0,017175	0,002454
	100 °C	a=0,971151 k=4,025901	0,981588	0,017712	0,003542
Two term	80 °C	a ₁ =1,229553 k ₁ =2,089414 a ₂ =-0,268862 k ₂ =2,089314	0,987386	0,012354	0,002059
	90 °C	a ₁ =0,818752 k ₁ =4,420828 a ₂ =0,182330 k ₂ =0,603818	0,999835	0,000121	0,000024
	100 °C	a ₁ =-0,004631 k ₁ =4,024415 a ₂ =0,975795 k ₂ =4,025823	0,981587	0,017712	0,005904
Logarithmic	80 °C	a ₀ =0,087604 a=0,908296 k=2,821887	0,999000	0,000776	0,000111
	90 °C	a ₀ =0,088973 a=0,909008 k=3,883170	0,999370	0,000463	0,000077
	100 °C	a ₀ =0,092932 a=0,903622 k=5,712305	0,998274	0,001122	0,000280
Verma et al	80 °C	a=0,545001 k=2,208961 g=2,152311	0,990337	0,014245	0,002035
	90 °C	a=31,465283 k=2,915649 g=2,915649	0,987066	0,018600	0,003100
	100 °C	a=0,280349 k=1,298876 g=7,688596	0,999909	0,000059	0,000015
Yapay Sinir Ağları	80 °C	-	0,999893	0,010539	0,000030
	90 °C	-	0,999800	0,007987	0,000063
	100 °C	-	0,999361	0,015388	0,000199

Çizelge 6.14 D=14 cm, P_{eff}=3 bar için regresyon analizi sonuçları

Model Adı	Sıcaklık (t), °C	Sabit Katsayılar	r	e _s	χ ²
Newton	80 °C	k=0,835673	0,945641	0,056867	0,005687
	90 °C	k=0,956351	0,790538	0,079455	0,009932
	100 °C	k=0,846515	0,988775	0,036914	0,003356
Page	80 °C	k=1,331133 n=0,765603	0,998578	0,001333	0,000111
	90 °C	k=1,518617 n=0,695038	0,998483	0,001296	0,000118
	100 °C	k=1,851642 n=0,697008	0,994523	0,004398	0,000489
Henderson&Pabis	80 °C	a=0,933782 k=1,277801	0,983186	0,017935	0,001495
	90 °C	a=0,917031 k=1,513704	0,971623	0,028487	0,002590
	100 °C	a=0,941834 k=2,068335	0,974024	0,027200	0,003022
Two term	80 °C	a ₁ =0,469844 k ₁ =3,354044 a ₂ =0,531603 k ₂ =0,784832	0,999849	0,000139	0,000014
	90 °C	a ₁ =0,472819 k ₁ =0,815904 a ₂ =0,526871 k ₂ =4,267874	0,999837	0,000138	0,000015
	100 °C	a ₁ =0,770149 k ₁ =3,767342 a ₂ =0,231111 k ₂ =0,529491	0,999875	0,000099	0,000014
Logarithmic	80 °C	a ₀ =0,100950 a=0,881584 k=1,818053	0,997016	0,002749	0,000250
	90 °C	a ₀ =0,112225 a=0,866637 k=2,346994	0,995172	0,004061	0,000406
	100 °C	a ₀ =0,106644 a=0,888609 k=3,135450	0,998907	0,000858	0,000107
Verma et al	80 °C	a=0,529454 k=0,782749 g=3,329868	0,999848	0,000141	0,000013
	90 °C	a=88,585478 k=1,673855 g=1,673855	0,980438	0,037996	0,003800
	100 °C	a=0,229846 k=0,526071 g=3,754581	0,999874	0,000100	0,000013
Yapay Sinir Ağları	80 °C	-	0,999901	0,020331	0,000413
	90 °C	-	0,999962	0,030865	0,000952
	100 °C	-	0,999958	0,029741	0,000254

7. SONUÇ

Bu deneysel tez çalışmasında, yün iplik bobinlerinin içten-dışa doğru sıcak hava ile kurutulması işlemi yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Deneysel çalışma tekstil sanayinde hali hazırda kullanılmakta olan ve sıcak hava ile çalışan basınçlı bobin kurutma makinesinin bir prototipi niteliğindeki iplik bobini kurutma deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler sabit bir kurutma havası debisinde, $D=18$ cm ve $D=14$ cm olmak üzere iki farklı bobin çapı, dört farklı kurutma havası efektif basıncı ($P_{\text{eff}}=0,5$ bar, 1 bar, 2 bar ve 3 bar) ve $T=80^{\circ}\text{C}$, 90°C ve 100°C olmak üzere üç farklı kurutma havası sıcaklığı için yapılarak öncelikle yün iplik bobininin deneysel kuruma davranışı belirlenmiştir. Daha sonra literatürde mevcut ampirik-yarı ampirik kurutma modelleri arasından yün iplik bobini kurutma prosesini en iyi şekilde simüle eden model, istatistiksel analiz yöntemiyle tespit edilmiş, ayrıca elde edilen deneysel veriler kullanılarak yapay sinir ağları modeli kullanılarak bobine ait tahmini nem oranları tespit edilmiştir. Yapay sinir ağlarından elde edilen nem oranları hem deneylerden elde edilen nem oranları ile hem de mevcut kurutma modellerinin en uygun olanları ile karşılaştırılarak sonuçlar ortaya konmuştur.

Elde edilen deneysel sonuçlara göre genel olarak bütün deney şartları için geçerli olmak üzere kurumanın ilk 10 dakikalık zaman zarfı içerisinde hızlı bir şekilde gerçekleştiği ancak daha sonraki zaman dilimlerinde ise kademeli olarak azaldığı gözlenmektedir. Öte yandan bu çalışma neticesinde kurutma havası sıcaklığının ve basıncının yün iplik bobinlerinin kuruma davranışını üzerinde önemli ölçüde etkisi bulunduğu ortaya konmuştur. Bu parametrelerin değiştirilmesi sonucu kurutma süresinde olumlu ve olumsuz değişimler söz konusudur.

Kuruma hızı kurutma havası sıcaklığının artmasıyla ve buna paralel olarak kurutma havasının bağıl neminin azalmasıyla birlikte artmaktadır. Bu nedenle kurutma havasının sıcaklığının artması kuruma süresini kısaltmaktadır. Yani deneylerde kullanılan her iki bobin çapı ve farklı kurutma havası basınç şartlarında kurutma havası sıcaklığının 100°C olduğu durumlarda kuruma hızı diğer sıcaklık değerlerine nazaran daha yüksek olmaktadır.

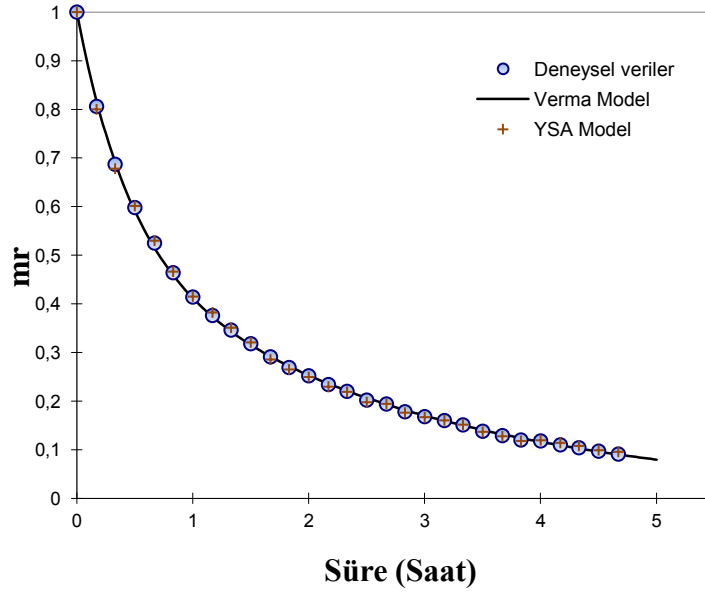
Diğer taraftan kurutma havası basıncının artırılması ilk başta kuruma süresinin kısalmasına neden olmaktadır. Çünkü basıncın artmasıyla birlikte kurumanın gerçekleştiği portmantiyer içerisine giren havanın kütlelerinde artışa neden olmakta da bu durum kuruma süresine olumlu olarak yansımaktadır. Zira elde edilen sonuçlara göre kurutma havasının basıncı 0,5 bardan 1 bara ve 1 barda 2 bara kadar artırıldığı durumlarda basınç artışıyla birlikte kuruma hızlanmakta ve bu duruma paralel olarak kuruma süreleri önemli miktarda

kısalmaktadır. Bununla birlikte basıncın 3 bar değerine çıkarılması kurutma üzerinde aynı etkiyi oluşturmamaktadır. Basıncın bütün diğer sıcaklık şartları ve her iki farklı iplik bobini çapı için 2 bardan 3 bara çıkarılması durumunda kuruma işlemi hızlanmamakta, aksine yavaşlamakta ve kuruma süresi uzamaktadır. Şekillerden de görülebileceği gibi basıncın artmasıyla kuruma önce hızlanmakta sonra yavaşlamaktadır. En kısa sürede kuruma 2 bar efektif basınç için söz konusu olmaktadır. Çevre şartlarındaki havanın özgül neminin belirli bir değeri vardır. Belirli bir kurutma havası sıcaklığı için sabit özgül nemde kuruma havası basıncı arttıkça havanın bağıl neminde bir artış söz konusu olmaktadır. Portmantiyer içinde bobinlerden geçen havanın entalpisi sabittir. Bu nedenle hava bobinlerden geçerken psikrometrik diyagramda sabit entalpi eğrisini takip etmektedir. Havanın bobinden doymuş olarak çıktığı varsayılın. Bu durumda bobinden alınan nem artan kurutma havası basıncı ile birlikte azalmaktadır. Bunun kurutma üzerinde negatif bir etkisi vardır. Ancak basıncın artmasıyla hava kütlesi de başlangıçta yüksek miktarda daha sonra kısmen daha az artmaktadır. Basıncın artışıyla söz konusu olan kütle artışı kurutma üzerinde pozitif etki yaratmaktadır. Basınç artışı doyma sıcaklığında da bir artışa neden olmaktadır. Kurutma havası kurutmanın yapıldığı yerden çıktıktan sonra soğutma eşanjörüne girmektedir. Kondensörde dolaşan soğutma suyu ile kurutma odasını terk eden hava arasındaki sıcaklık farkının yüksek olması havadan daha etkin bir nem alma işleminin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Tüm bu etkiler sonucunda artan kurutma basıncıyla kuruma hızında önce bir artış daha sonra ise bir azalma söz konusu olmaktadır.

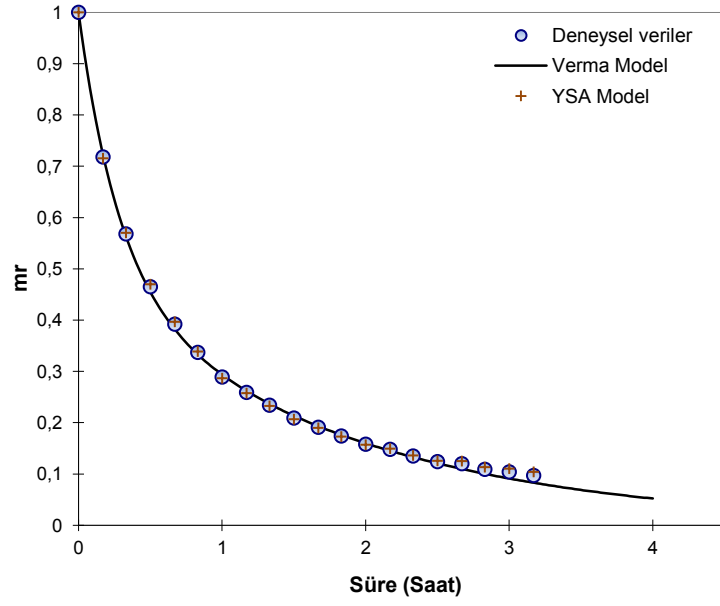
Regresyon analizi sonuçları (Çizelge 6.8-6.14) incelendiğinde, D=18 cm çapındaki yün iplik bobinlerinin kurutulması işlemi için Verma et al. modelinin, D=14 cm çapındaki bobinler için ise Two Term modelinin en iyi uyumu sağladığı ve bu modellerin literatürde mevcut ampirik-yarı ampirik modeller arasından konvektif iplik bobini kuruma prosesini en iyi simüle eden modeller oldukları görülmektedir.

Yapay sinir ağları, yapısı itibariyle en karmaşık problemleri bile çözmeye elverişlidir. Aynı zamanda ileriye dönük tahmin yetenekleri ve genelleştirme özellikleri oldukça gelişmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında, ileri beslemeli geri yayımlı ağ tipi yapısı kullanılmıştır. Kullanılan ara katman sayısı 3 olup, ilk katmanda 50 nöron, ikinci katmanda 25 nöron, üçüncü katmanda ise 5 nöron bulunmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu olarak ilk katmanda logaritmik sigmoid, ikinci katmanda tanjant hiperbolik, üçüncü katmanda ise logaritmik sigmoid kullanılmıştır. Çıkış katmanında ise purelin çıkış fonksiyonu uygulanmıştır. Tasarımda kullanılan katman sayısı, nöron sayısı ve aktivasyon fonksiyonları

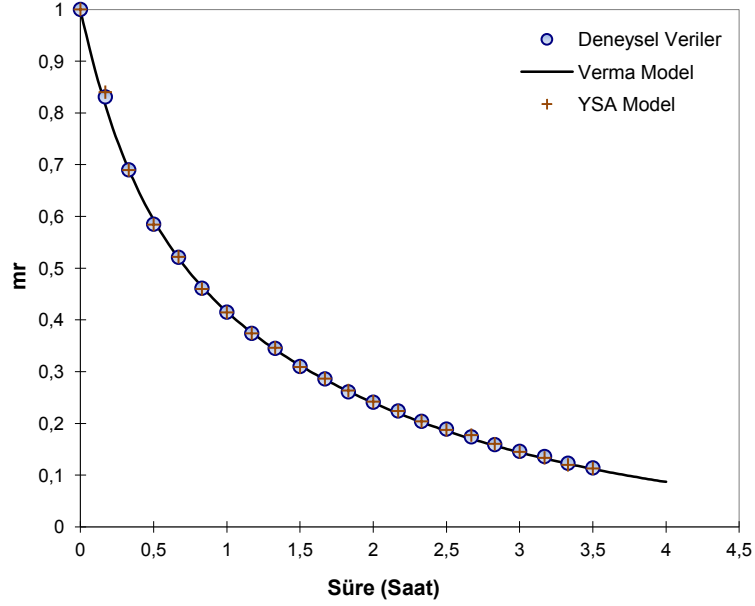
ağ performansını fazlasıyla etkilediğinden bu değişkenlerin seçiminde özen gösterilmesi oldukça önemlidir. Yapay Sinir Ağları (YSA) modellenmesinden elde edilen sonuçların regresyon analizi karşılaştırılmasında ise YSA Modelinin, Verma et al. ve Two Term modellerine göre deneysel verilerle daha iyi uyum sergilediği görülmektedir. Verma et al., Two Term ve YSA Modellerinden elde edilen nem oranı değerleri ile deneysel nem oranı değerleri ve bobin çaplarına göre en fazla uygunluk sağlayan ampirik-yarı ampirik model sonuçlarından elde edilen nem oranlarının zamana göre değişim grafiklerinin tümü bir arada Şekil 7.1–7.20’de verilmiştir. Bu grafiklerden de görüleceği üzere yün iplik bobinlerinin sıcak hava ile kurutulması işlemini, deneysel verilerle en yakın değeri sağlayacak şekilde ortaya koyan yöntemin “Yapay Sinir Ağları Metodu” olduğu görülmektedir.



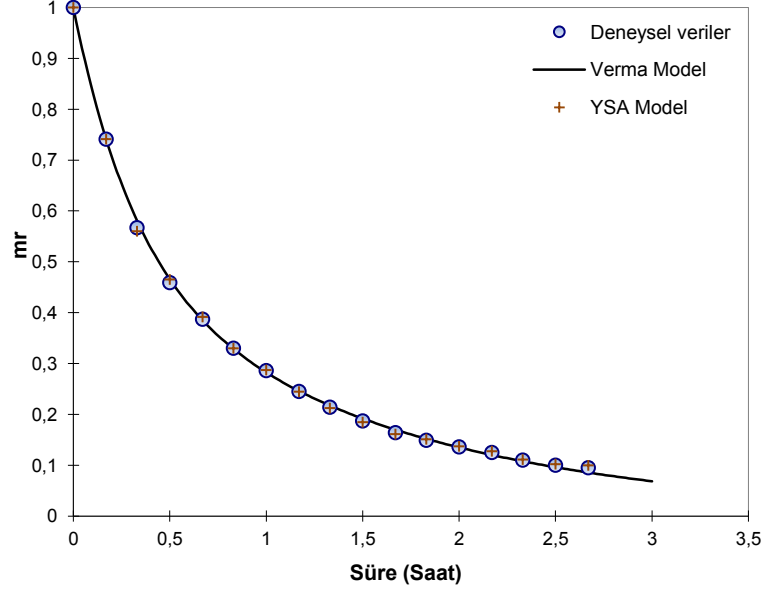
Şekil 7.1 D=18 cm $P_{eff}=0,5$ bar $T=90^{\circ}C$ 'de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



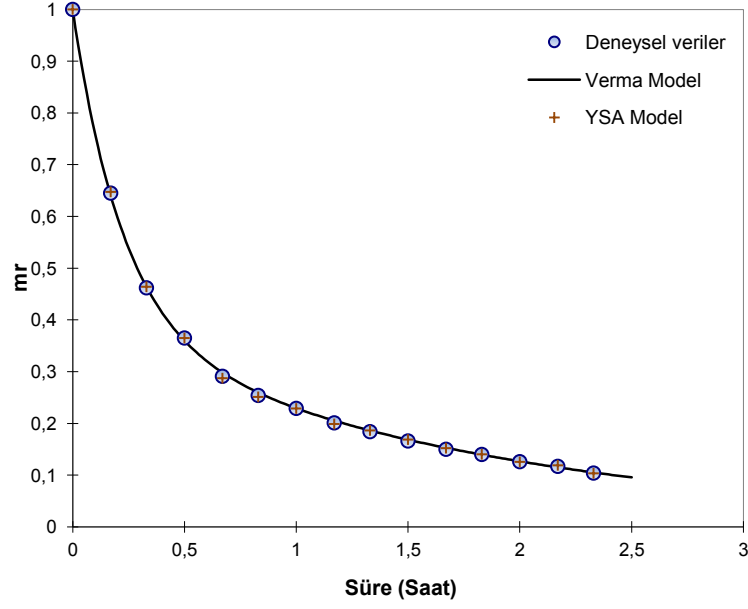
Şekil 7.2 D=18 cm $P_{eff}=0,5$ bar $T=100^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



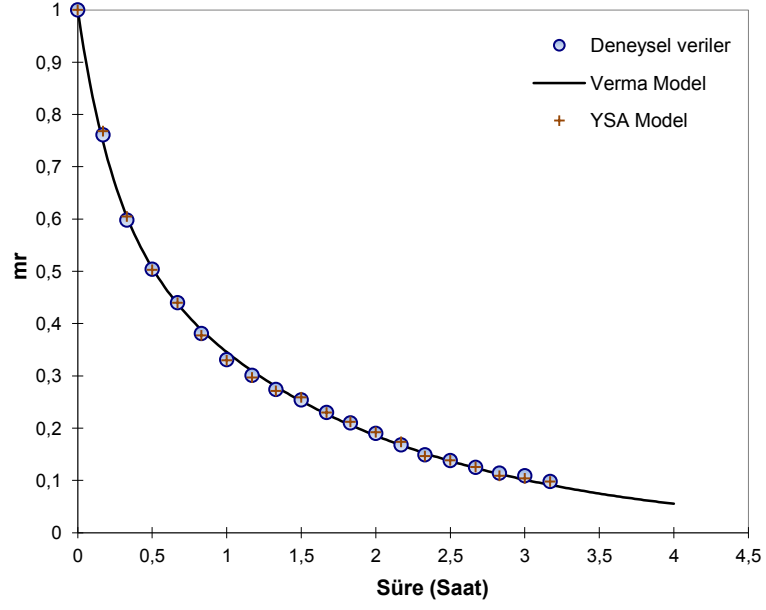
Şekil 7.3 D=18 cm $P_{eff}=1$ bar $T=80^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



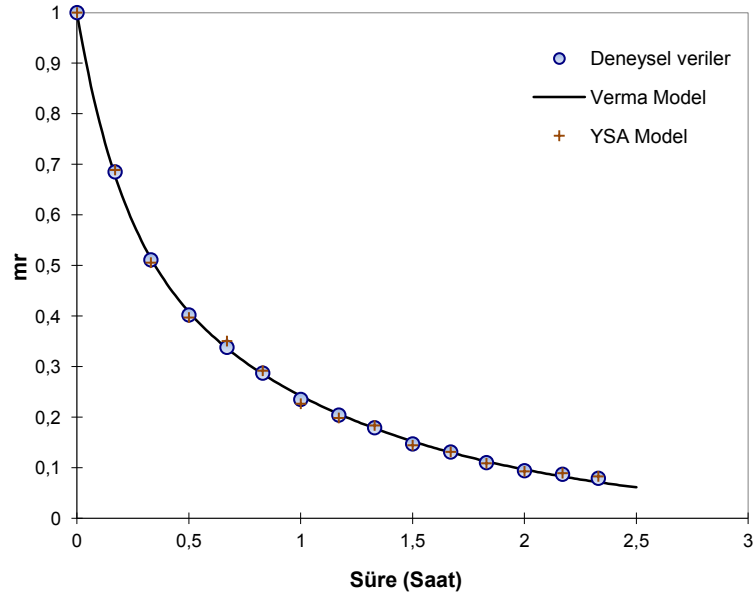
Şekil 7.4 D=18 cm $P_{\text{eff}}=1$ bar $T=90^{\circ}\text{C}$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



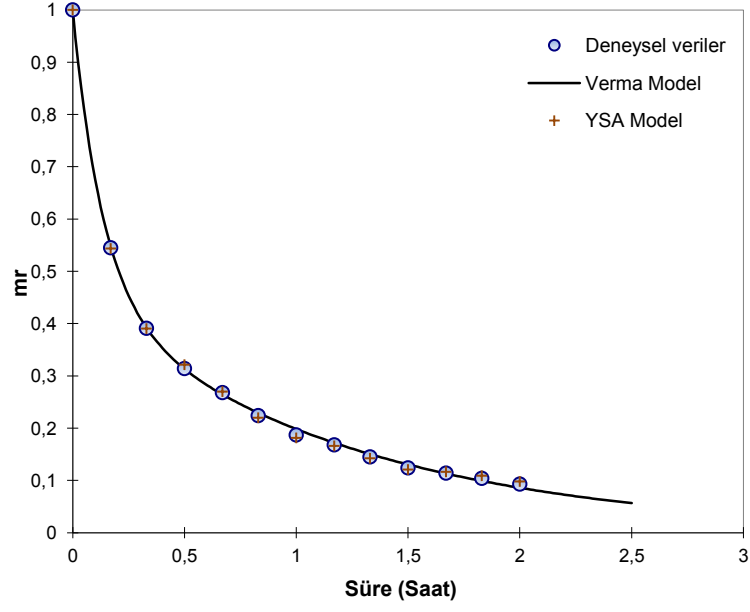
Şekil 7.5 D=18 cm $P_{\text{eff}}=1$ bar $T=100^{\circ}\text{C}$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



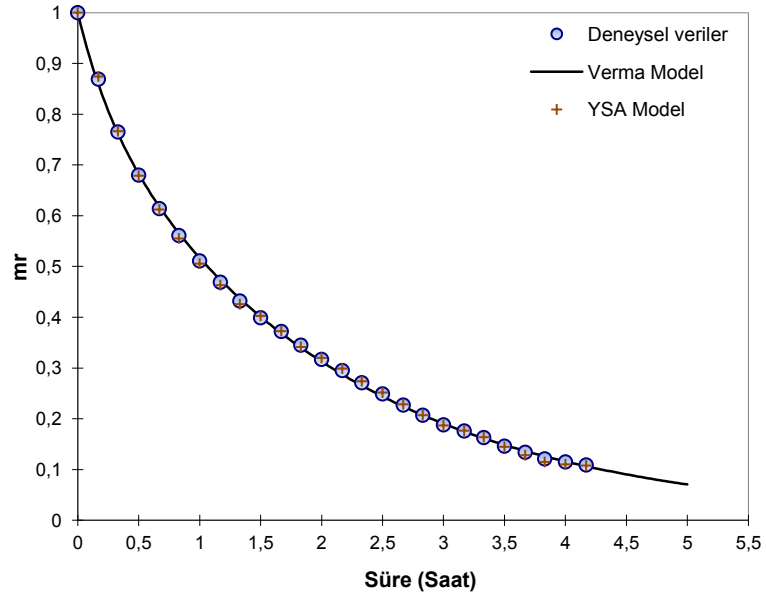
Şekil 7.6 D=18 cm $P_{eff}=2$ bar $T=80^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



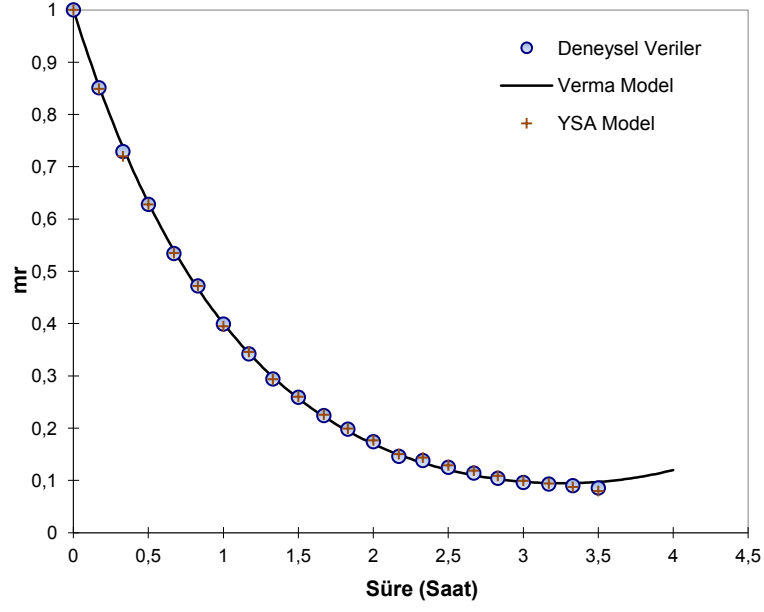
Şekil 7.7 D=18 cm $P_{eff}=2$ bar $T=90^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



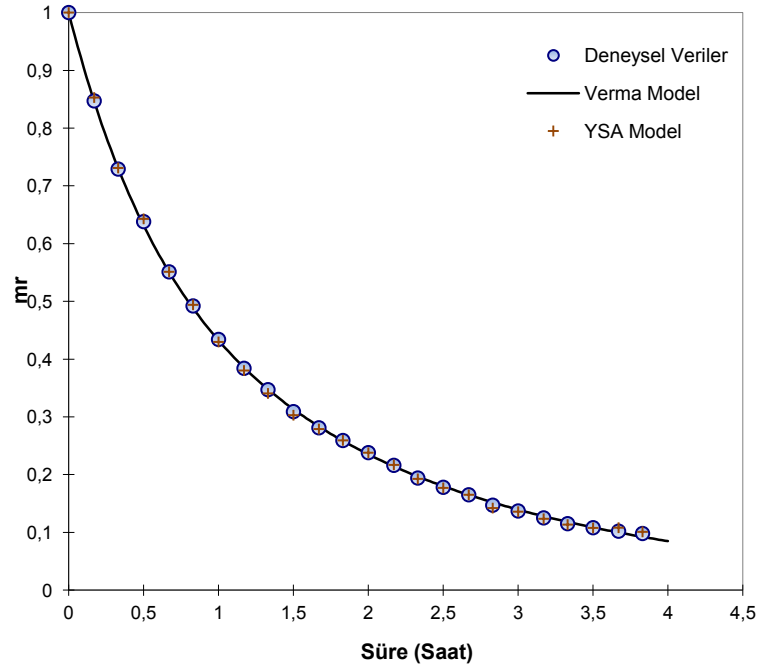
Şekil 7.8 D=18 cm $P_{eff}=2$ bar $T=100^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



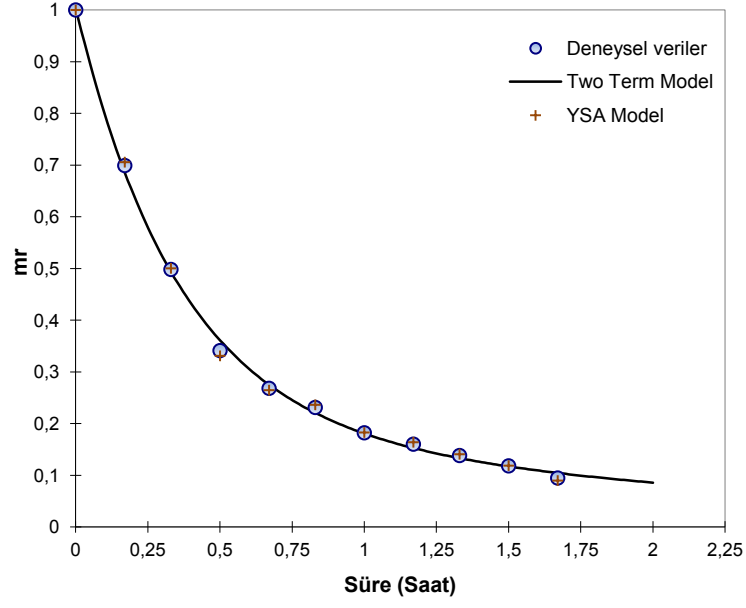
Şekil 7.9 D=18 cm $P_{eff}=3$ bar $T=80^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



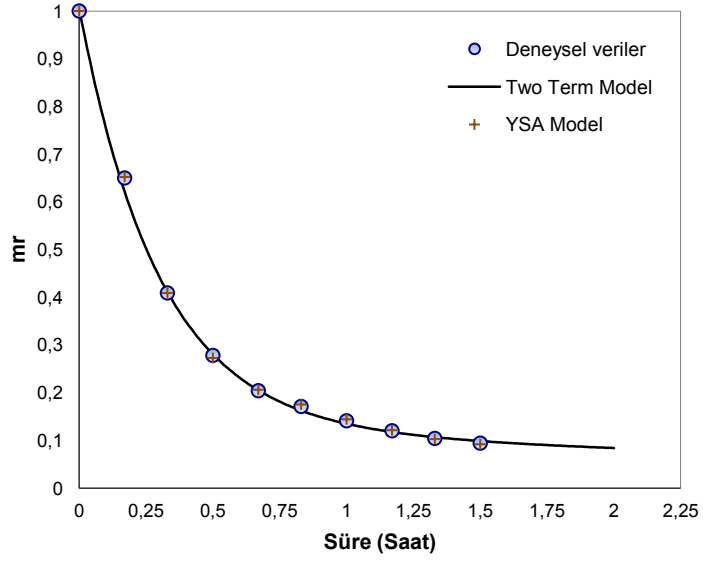
Şekil 7.10 D=18 cm $P_{eff}=3$ bar $T=90^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



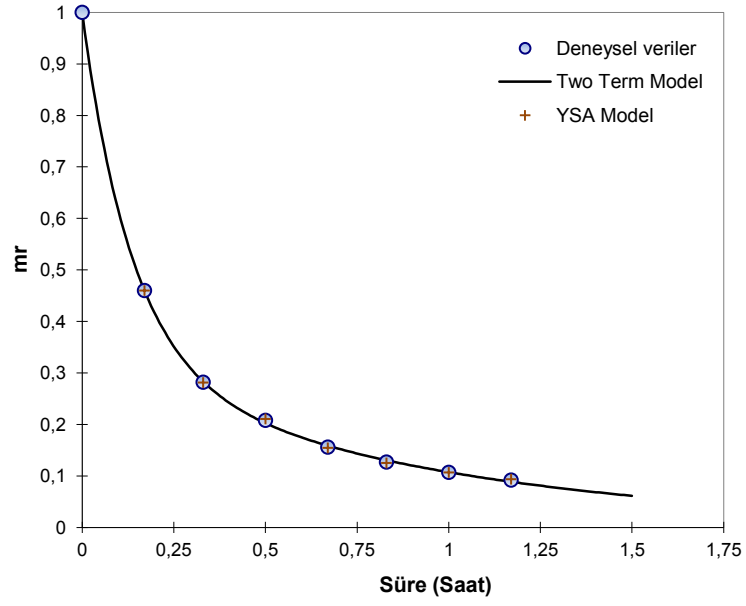
Şekil 7.11 D=18 cm $P_{eff}=3$ bar $T=100^{\circ}C$ ' de Verma et al Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



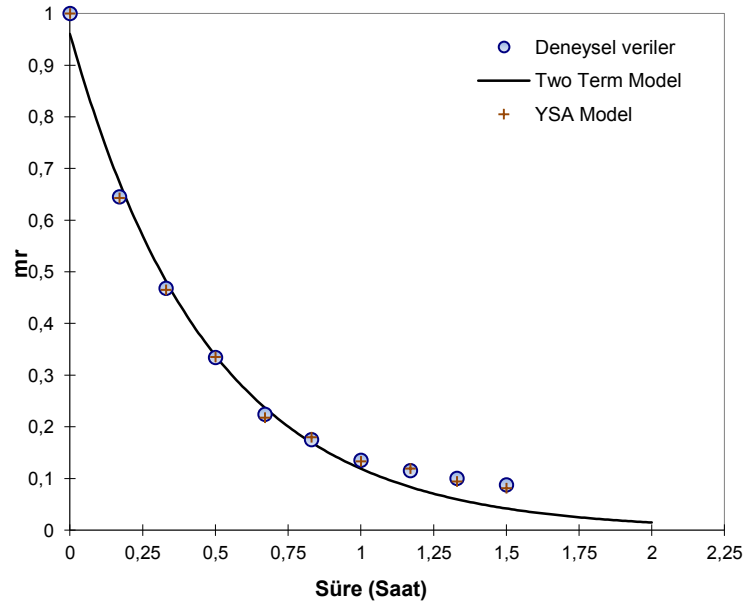
Şekil 7.12 D=14 cm $P_{eff}=1$ bar $T=80^{\circ}C$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



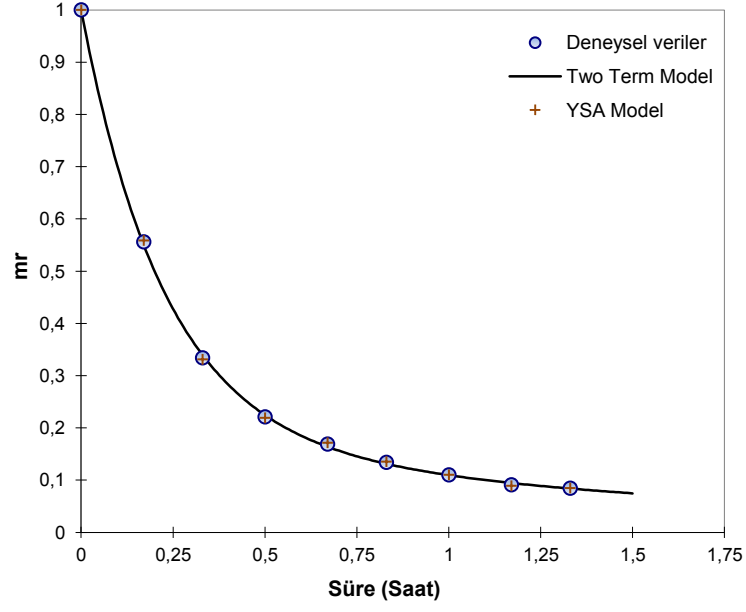
Şekil 7.13 D=14 cm $P_{eff}=1$ bar $T=90^{\circ}C$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



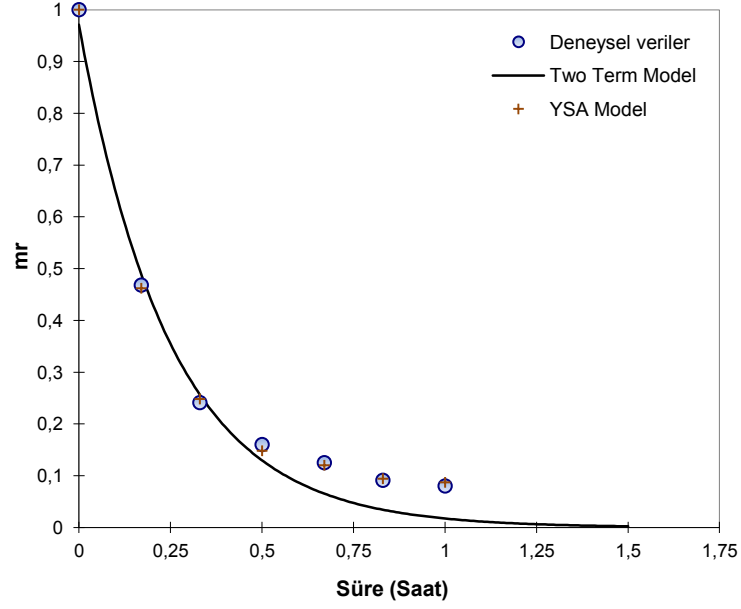
Şekil 7.14 $D=14$ cm $P_{eff}=1$ bar $T=100^{\circ}\text{C}$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



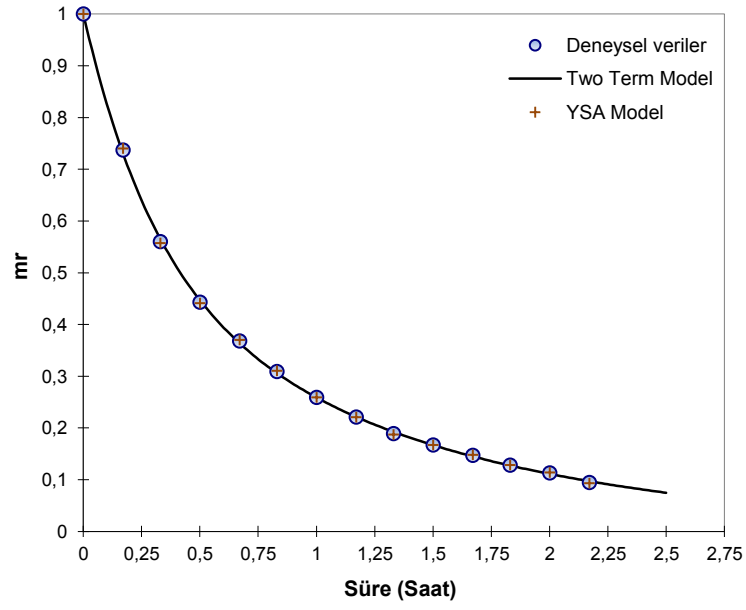
Şekil 7.15 $D=14$ cm $P_{eff}=2$ bar $T=80^{\circ}\text{C}$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



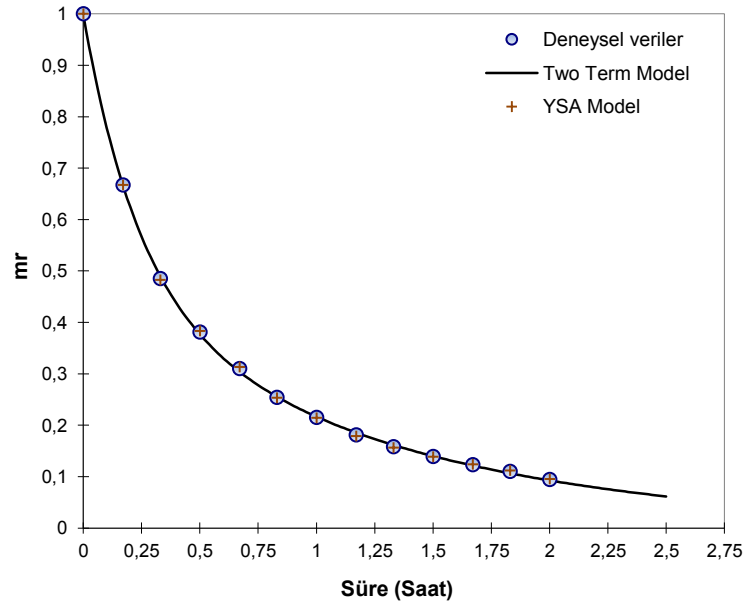
Şekil 7.16 D=14 cm $P_{eff}=2$ bar $T=90^{\circ}C$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



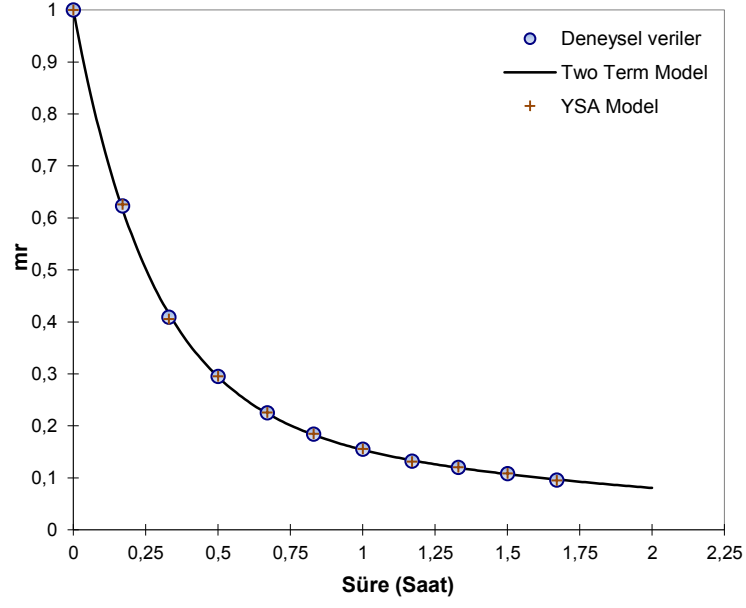
Şekil 7.17 D=14 cm $P_{eff}=2$ bar $T=100^{\circ}C$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



Şekil 7.18 $D=14$ cm $P_{eff}=3$ bar $T=80^{\circ}C$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



Şekil 7.19 $D=14$ cm $P_{eff}=3$ bar $T=90^{\circ}C$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması



Şekil 7.20 $D=14$ cm $P_{\text{eff}}=3$ bar $T=100^{\circ}\text{C}$ ' de Two Term Model ve Yapay Sinir Ağ Modelinin kuruma davranışlarının karşılaştırılması

8. KAYNAKLAR

- Akyol E (2011). Yün İplik Bobinlerinin Kuruma Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Akyol U (2007). İplik Bobininin Kurutulmasının Teorik İncelenmesi. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Ay İ (2011). Yapay Sinir Ağları Modellemesi ve Ağın Eğitiminde Dikkat Edilecek Hususlar. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (görüşme tarihi, 14.11.2011).
- Baş N (2006). Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Batar H (2005). EEG İşaretlerinin Dalgacık Analiz Yöntemleri Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Cihan A, Kahveci K, (2008). Drying of Food Materials Transport Phenomena, Nova.
- Çakmak G, Yıldız C (2011). The Prediction of Seedy Grape Drying Rate Using a Neural Network Method. Computers and Electronics in Agriculture, 75:132–138.
- Demetgül M, Yazıcıoğlu O (2006). Geri Yayılım Algoritması Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Pnömatik Sistemde Arıza Sınıflandırılması. Teknoloji, 9:101-109.
- Erentürk S, Erentürk K (2006). Havuç Kuruma Kinetiğinin Tahmininde Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağlarının Kıyaslanması. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 819-822.
- Farkas I, Reme'nyi P, Biro' A (2000). Modelling Aspects of Grain Drying With a Neural Network. Computers and Electronics in Agriculture, 29: 99–113.
- Herna'ndez-Pe'reza J.A, Garc'ia-Alvarado M.A, Trystram G, Heyd B (2004). Neural Networks For The Heat and Mass Transfer Prediction During Drying Of Cassava and Mango. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5:57–64.
- Kakıcı A (2009). Yapay Sinir Ağları. <http://www.ahmetkakici.com/category/yapay-sinir-aglari/> (Erişim Tarihi, 10.11.2011).
- Keleşoğlu Ö, Fırat A (2006). Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. Fen ve Mühendislik Bilimi Dergisi 18:133-141.
- Kıymacı K (2010). Yüz Sistemi Tanıma Algoritmalarının Geliştirilmesi. Bitirme Tezi, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.
- Lin C, Lee G (1996). Neural Fuzzy Systems. Prentice Hall, 236-240, 242, 445-448.
- Megep (2008). Meslek Eğitimi Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi. Tekstil Teknolojisi. Kurutma ve Egalize, Ankara.

- Movagharnejad K, Nikzad M (2007). Modeling Of Tomato Drying Using Artificial Neural Network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 59: 78–85.
- Menlik T, Özdemir B, Kırmacı V (2010). Determination of Freeze-Drying Behaviors of Apples by Artificial Neural Network. *Expert Systems With Applications*, 37: 7669– 7677.
- Oğulata R.T, Kadem F. D, Koç E (1999). Tekstilde Kurutma Yöntem ve Makineleri. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 803-809, İzmir.
- Öztemel E (2003). Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları. *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 45-60.
- Reich Y, Barai S.V (2000). A Methodology For Building Neural Networks Models From Empirical Engineering Data. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 13: 685-694.
- Rolltech (2011). Infrared Dalgalarla Kurutma. İstanbul, <http://www.rolltech.com.tr/irfirin.asp> (Erişim Tarihi, 05.07.2011).
- Sağıroğlu Ş, Beşdok E ve Erler M, (2003). Mühendislikte Yapay Zekâ Uygulamaları-1:Yapay Sinir Ağları, Ufuk Yayıncılık, Kayseri.
- Saraç T (2004). Yapay Sinir Ağları. Seminer Projesi, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Satish S, Pydi Setty Y (2005). Modeling Of a Continuous Fluidized Bed Dryer Using Artificial Neural Networks. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 32: 539–547.
- Sousa, N.C. Pereira, O.C.M. Lima and E.V. Fonseca, (2001). Equilibrium Moisture Isotherms of Textile Materials. *Acta Scientiarum*, Maringá, 6: 1363-1368.
- Şahin S (2012). Yapay sinir ağ eğitim verilerinin hazırlanma aşamasında yapılması gerekenler. Namık Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği A.B.D Öğretim Üyesi, Çorlu (görüşme tarihi, 02.03.2012).
- Tarakçıoğlu I (1996). Işınımla Kurutma. *Tekstil Terbiyesi ve Makineleri*, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Toraman S (2011). İplik Bobinlerinin Kuruma Davranışının Deneysel Olarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Tripathy P.P, Kumar S (2008). Neural Network Approach For Food Temperature Prediction During Solar Drying. *International Journal of Thermal Sciences* 48: 1452–1459.
- Yurtoğlu H (2005). Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği. Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı. Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Durak, 09/08/1987 yılında Hayrabolu/Tekirdağ'da doğdu. 2004 yılında Hayrabolu Lisesi'nden mezun oldu. 2005 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Ana Bilim Dalı'na giriş yaptı ve 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Eğitimi'ne başladı. 2011 yılında Namık Kemal Üniversitesi Hayrabolu Meslek Yüksek Okulu'na Serbest Öğretim Görevlisi olarak işe başladı. Halen burada çalışmakta ve yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri:

Adres : Kahya Mah. Çıkmaz Sok. No:22 Hayrabolu/TEKİRDAĞ

Tel : (541) 9462866

e-mail : durakahmet@gmail.com