



**T.C.**  
**OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI**

**YAPAY SİNİR AĞI TEKNİĞİ KULLANILARAK  
POLİPROPİLEN BCF İPLİKLERİNİN UZAMA, MUKAVEMET  
VE KIVRIMLILIK DEĞERLERİNİN TAHMİNLEMESİ:  
TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Emine ÇOT**

**OSMANIYE / 2019**

**T.C.  
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI**

**YAPAY SİNİR AĞI TEKNİĞİ KULLANILARAK POLİPROPİLEN BCF  
İPLİKLERİNİN UZAMA, MUKAVEMET VE KIVRIMLILIK DEĞERLERİNİN  
TAHMİNLEMESİ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Emine ÇOT**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emre YAKUT  
Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk RENÇBER  
Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Emin Sertaç ARI**

**OSMANİYE / 2019**

**Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne;**

Bu çalışma jürimiz tarafından Yönetim ve Bilişim Sistemleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Başkan:** Dr. Öğretim Üyesi Emre Yakut (Danışman)



**Üye:** Dr. Öğretim Üyesi Emin Sertaç ARI



**Üye:** Dr. Öğretim Üyesi Ömer Faruk RENÇBER



**ONAY**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylıyorum.

...../...../2019

Doç. Dr. Müjdat Avcı

Enstitü Müdürü

**NOT:** Bu tezde kullanılan ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

## ETİK BEYANI

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 29 / 07 / 2019

Emine Çot

## ÖZET

# YAPAY SINIR AĞI TEKNİĞİ KULLANILARAK POLİPROPİLEN BCF İPLİKLERİNİN UZAMA, MUKAVEMET VE KIVRIMLILIK DEĞERLERİNİN TAHMİNLEMESİ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

EMİNE ÇOT

**Yüksek Lisans Tezi, Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emre YAKUT**

**Ağustos 2019, 127 sayfa**

Günümüzde halı üretiminde hav ipliği olarak en çok tüketilen lif olan polipropilen (PP) ipliğin, tüketici talepleri değerlendirildiğinde daha yumuşak, parlak, görünümü muhafaza etme ve rezilyansı iyileştirilmiş özellikte olması istenmektedir. PP ipliğin makine halısı üretiminde kullanılan doğal veya diğer sentetik ipliklere nazaran yumuşaklık ve parlaklık anlamında dezavantaja sahip olduğu bilinmesine rağmen son dönemlerde PP ipliğin özellikleri ve üretim parametreleri ile yapılan çalışmalar neticesinde bu özelliklerin iyileştirildiği görülmektedir.

Bu çalışmada, PP BCF (Bulked Continuous Filament) iplik üretim parametreleri ile kıvrımlılık, mukavemet ve uzama gibi ticari değeri yüksek özellikler arasında modelleme yapılması, bu özelliklerin önceden tahminlenmesi, üretim bileşenlerinin belirlenmesinde deneme yanılma olarak nitelendirilen geleneksel yöntemlere göre çok daha seri ve yüksek doğrulukta üretim optimizasyonunun yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Kartal Halı firmasında 2017-2018 yılları arasında üretilen PP BCF ipliğin üretim parametreleri ile ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık çıktı değerleri yapay sinir ağı (YSA) modellerinden İleri beslemeli geri yayılım ağı, İleri kademeli geri yayılım (Cascade) ağı ve Elman ağı kullanılarak tahminlenmiştir.

Oluşturulan YSA modellerinin performansları, belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) ve yüzde doğruluk istatistiksel performans göstergesi değerleri (MSE, MAPE, MAE, RMSE, MSPE, MPE gibi) ile karşılaştırılmıştır. Eğitim seti için 108 adet YSA modelleri oluşturularak her üç YSA yöntemi için üçer adet en iyi sonucu veren modeller (FeedForward14-15-16, CascadeForward13-14-15, Elman1-2-3) belirlenmiştir.

YSA modellerinin PP BCF ipliklerin test verilerine ilişkin tahmin değerleri ile ölçölen değerler arasındaki farkları doğrulamak için t testi analizi uygulanmış ve istatistiksel performans değerlerine göre en iyi üç YSA modeli (FeedForward15, CascadeForward15, Elman3) seçilmiştir. Bu üç modeldeki ipliklerin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık tahmin değerleri belirlenmiştir. En iyi sonuç veren İleri beslemeli geri yayılım ağı (FeedForward15) modelinin eğitim setine ait  $R^2$  değerleri uzama, mukavemet ve kıvrımlılık için sırasıyla 0.8954 – 0.7992 – 0.9047; MSE değeri için 53.65 – 0.33 – 0.25; MAPE değeri için ise %10 - %20 - %9 değerleri; test setine ait  $R^2$  değerleri için sırasıyla 0.9124 – 0.8687 – 0.7919; MSE değeri için 57.12 – 0.26 – 0.22; MAPE değeri için ise %11, %46 ve %8 değerleri elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde İleri beslemeli geri yayılım ağı modeli istatistiksel performans değerlerinin, Elman ağı ve İleri kademeli geri yayılım (Cascade) ağı modellerinin değerlerinden biraz daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Polipropilen BCF iplik parametreleri, İleri beslemeli geri yayılım ağı, Elman ağı, İleri kademeli geri yayılım ağı.

**ABSTRACT****ESTIMATION OF THE ELONGATION, TENSILE STRENGTH AND CRIMP VALUES OF POLYPROPYLENE BCF YARNS BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TECHNIQUE: AN APPLICATION IN TEXTILE SECTOR****EMİNE ÇOT****Master Thesis, Department of Management Information Systems****Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Emre YAKUT****August 2019, 127 pages**

Nowadays, polypropylene (PP) yarn which is the most consumed fiber as a pile yarn in carpet production is demanded to be softer, brighter, to maintain appearance and to improve its resilience. Although it is known that PP yarn has a disadvantage in terms of softness and brightness compared to natural or other synthetic yarns used in the production of machine made carpets, it has been observed that these properties have been improved with the properties of PP yarn and production parameters.

In this study, it is aimed to estimate between PP BCF (Bulked Continuous Filament) yarn production parameters and high commercial value properties such as crimp, tensile strength and elongation. In addition, these properties in the determination of the production components, it is aimed to make much more serial and high accuracy production optimization than the traditional methods described as trial and error. In this context, the production parameters of the PP BCF yarn produced by Kartal Halı in 2017-2018 and the elongation, tensile strength and crimp output values of the yarn were estimated by using the Feedforward back-propagation network, Elman network and the Cascade back propagation network from the artificial neural network models.

The performance of the ANN models was compared with the coefficient of determination ( $R^2$ ) and the percent accuracy statistical performance indicator values (MSE, MAPE, MAE, RMSE, MSPE, MPE). For the training set, 108 ANN models were created and nine best ANN models (FeedForward14-15-16, CascadeForward13-14-15, Elman1-2-3) were determined.

In order to confirm the differences between the measured values of the test data of PP BCF yarns and the measured values of the ANN models, t test analysis was applied and the best three ANN models (FeedForward15, CascadeForward15, Elman3) were selected according to the statistical performance values. The elongation, tensile strength and crimp estimation values of the yarns in these three models were determined.  $R^2$  values of the training set of the feed forward back propagation network (FeedForward15) model which gives the best results are 0.8954 – 0.7992 – 0.9047; For the MSE value, 53.65 – 0.33 – 0.25; For MAPE values, values of 10% - 20% - 9%, respectively; 0.9124 – 0.8687 – 0.7919 for the  $R^2$  values of the test set, respectively; The MSE value was found to be 57.12 - 0.26 - 0.22, respectively; The values of MAPE were 11%, 46% and 8%, respectively. As a result of these studies, it has been found that the Feedforward back-propagation network model statistical performance values give slightly better results than Elman network and the Cascade back propagation network models.

**Keywords:** Polypropylene BCF yarn parameters, Feedforward back-propagation network, Elman network, Cascade back propagation network.



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında danışmanlığımı kabul ederek çalışmalarımı yönlendiren, bilgi birikimini ve tecrübelerini benimle paylaşan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, Sn. Hocam Dr. Öğr. Üyesi Emre YAKUT' a,

Çalışma sırasında yardımlarını, tecrübelerini ve desteklerini esirgemeyen Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümünden Sn. Hocam Prof. Dr. Cem Güneşoğlu' na,

Kartal Halı ve Tekstil firması Ar-Ge Merkezi Müdürü Volkan Balcı ve birlikte çalıştığım değerli çalışma arkadaşlarım Azize İnce, Deniz Akgün ve Şebnem Sözcü' ye,

Çalışmanın iplik üretimi kısmında bilgi ve tecrübesi ile çalışmaya büyük katkısı bulunan Kartal Halı ve Tekstil firması BCF İplik Laboratuvarı bölümünden Hayri Öfkeli, Harun Deniz ve ekip arkadaşlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tüm hayatım boyunca her zaman arkamda duran, bugünlere gelmemde çok büyük emekleri olan, destek ve yardımlarını her daim hissettiğim annem Fatma ÇOT' a ve babam Coşar ÇOT' a, her zaman yanımda olan kardeşlerim Hatice ÇOT' a ve Alperen ÇOT' a sonsuz teşekkür ederim.

Emine ÇOT  
Osmaniye / 2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>ÖNSÖZ</b> .....	viii
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xi
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	xii
<b>GRAFİKLER DİZİNİ</b> .....	xiii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xiv
<b>GİRİŞ</b> .....	1

### BÖLÜM I

#### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1.1. İplik Özelliklerini İçeren Önceki Çalışmalar .....	3
1.2. YSA Algoritması ile İlgili Önceki Çalışmalar .....	6

### BÖLÜM II

#### POLİPROPİLEN BCF İPLİK ÜRETİMİ VE PARAMETRELERİ

2.1. Polipropilen BCF İpliği .....	14
2.2. Polipropilen BCF İplik Üretimi .....	15
2.2.1. Polimerizasyon .....	16
2.2.2. Filament Çekimi .....	17
2.2.2.1. Eriyikten Çekim .....	17
2.2.3. Tekstüre İşlemi .....	20
2.2.4. Puntalama İşlemi .....	21
2.2.5. Sarım İşlemi .....	21
2.2.6. Büküm İşlemi .....	22

**Sayfa**

2.2.7. Fikse İşlemi .....	22
2.3. PP BCF İpliğin Lif Özellikleri .....	23
2.3.1. Molekül Ağırlığı ve Molekül Ağırlığının Dağılımı.....	23
2.3.2. Mikroskopik Özellikleri .....	23
2.3.3. Mukavemet ve Uzama Özellikleri .....	23
2.3.4. Esneme Özellikleri .....	24
2.3.5. Nem Alma ve Statik Elektriklenmesi .....	24
2.3.6. Kimyasallara Karşı Direnç .....	24
2.3.7. Güve/Mantar/Bakteri Etkisi .....	24
2.4. İpliklere Uygulanan Test ve Analizler .....	25
2.4.1. İplik Numara Tayini .....	25
2.4.2. Filament Enine Kesit Şeklinin ve Lif İnceliğinin Analizi .....	26
2.4.3. Filament Sayısının Kontrolü .....	26
2.4.4. Filamentlerin Kopma Kuvveti - Uzama - Mukavemet Özelliklerinin Tayini ..	27
2.4.5. Kıvrımlılık Değerinin Ölçülmesi .....	28

**BÖLÜM III****YAPAY SİNİR AĞLARI**

3.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı .....	30
3.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi .....	31
3.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları .....	33
3.4. Yapay Sinir Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları .....	35
3.5. Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri .....	36

**Sayfa**

3.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Bileşenleri .....	37
3.6.1. Biyolojik Sinir Ağlarının Fizyolojik Yapısı .....	37
3.6.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı .....	38
3.6.2.1. Girdiler .....	39
3.6.2.2. Ağırlıklar .....	39
3.6.2.3. Toplam Fonksiyonu .....	39
3.6.2.4. Aktivasyon Fonksiyonu .....	40
3.6.2.4.1. Doğrusal Fonksiyon .....	41
3.6.2.4.2. Basamak Fonksiyonu .....	42
3.6.2.4.3. Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu .....	42
3.6.2.4.4. Parçalı Doğrusal Fonksiyon .....	43
3.6.2.4.5. Sigmoid Tipi Fonksiyon .....	43
3.6.2.4.6. Tanjant Hiperbolik Tipli Fonksiyon .....	44
3.6.2.4.7. Sinüs Tipli Fonksiyon .....	44
3.6.2.5. Hücrenin Çıktısı .....	45
3.7. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme .....	45
3.7.1. Danışmanlı Öğrenme .....	45
3.7.2. Danışmansız Öğrenme .....	46
3.7.3. Takviyeli Öğrenme .....	47
3.7.4. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Kuralları .....	47
3.8. Yapay Sinir Ağ Modelleri .....	49
3.8.1. Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları .....	49
3.8.2. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı .....	50

	<b>Sayfa</b>
3.8.3. Geri Yayılma Ağları .....	51
3.8.4. Elman Ağı .....	52
3.8.5. İleri Kademeli Geri Yayılım (Cascade) Ağı .....	53
3.9. Yapay Sinir Ağının Tasarımı .....	55
3.9.1. Öğrenme Algoritmasının Seçimi .....	55
3.9.2. Gizli Katman Sayısının Belirlenmesi .....	56
3.9.2.1. Gizli Katman İşlem Elemanı (Nöron) Sayısının Belirlenmesi .....	56
3.9.3. Yapay Sinir Ağı Parametrelerinin Belirlenmesi .....	56
3.9.4. Verilerin Normalleştirilmesi .....	57
3.9.5. Eğitim ve Test Setlerinin Belirlenmesi .....	57
3.9.6. Yapay Sinir Ağının Eğitimi ve Testi .....	58
3.9.7. Eğitimin Sonlandırılması ve Performans Ölçütünün Belirlenmesi .....	58
3.9.8. Yapay Sinir Ağı Performans Ölçütünün Belirlenmesi .....	59
3.10. Regresyon Analizi .....	60

## **BÖLÜM IV**

### **VERİ, YÖNTEM VE ANALİZ**

4.1. Metodoloji.....	62
4.2. Çalışmanın Amacı .....	63
4.3. Çalışmanın Önemi .....	63
4.4. Çalışmanın Kapsamı .....	63
4.5. Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Genel Bilgiler .....	63
4.6. PP BCF İplik Üretim Parametrelerinin İplik Özellikleri Üzerine Etkileri .....	64

4.6.1. BCF PP Üretim Verilerinin Düzenlenmesi ve Girdi Değişkenlerinin Belirlenmesi .....	65
4.6.2. PP BCF İplik Parametreleri İçin Regresyon Analizi .....	66
4.7. Yapay Sinir Ağ Modellerinin Seçimi .....	70
4.7.1. Yapay Sinir Ağı için Verilerin Düzenlenmesi, Girdi ve Çıktı Değişken Değerlerinin Belirlenmesi .....	70
4.7.2. Yapay Sinir Ağının Yapısı ve Ağın Parametrelerinin Belirlenmesi .....	71
4.7.3. Yapay Sinir Ağı Modelinin Eğitilmesi .....	73
4.7.3.1. İstatistiksel Performans Kriterleri ile Kıyaslama .....	73
4.7.4. Yapay Sinir Ağ Modelinin Mimarisi .....	78
4.7.5. Yapay Sinir Ağı Modelinin Test Edilmesi .....	80

## BÖLÜM V

### SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç ve Öneriler .....	85
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>89</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>100</b>
<b>Ek 1.</b> YSA Algoritması Eğitim Aşamasında Kullanılacak Girdi ve Çıktı Değişken Verileri.....	100
<b>Ek 2.</b> YSA Algoritması Test Aşamasında Kullanılacak Girdi ve Çıktı Değişken Verileri .....	119
<b>Ek 3.</b> Eğitim Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri .....	124
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>127</b>

**KISALTMALAR**

- AFIS:** İleri Fiber Bilgi Sistemi
- ANOVA:** Varyans Analizi
- ART:** Adaptif Rezonans Teorisi
- BCF:** Bulked Continuous Filament - Hacimlendirilmiş Sonsuz Filament
- CF:** Cascade Backpropagation Network
- ÇKA:** Çok Katmanlı Algılayıcı
- E:** Elman Network
- FF:** Feed-Forward Backpropagation Network
- MAE:** Ortalama Mutlak Hata
- MAPE:** Ortalama Mutlak Yüzde Hata
- MFI:** Polipropilenin Erime Akış İndeksi
- MLP:** Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı
- MPE:** Ortalama Yüzde Hata
- MSE:** Hataların Kareli Ortalaması
- MSPE:** Ortalama Yüzde Hata Kareleri
- OR:** Otoregresif Zaman Serisi Modeli
- PA:** Poliamid
- PAN:** Poliakilonitril
- PERCEPTRON:** Basit Algılayıcı Sinir Ağı Modeli
- PES:** Polyester
- PET:** Polietilen Tereftalat
- PNN:** Olasılıksal Sinir Ağları
- PP:** Polipropilen
- R<sup>2</sup>:** Belirlilik Katsayısı
- RMSPE:** Ortalama Yüzde Hata Kareleri Kökü
- RSM:** Response Surface Yöntemi
- RSM:** Tepki Yüzey Metodolojisi
- UPF:** Ultraviyole Koruma Faktörü
- YSA:** Yapay Sinir Ağları

## TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
<b>Tablo 1.</b> BCF PP İpliğin Polimer Özellikleri .....	15
<b>Tablo 2.</b> Polipropilen Bcf İpliği İşlem Adımları .....	15
<b>Tablo 3.</b> Toplama Fonksiyonu Örnekleri .....	40
<b>Tablo 4.</b> Öğrenme Algoritmaları ve Kullanım Alanları .....	55
<b>Tablo 5.</b> Yapay Sinir Ağına İlişkin İstatistikî Performans Ölçütleri .....	59
<b>Tablo 6.</b> PP BCF İplik Üretim Verileri .....	65
<b>Tablo 7.</b> Kıvrımlılık Değişkenine İlişkin Regresyon Analiz Sonucu.....	67
<b>Tablo 8.</b> Mukavemet Değişkenine İlişkin Regresyon Analiz Sonucu .....	68
<b>Tablo 9.</b> Uzama Değişkenine İlişkin Regresyon Analiz Sonucu .....	69
<b>Tablo 10.</b> YSA Algoritmasında Kullanılacak Girdi ve Çıktı Değişkenlerine Ait Veriler .....	70
<b>Tablo 11.</b> Çalışmada Kurulan YSA Parametreleri .....	72
<b>Tablo 12.</b> Eğitim Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri .....	74
<b>Tablo 13.</b> YSA Modellerinin Ağ Parametreleri .....	78
<b>Tablo 14.</b> Test Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri .....	80
<b>Tablo 15.</b> FF15, CF15 ve E3 Modellerinin Test Setine İlişkin t-istatistikleri .....	82
<b>Tablo 16.</b> Eğitim Veri Seti İçin En İyi YSA Modellerinin Belirlilik Katsayısı ve İstatistiksel Performans Kriterlerinden MSE ve MAPE Değerleri .....	86
<b>Tablo 17.</b> Test Veri Seti İçin En İyi YSA Modellerinin Belirlilik Katsayısı ve İstatistiksel Performans Kriterlerinden MSE ve MAPE Değerleri .....	87



**GRAFİKLER LİSTESİ****Sayfa**

<b>Grafik 1.</b> FF15 modelinin eğitim setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği .....	76
<b>Grafik 2.</b> CF15 modelinin eğitim setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği .....	77
<b>Grafik 3.</b> E3 modelinin eğitim setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği .....	77
<b>Grafik 4.</b> FF15 modelinin test setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği .....	82
<b>Grafik 5.</b> CF15 modelinin test setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği .....	83
<b>Grafik 6.</b> E3 modelinin test setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği .....	83

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1. Polipropilen polimer yapısı .....	16
Şekil 2. Polipropilen zincirlerinin stereoizomerik yapıları .....	17
Şekil 3. Eriyikten çekim İşlemi .....	18
Şekil 4. Düze gösterimi .....	19
Şekil 5. Farklı şekillerde gösterilen kesit alanları .....	19
Şekil 6. Çekim silindirleri (Godetler) .....	20
Şekil 7. Trilobal kesit şeklinin mikroskop görüntüsü .....	23
Şekil 8. Çıkrık cihazı .....	25
Şekil 9. Hassas terazi .....	25
Şekil 10. Enine kesit görüntüsü için kullanılan mikroskop .....	26
Şekil 11. Mukavemet test cihazı .....	27
Şekil 12. Kuvvet-Uzama (F-E: Force-Elongation) eğrisi .....	28
Şekil 13. Tekturmat ve Etüv (fırın) cihazları .....	28
Şekil 14. Yapay sinir ağlarının gelişimi tarihlere göre zaman çizelgesi .....	32
Şekil 15. Biyolojik sinir hücrelerinin temel yapısı .....	37
Şekil 16. Yapay sinir hücrelerinin yapısı .....	38
Şekil 17. Doğrusal veya lineer fonksiyon gösterimi .....	41
Şekil 18. Basamak fonksiyonları gösterimi .....	42
Şekil 19. Tek kutuplamalı basamak fonksiyonu gösterimi .....	42
Şekil 20. Parçalı doğrusal fonksiyon gösterimi .....	43
Şekil 21. Sigmoid fonksiyonu gösterimi .....	43
Şekil 22. Tanjant Hiperbolik fonksiyonu gösterimi .....	44
Şekil 23. Sinüs tipli fonksiyon gösterimi .....	44

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 24.</b> Danışmanlı öğrenme yapısı .....	46
<b>Şekil 25.</b> Takviyeli öğrenme yapısı .....	47
<b>Şekil 26.</b> Tek katmanlı algılayıcı yapısı .....	49
<b>Şekil 27.</b> Ağırlıkları ve sınıfları birbirinden ayıran doğrunun geometrik gösterimi .....	50
<b>Şekil 28.</b> Çok katmanlı algılayıcı ağının topolojik yapısı .....	51
<b>Şekil 29.</b> Geri yayılım ağı .....	52
<b>Şekil 30.</b> Elman ağ yapısı .....	53
<b>Şekil 31.</b> Cascade ağ yapısı .....	54
<b>Şekil 32.</b> Eğitimin durdurma bölgesi .....	59
<b>Şekil 33.</b> Çalışmanın kavramsal yapısı .....	62
<b>Şekil 34.</b> FF15 modeli ağ yapısı .....	79
<b>Şekil 35.</b> CF15 modeli ağ yapısı .....	79
<b>Şekil 36.</b> E3 modeli ağ yapısı .....	79

## GİRİŞ

Dünyada makine halısı üretiminde yaygın olarak tüketilen polipropilen (PP) iplik, BCF (Bulk Continuous Filament- Hacimlendirilmiş Sonsuz Filament) olarak adlandırılan ve ekstrüzyondan geçirilen lif eriyiğinin ani soğutma ile kristallenmesi ve sıcak godette (çekim silindiri) çekime maruz bırakılmasıyla mukavemet kazandırılan, sert tutumlu, 500 – 3000 Denye inceliğe sahip bir tiptir.

PP BCF ipliklerin kullanımı, yüksek kırışma dayanımı, düşük yoğunlukları, yüksek mukavemetleri ve mükemmel kimyasal dayanımları halı üretimi için tercih edilmesinin nedenleri arasındadır. Bununla birlikte halı pazarında tüketici talepleri değerlendirildiğinde daha yumuşak, daha parlak ve rezilyans özelliği iyileştirilmiş iplik ve bu ipliklerden üretilecek halı için talep olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda başta polyester (PES), poliyamid ve polipropilen olmak üzere sentetik ipliklerin lif kesiti, üretim hızı, tekstüre sıcaklığı, spinfofinish oranı gibi üretim parametrelerinin iplik özelliklerine etkilerinin incelendiği çalışmalar olsa da bilhassa PP BCF iplikler için yapılan çalışmaların azlığı göze çarpmakta olup bu alanda çalışma yapmaya gereksinim duyulmuştur. Bu gereksinimler doğrultusunda, PP BCF üretim parametrelerinin PP ipliklerin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özellikleri üzerine etkisini değerlendirmek, parametrelerin söz konusu özellikler üzerindeki etkisini tahminleyen bir model geliştirmek hedeflenmiştir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tekstil sektöründe yapay sinir ağı (YSA) uygulamalarının son yıllarda giderek arttığı görülmektedir. İnsan beynini taklit eden modeller tasarlamaya yönelik uygulama sahasına sahip YSA günümüzde birçok problemleri çözmeye etkin şekilde kullanılmaktadır. İşletmelerin geçmişteki verilerinin doğru değerlendirilip analiz edilmesi ile gelecekteki durumlarının öngörülmesinde ve yapılan çalışmalardaki sonuçların, istatistikî yöntemlerin eksik kaldığı durumlarda yapay sinir ağlarının oldukça iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Yakut, 2012, s.1).

YSA uygulamalarının tekstil sektöründeki farklı tip ipliklerin incelendiği çalışmaları bulunmakla birlikte PP ipliğinin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin tahminlemesine yönelik doğrudan BCF ve halı üretimi ile ilişkilendirilecek bir YSA çalışmasına rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı; PP BCF iplik üretim parametrelerinden ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerini tahminleyen bir model geliştirmek, bu özelliklerin üretim aşamasından önce tahminlenebilmesini sağlamak ve üretim bileşenlerinin belirlenmesinde deneme yanılma olarak nitelenecek geleneksel yöntemlerin yerine daha seri ve yüksek doğrulukta üretim optimizasyonu yapılmasını sağlamaktır. Çalışmada YSA modellerinden İleri beslemeli geri yayılım ağı, İleri kademeli geri yayılım (Cascade) ağı ve Elman ağı modelleri tercih edilmiştir.

Gaziantep’ te bulunan bir tekstil firmasının 2017-2018 yılları arasındaki iplik üretim verileri, üç YSA yöntemi içinde kullanılarak tahminleme modelleri oluşturulmuştur. Elde edilen modellerin performansları değerlendirilmiştir.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde hem sentetik hem de doğal ipliklerin iplik özelliklerinin iplik parametrelerine etkileri, daha sonra ise iplik parametrelerinin tahminlemesi için kullanılan YSA algoritması geçmiş çalışmaları detaylı olarak incelenmiştir.

İkinci bölümde PP BCF iplik tanımı, üretim aşamaları ve süreci anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise yapay sinir ağı metodolojisinin genel hatlarından, tarihçesinden, kullanım alanlarından, avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiş, yapay sinir ağlarının temel bileşenleri, ağı yapısı, sinir ağlarında kullanılan temel öğrenme stratejileri ve öğrenme kuralları detaylıca incelendikten sonra yapay sinir ağının tasarımı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde öncelikle girdi ve çıktı veri setleri oluşturulmuştur. Girdi veri setlerinin oluşturulması için çıktı veri setinin en etkili üretim parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Minitab 18 programında regresyon analizi yapılmıştır. Oluşturulan veri setleri Matlab 18 programı içerisindeki YSA modülü kullanılarak ileri beslemeli geri yayılım ağı, cascade ağı ve elman ağında çalıştırılmıştır. Her üç modelin sonuçları istatistiksel performans kriterleri ile kıyaslanarak oluşturulan modeller neticesinde hangi modelin tahmin etmede daha anlamlı sonuçlar sergilediği incelenmiştir. Tahmin sonucu oluşan sonuçlar grafikler yardımıyla gösterilmiştir. Son olarak ise en iyi tahmini veren modeller t testine tabi tutulmuştur.

Tüm bu çalışmaların sonuç ve yorumları, tez çalışmasının sonuç kısmında açıklanmıştır.

## BÖLÜM I

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tekstil sektöründe halı üretiminde kullanılan iplik türlerinden başta polyester ve polipropilen olmak üzere sentetik ipliklerin çeşitli üretim parametrelerinin iplik özelliklerine etkilerinin incelendiği çalışmaları bulunmasının yanında özellikle PP iplikler için yapılan çalışmalarda genel olarak bazı üretim parametrelerindeki değişimlerin mukavemet ve uzama özellikleri üzerinde durulduğu görülmektedir. Literatür araştırması kapsamında ilk olarak hem sentetik hem de doğal ipliklerin iplik özelliklerinin iplik parametrelerine etkileri, daha sonra ise iplik parametrelerinin tahminlemesi için kullanılan YSA yöntemi çalışmaları detaylı olarak incelenmiştir.

#### 1.1. İplik Özelliklerini İçeren Önceki Çalışmalar

Çelik (2017), Yalova’ da bulunan bir akrilik üretim firmasında yaptığı çalışmasında aynı numaraya fakat farklı filament inceliklerine sahip akrilik ipliklerin hav ipliği olarak kullanıldığı Wilton tipi halıların statik ve dinamik yükler altında kalınlık kaybını ve yükleme-boşaltma sonrası sıkıştırma geri kazanımı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Lif inceliğinin halıda tüylenme miktarını, dinamik ve uzun süreli statik yük altında kalınlık kaybını ve rezilyans değerlerine olan etkisini WIRA Hexapod Tumbler halı test cihazını kullanarak ISO/PAS 11856:2003 ve ISO 1765:1986 standartlarına göre belirlemiştir. Elde ettiği verileri ANOVA analizinde kullanarak regresyon denklemleri oluşturmuş ve kalın elyaflı akrilik ipliklerden üretilen halı örneklerinin daha iyi özellik gösterdiğini belirtmiştir.

Kebabcı ve ark. (2015), İstanbul’ da bulunan bir ev tekstili firmasında yaptıkları çalışmalarında PP BCF iplik üretimindeki çekim hızı ve ipliğin kesit şeklindeki değişimin iplik inceliği, mukavemet, kopma uzaması ve ipliğe alınan spinfinish yağ miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğundan bahsetmişlerdir. İpliğin doğrusal yoğunluk testi için BS EN ISO 2060 standardı incelenmiş, mukavemet ve kopma uzama testlerini ise TITAN çekme test cihazını kullanılarak çekme oranlarını BS EN ISO 2062 standardına göre belirlemiştirler. Buradan elde edilen veriler ışığında iplik parametrelerinin ipliğin mukavemeti, kopma uzaması ve çekme oranları üzerindeki etkilerini MANOVA analizi ile incelemiştirler.

Alhalabi ve Sabır (2011), Adana’ da bulunan iki tekstil firması ve Türk Tekstil Vakfı ile birlikte yürüttükleri bu çalışmalarında, liflerde sürtünme nedeniyle meydana gelen statik elektriklenme seviyesini etkileyen yağlayıcı maddenin iplik kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Polyester (PES) elyaftan 24 Ne numaralı ring iplik numuneleri ürettirilerek kalite parametreleri tespit edilmiş olup, oluşturulan verilerin istatistiksel analizinde Minitab 14 paket programını kullanmışlardır. İplik kalite parametrelerini optimum yapacak statik elektriklenme seviyesini ve yağlayıcı madde miktarını Taguchi Metodunu kullanarak tespit etmiş, bu faktörlerin iplik kalite parametrelerine olan etkileşimlerini incelemişlerdir.

Ömeroğlu ve ark. (2011), Bursa’ da bulunan bir iplik üretim tesisi ile yaptıkları çalışmalarında, nominal 167 dtex (150 denye) incelikte ve 48 filamentli “Fully Drawn Yarn” formunda dairesel içi dolu ve içi boş, trilobal içi dolu ve içi boş kesite sahip 4 farklı tip bükümsüz polyester multifilament ipliğin kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerini incelemişlerdir. İpliklerin mukavemet testlerini, Statimat DS mukavemet ölçüm cihazında gerçekleştirmişlerdir. Dört farklı kesit alanına sahip iplikler için tek tek varyans analizleri yapmışlar ve iplik bükümünün; ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması verilerine etkisini istatistiki olarak anlamlı bulmuşlardır. Kopma mukavemet verileri incelendiğinde, içi boş filamentlerden meydana gelen ipliklerdeki kopma mukavemet kaybı değerlerinin, içi dolu filamentlerden meydana gelen ipliklere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Ünal ve ark. (2009), Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Pamuk İpliği İşletmesi’nde yapılan çalışmalarında, farklı lif yapısında, numarada ve büküm değerlerindeki ipliklerin hava yardımıyla uç birleştirme aşaması sonrasında maksimum mukavemet ve uzama değerlerinin oluşturulabilmesiyle etkin uç birleştirme ayarlarının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. 8 farklı pamuk harmanından 3 farklı numara (Ne 20, Ne 30 ve Ne 40) ve büküm katsayısında ( $\alpha$  3,8;  $\alpha$  4,2 ve  $\alpha$  4,6) iplikler üretmişlerdir. Bu ipliklerin lif özellikleri ile beraber makine ayar parametrelerini bağımsız değişken, ipliğin özgül kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerini ise bağımlı değişken olarak seçerek, Response Surface Yöntemi (RSM) ile analizler yapmışlardır. Sonuç olarak makine ayar parametrelerinin ipliklerin kopma mukavemeti ve uzama özelliklerinin istatistiksel analiz sonucu incelenen aralıkta önemli bir etkiye sahip olmadığı ortaya çıkmıştır. Lakin yüksek kaliteli uç birleştirme işleminde iplik bükümünün optimum aşamada olması gerektiği anlaşılmıştır.

Sarkeshick ve ark. (2009), İran' da bulunan bir halı fabrikasında yaptıkları çalışmalarında, kuru buharlı ısı ayarının (heatset prosesinin) PP BCF ipliklerin yapısal özelliklerine etkilerini incelemeyi amaçlamışlardır. PP BCF ipliği olarak 2200 Dtex 200 filament özellikteki iplik numarasını kullanmışlardır. İpliklerin mekanik özelliklerini ASTM D2256-8 prosedürüne, kıvrımlılığı Texturmat cihaz sonuçlarına, büzülme ve iplik doğrusal yoğunluğu, sırasıyla ASTM D2259-02 ve ASTM 1907-1'e, ipliklerin sürtünme katsayısını değerlendirmek için tüylülük sürtünme test cihazı ASTM D3108 prosedürüne göre değerlendirmişlerdir. Isı ayar işlemi sonucunda ipliğin mukavemet, başlangıç modülü, bükülme sertliği, kıvrımlılık ve büzülmesinde azalma, doğrusal yoğunluğunda ve iplik numarasında ise bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. İşlem sonunda meydana gelen değişiklikler sebebiyle BCF PP ipliklerin rezilyans değerlerinin daha iyi olduğunu ve halı hav ipliği için daha uygun hale geldiğini belirtmişlerdir.

Oğulata ve Kadem (2008), Adana' da bulunan bir tekstil firmasında yaptıkları bu çalışmalarında, değişik iplik numaralarında ve sıklıklarda bezayağı ve dimi (2/2 Z) örgü yapılarındaki %100 pamuk ipliğinden üretilen kumaşlardan tespit edilen fiziksel özellikleri kullanarak, kopma mukavemetinin üretim öncesi tahminlemesi üzerine çalışmışlardır. Bu eşitliklerin meydana getirilmesinde uygulanan bağımsız değişkenler, sıklıklar, kumaş kalınlığı ve iplik numarası, bağımlı değişkenler ise atkı ve çözümlü kopma mukavemetleridir. Bu değişkenleri SPSS 10.0 paket programı çoklu regresyon analizinde kullanmışlardır. Çalışmada üretilen mukavemet verileri ile gerçek mukavemet verileri arasında kuvvetli, pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğunu regresyon analizi sonucunda göstermişlerdir.

Üreyen ve Kadoğlu (2007), Ege Üniversitesinde yaptıkları bu çalışmalarında, AFIS (İleri Fiber Bilgi Sistemi) verilerini kullanarak lif özelliklerinin, fitil ve iplik özelliklerine etkilerini lineer çoklu regresyon analizi ile tahmin etmişlerdir. Bu amaçla 15 farklı pamuk karışımından 180 adet ring iplik üretmişler, pamuk lifleri Uster AFIS cihazı üzerinde test edilerek, iplik özellikleri ile bağımsız değişkenler (yani lif, fitil ve iplik özellikleri) arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Tahmin testlerinin uygunluğunu kontrol etmek için varyans analizi (ANOVA) kullanmışlar, lif ve iplik özellikleri arasında ters, kübik veya kuadratik ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir.



Koç ve ark. (2005), Çalışmalarında akrilik, yün ve polipropilen hav ipliği ile üretilen halılara statik yükleme testi uygulayarak halıda kalınlık kaybını incelemişlerdir. Hav özelliklerinin değerlendirilmesinde hav yoğunluğu, elyaf içeriği ve elyaf yoğunluğunun önemli etkenler olduğunu görmüşler ve yapılan istatistiksel analizlerden ANOVA testi sonuçlarına göre en dirençli lif tipinin yün olduğunu belirlemişlerdir.

Vasanthan (2004), Amerika' da bulunan polimer şirketleri tarafında tedarik edilen 70/34 Denye PA 6 ve 40/12 Denye PA 66 ipliklerin sıcaklık değişimleri altında polimerizasyon yapılarının (çapraz bağlar ve kristallik özelliği) ipliğin mukavemeti ve kopma uzaması üzerindeki etkisini incelemiştir. İpliklere 30 dakika süre ile 150 °C ile 200 °C arasındaki farklı sıcaklıklarda ısıl işlem uygulamış ve ipliğe uygulanan ısıl işlem sıcaklığı arttıkça ipliğin daha düşük kopma uzaması ve kopma mukavemetine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Gupta (2002), Tekstüre edilmiş PET ipliğinin kıvrımlılık özelliği üzerinde yalancı büküm tekstüre işleminin sarım bölgesinde ki gerilim etkisi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Kıvrımlılık derecesinin dayanıklılık ayarının, termal ve dinamik mekanik geçişler, sertleşme derecesinin karakterizasyonu, sertleşmenin termodinamik temeli, çekme ve çekme stresine bağlı olduğunu belirtmiştir. PET, PAN, PA, PP gibi önemli termoplastik lifler üzerindeki heatset durumlarını incelemiştir.

## **1.2.YSA Algoritması ile İlgili Önceki Çalışmalar**

Türker (2017), Çalışmasında ileri beslemeli geri yayılım YSA modelini kullanarak, polyester ve pamuk numunelerini lineer regresyon değerleri ile karşılaştırmıştır. 49 adet polyester numunesi ile 29 adet pamuk ipliği numunesi ürettirmiş ve bu numuneleri ayrı değerlendirme parametreleri ile değerlendirmiştir. Pamuk ipliği numunelerine göre kumaşın ağırlığı, kalınlığı, atkı ve çözgü kopma mukavemetini incelerken, PES ipliği numuneleri için hava ve su geçirgenliği değerlerini incelemiştir. Bu verileri, ileri beslemeli geri yayılım YSA modeli ile lineer regresyon modelini Microsoft Visual Basic programına ayrı ayrı girdirerek denemeler yapmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda YSA modeli değerlerinin lineer regresyon modeli değerlerinden daha iyi uyum sağladığını belirtmiştir.

Dadgar ve ark. (2014), Heat-set PP BCF iplik özelliklerinden ipliğin büküm, ilk iplik numarası, süre ve heat-set sıcaklık parametre değerlerinin iplik numarası, iplik büzülmesi (çekmesi), kıvrımlılığı ve paketleme faktörü üzerine etkilerini tepki yüzey metodolojisi (RSM) istatistiki analiz metodu ve yapay sinir ağları (YSA) metodu ile tahminlemeye çalışmışlardır. Deney verilerinin %80' ini eğitim, %20' sini test verisi olarak ayırmış olup, YSA algoritmasını ölçeklendirilmiş eşlenik gradyan geri yayılım algoritması (trainscg) kullanarak eğitmişlerdir. Yapılan analiz sonuçlarına göre YSA metodunun ( $R^2$  değeri 0.96) RSM yöntemine ( $R^2$  değeri 0.85) göre daha başarılı sonuç verdiğini tespit etmişlerdir.

Hatua ve ark. (2014), Bu çalışmalarında %100 polyester, %100 pamuk ve iki farklı polyester-pamuk karışımından yapılan ipliklerle ultraviyole koruma faktörü (UPF) içeren dokuma kumaşların UPF'yi tahmin etmede YSA ve ANFIS metodlarını kullanmışlardır. Üç kumaş parametresini; atkı ipliklerinde polyester oranı, atkı sayısı ve toplama yoğunluğunu, kumaş UPF' yi tahmin etmek için girdi parametreleri olarak seçmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, her iki modelin tahmin performansının doğru sonuçlar verdiğini, eğitim veri setlerinde YSA' nin performansının daha iyi olmasına rağmen, her iki modelin genelleştirme yeteneği görünmeyen test veri setlerinde aynı ( $R^2 = 0.99$  ve ortalama mutlak hata = %2.6) olduğunu tespit etmişlerdir.

Abd-Ellatif (2013), Farklı üretim ve malzeme koşulları altında tesviye hareket noktasının (LAP) optimum değerini tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanmıştır. LAP' nin optimum değerini tahmin etme yetenekleri için beş model geliştirmiş ve test etmiştir. 6-10-1 (girdi – gizli – çıktı katman sayıları) mimarisine sahip en başarılı YSA modelini belirlemiş ve sırasıyla test ve eğitim aşamaları için MAE değerlerini 3.25 ve 3.6 olarak bulmuştur. Nöral ağın performansı ile geleneksel veri analiz teknikleri arasında bir karşılaştırma yapmış, YSA modelinin 0.9303 korelasyon faktör değeri verirken, yapılan çoklu regresyon analizi 0.6 korelasyon faktör değeri verdiğini belirtmiştir. Geleneksel istatistiksel tekniklere kıyasla YSA' nin daha iyi bir performans gösterdiğini açıklamıştır.

Zhao Bo (2012), Bu çalışmasında, rotorlu pamuk ipliğinin nepsini işlem parametrelerinden tahminlemede çok katmanlı bir perceptron (MLP) sinir ağı yöntemini kullanmıştır. Modeli değerlendirmek için modelin nöral ağ tahmin değerlerini hesaplamış ve gerçek çıktı değerleri ile karşılaştırmıştır. Çeşitli hata ölçümleri MSE, MAE ve MAPE değerleri gibi istatistiksel performans göstergesi değerlerini incelemiştir. Geri yayımlı yapay sinir ağı modelinin, rotor iplik eğirme işleme parametrelerinin, ipliğin nepsini iyi tahmin ettiğini belirtmiştir.

Ünal ve ark. (2012), Tek jarse örme kumaşların patlama mukavemeti ve hava geçirgenliğinin tahmini için hem regresyon hem de yapay sinir ağı kullanmışlardır. Örme kumaşları üretmek için dört farklı iplik numarasında ve üç farklı büküm katsayısına sahip 72 farklı ring pamuk ipliği üreterek bu verileri doğrusal regresyon ve yapay sinir ağına uygulamışlardır. Çalışmalarında geliştirdikleri tüm modellerde, giriş ve çıkış katmanlarında doğrusal transfer fonksiyonunu, kumaş özellik tahminlerinde ise gizli katmanlarda hiperbolik transfer fonksiyonu ile çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım ağ modelini kurmuşlardır. Yapılan analizler sonucunda YSA modellerinin regresyon modellerinden daha yüksek tahmin değeri verdiğini belirtmişlerdir.

Leung ve ark. (2011), YSA metodolojisini farklı elyaf çeşitlerini tanımlamada, iplik kalite parametrelerini belirlemede ve iplik özelliklerini tahminlemede kullanmışlardır. Eğirme işlemi esnasında elyaf ve iplik arasındaki ilişkiyi geliştirmek amacıyla çoklu regresyon modelini, iplik özelliklerini tahminleme de ise YSA modeli ile Hibrid yaklaşımı (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems) modelini kullanmışlar, Hibrid modelinin sonuçları YSA modeli ile karşılaştırıldığında YSA modelinin sonuçlarının daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Hung ve ark. (2011), Çalışmalarında, lazer oyma işleminin etkisi altında renk verimi (K / S değeri cinsinden) ve örme kumaşların CIE Lab değerlerini içeren örme kumaş renk özelliklerini tahmin etmek için yeni bir optimal Elman sinir ağı modellemesi önermişlerdir. Orantılı (P), integral (I) ve türev (D) özelliklerine sahip yeni değiştirilmiş bir Elman ağı parametrelerinden performans hedefini  $1e-4$ , Marquardt ayar parametresini 0.005, maksimum doğrulama hatasını (max\_fail) 5, minimum performans gradyanını ise  $e-5$  olarak belirlemişlerdir. Önerilen yeni değiştirilmiş Elman sinir ağı modelinin, örme kumaş renk özellikleri değer tahmini için uygulanabilir olduğunu ve deney sonuçlarının DPI ve piksel zamanının renk tahmininde en önemli faktör olduğunu, diğer faktörlerin de küçük birer etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Furferi ve Gelli (2010), İtalya' da ki bir tekstil firmasının üretiminde kullanılan beş farklı iplik çeşitlerinden kaşmir, yün, naylon, viskon ve bunların karışımlarından oluşan ipliklerin mukavemetini tahmin etmek için ileri beslemeli geri yayılım YSA modeli ile çoklu lineer regresyon analizini kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. YSA ile yapmış oldukları çalışmada toplamda 148 test işleminin 98'ini eğitim seti, 50' sini geçerlilik testi olarak ayırarak YSA modelini gerçekleştirmişlerdir.

Çalışma sonucunda iplik mukavemetinin tahmininde iplik mukavemetinin ortalama hata seviyesinin %4 ten daha az olduğunu ve YSA iplik mukavemet tahmin sonuçlarının çoklu lineer regresyon yöntemine göre daha başarılı sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Admuth ve Apte (2010), Hindistan'da yetişen pamuğun tüm temel uzunluk gruplarını kapsayacak şekilde 30 farklı pamuk elyafı özelliklerinden pamuk iplik özelliklerini tahminlemek için YSA ve ANFIS modellerini kullanmışlardır. YSA metodunun regresyon metotları gibi elyaf ile iplik arasında kesin bir ilişki geliştiremediğini belirlemişler ve bu nedenle yeni bir hibrid teknik olan ANFIS metodunun iplik özelliklerini tahmin etmedeki uygulanabilirliğini kontrol etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, ANFIS için  $R^2$  değerlerinin 0.97 ila 0.99 ve ortalama mutlak hata değerinin 0.01 ila 0.02 arasında olduğunu, YSA modeli için ise  $R^2$  değerlerinin 0.87 ila 0.96 ve ortalama mutlak hata 0.30 ila 0.54 arasında olduğunu belirtmişlerdir. ANFIS metodunun YSA metoduna göre daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir.

Demiryürek (2009), Kahramanmaraş' ta bulunan bir tekstil firmasında üretilen 112 farklı özellikte toplam 224 adet polyester/viskon karışımli open-end rotor iplik özelliklerinden üretime girmeden evvel tahminlenmesine yönelik YSA ve istatistiksel analiz yöntemlerinin kurulması ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Verileri ileri beslemeli geri yayılım ağı, momentum öğrenme kaidesi ve sigmoid transfer fonksiyonlu bir YSA modelinde uygulamıştır. İstatistiksel modellerin kurulması için ise Simpleks kafes tasarımı yapıp, karışım proses çapraz model oluşturmuştur. Çalışmada iplik özelliklerinin tahmin edilebilmesinin değerlendirilmesi korelasyon katsayısı (R),  $R^2$ , Ortalama kareler hatası (MSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) değerleri ile değerlendirilmiş, yapılan analiz sonuçları YSA modelinin daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

Majumdar ve ark. (2008), 1997 ve 1998 Uluslararası Tekstil Merkezi, Teksas Tech Üniversitesi ve ABD'nin pamuk ekimi çalışması sonuçlarında üretilen ring pamuk ipliklerin düzensizliğini tahmin etmede yapay sinir ağı (YSA) ve sinirsel bulanıklık sistemi (ANFIS) yaklaşımını kullanmışlardır. Ring pamuk ipliğinin lif özelliklerini (ortalama uzunluk, kısa lif içeriği, olgunluk, incelik, neps ve tohum kabuğu) girdi veri seti olarak belirlemişlerdir. Toplam 87 veri setinden rastgele 72 veri setini eğitim verisi olarak, kalan 15 veri setini ise test veri seti olarak ayırmışlardır. YSA ve ANFIS metodun tahmin doğruluğunun, lineer regresyon modelinden biraz daha iyi ve tutarlı olduğunu, ANFIS metodunun, daha yüksek ortalama lif uzunluğunu ve düşük kısa lif içeriğinin ipliğin düzensizliğini azalttığını tespit etmişlerdir.

Üreyen ve Gürkan (2008), Bu çalışmalarında, HVI (high volume instrument) sisteminde ölçülen lif özelliklerinden 15 farklı karışım kullanarak toplam 180 adet ring pamuk ipliğinin mukavemet ve kopma uzamasının tahmininde YSA modeli ile çoklu lineer regresyon modelini kıyaslamışlardır. İplik sayısını, bükümü ve fitil özelliklerini, iplik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip oldukları için girdi değişkenleri olarak seçmişlerdir. Çoklu regresyon analizleri için SPSS 11 ve Minitab 11 yazılımları, YSA algoritması için ise Statistica 7 programını kullanmışlardır. YSA ve regresyon modellerinin çoklu belirleme ( $R^2$ ) değerleri katsayısı karşılaştırılarak, YSA' nın çoklu regresyon modelinden daha güçlü bir araç olduğunu tespit etmişlerdir.

Üreyen ve Gürkan (2008), Çalışmalarının bu ikinci bölümünde, 180 adet ring pamuk ipliğinin iplik tüylülük ve düzgünlük tahmini için yapay sinir ağ modelleri geliştirmişler ve YSA modellerinin performanslarını çoklu regresyon analizine dayanan önceki istatistiksel modeller ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada, 180 adet iplik örneğinden 135'i (%75) eğitim verisi, 45' i (%25) ise test seti olarak geri yayılım algoritması ile eğitilmiş çok katmanlı bir ileri besleme ağı kullanılmışlardır. Geliştirilen YSA modellerinden sonra, duyarlılık analizi sonuçları ve YSA ile çoklu regresyon modellerini karşılaştırmış, YSA modellerinin regresyon modellerine göre daha iyi bir tahmin değeri verdiğini belirtmişlerdir.

Toprakçı (2008), İzmir'de bulunan bir tekstil firmasında 13 değişik harmandan, 4 değişik numarada karde pamuk ipliği ürettirerek, ring iplikçiliğinde üretilen pamuk lif özelliklerinin iplik özelliklerine etkilerini araştırmış, lif özelliklerinden yararlanarak iplik özelliklerinin tahminlemede YSA metodu, doğrusal ve doğrusal olmayan çoklu regresyon analizlerini kullanmıştır. Lif özelliklerinin belirlenmesi için HVI ve AFIS cihazlarını, iplik özellikleri için ise Uster Tester 3 ve Uster Tensorapid cihazlarını kullanmıştır. Bu cihazlardan elde edilen sonuçları da YSA metodu, doğrusal ve doğrusal olmayan çoklu regresyon tahminleme metodlarında analiz etmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre en iyi tahmin değerinin YSA metodu olduğunu tespit etmiştir.

Mwasiagi ve ark. (2007), Kenya'da bulunan dört tekstil fabrikasında üretilen rotor ve ring ipliklerinden oluşan pamuk ipliğinin mukavemetini tahmin edebilen bir Elman ağ modelinden bahsetmektedirler. Elman ağını eğitmek için eğitim algoritması olarak Fletcher-Reeves kullanmışlardır. Ağın girdilerini, kullanılan pamuk ipliklerinin HVI özellikleri, iplik numarası ve büküm numarası; ağın çıktısını ise iplik mukavemeti olarak belirlemişlerdir. Eğitim sırasında, ağlar ve hedeflenen çıktılar arasındaki ortalama kareler hatasını (MSE) performans işlevi olarak kullanmışlardır.

MSE değerini 0.0156, hedeflenen değerler (R-değeri) arasındaki korelasyon katsayısını ise 0.974 olarak belirleyerek YSA ağının iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Lewandowski ve Stańczyk (2005), Çalışmalarında, pnömatis olarak eklenmiş iplik derzlerini tanımak ve sınıflandırmak için tasarlanmış doğrusal aktivasyon fonksiyonu ve kabarcık hata sınıflandırması ile “Uyarlamalı Doğrusal Eleman” anlamına gelen ADALINE tipi şebekeye benzer şekilde yeni bir yapay sinir ağı oluşturmuşlardır. YSA modellerinden ileri beslemeli ağ, çok katmanlı perceptron (MLP) ağı, olasılıksal sinir ağı (PNN), Kohonen ağı, Hopfield ağı vb. gibi farklı modelleri kullanmışlardır. YSA modellerinin sınıflandırma problemlerinin çözümünde de iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir.

Majumdar ve ark. (2005), Bu çalışmalarında 1997 ve 1998 yılları arasında Uluslararası Tekstil Merkezi’ndeki pamuk ekin çalışması sonucunda HVI (lif demeti mukavemeti, uzama, üst yarı ortalama uzunluk (UHML), homojenlik indeksi, mikroner, yansıma derecesi ve sarılık) lif özelliklerini pamuk ipliği mukavemetini tahmin etmek için bir hibrit nöro-bulanık sistemi (ANFIS) uygulanması gerçekleştirmişlerdir. Önerilen sistemin tahmin performansını yapay sinir ağı ve regresyon modelleri ile karşılaştırmışlardır. ANFIS yönteminin doğrusal regresyon modelinden daha iyi, YSA modelinden ise biraz daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Zhu ve Ethridge (1997), Ring ve rotor iplikçiliğinde pamuk lifinin özelliklerinin iplik tüylülüğüne olan etkisini incelemişlerdir. YSA modeli için kullanılacak parametrelerden girdi parametreleri olarak HVI, AFIS ve FTM cihazlarından alınan lif özelliklerin test sonuçlarını, çıktı parametresi olarak ise Uster Tester-3 cihazından alınan iplik tüylülük sonuçlarını kullanmışlardır. Analizlerinde “Neuralworks Professional II/Plus” yazılımını, modellemede ise geri beslemeli ağ algoritmasını kullanmışlardır. Bu üç sistem içinde HVI cihazından alınan veriler kullanılarak yapılan eğitim ve test verileri tahmin sonuçlarının  $R^2$  değerlerini, ring iplik tüylülüğü için 0.8779 ve 0.842 ve rotor iplik tüylülüğü için 0.8175 ve 0.7716 olarak bulmuşlardır. Tahmin sonuçlarının iplik tüylülüğü değeri ile çok iyi bir uyum gösterdiğini belirtmişlerdir.

De Weijer ve ark. (1992), Çalışmalarında, polietilen tereftalat ipliklerin fiziksel yapısı ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkinin modelini geliştirmek için yapay sinir ağlarının kullanımını araştırmışlardır. Üç nöron katmanından oluşan YSA modeli, 295 ipliğin fiziksel yapısı ve özellik ölçümleri kullanılarak 5 adet girdi ve 10 adet çıktı verilerinden oluşmuştur. Bu 295 ipliğin 225’ini eğitim verisi, 70’ini ise test verisi olarak kullanmışlardır.

YSA' ların gerçek dünyadaki bir problemi çözmeye nicel bir teknik olarak uygulanabileceğini göstermiş olup, fiziksel iplik yapısı ile iplik özellikleri arasındaki karmaşık ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamışlardır.

Tekstilde YSA modellerinden Cascade geri yayılım ağı ve Elman ağı ile ilgili çalışmalara pek rastlanılmamıştır. Bu kısımda literatürde Cascade ve Elman ağının tekstil dışı yapılan çalışmalarından bahsedilmiştir.

Al-Allaf (2012), Çalışmasında görüntü sıkıştırma sistemi için üç ileri beslemeli YSA modellerinden FeedForwardNet, CascadeForward ve FitNet algoritmalarını kullanarak görüntü kalitesinin ve öğrenme süresinin iyileştirilmesini anlatmıştır. Daha az depolama gereksinimlerine, daha az BPNN eğitim zamanına, en iyi pikten sinyale gürültü oranına (PSNR) ve en iyi sıkıştırma oranına (CR) sahip olmak için görüntü sıkıştırma tekniğine ihtiyaç duymuştur. Yapılandırılmış modellerin her birini, orijinal görüntüyü girmek için giriş katmanından, sıkıştırılmış görüntüyü üretmek için gizli katmandan ve sonunda sıkıştırılmış görüntü için çıktı katmanından oluşturmuştur. Bu sıkıştırma performansını artırmak için gizli katman nöronlarının sayısını deneme yanılma ile belirlemiş, eğitim süreci için 15 renkli (256 × 256) resim kullanmıştır. Farklı mimariye sahip modellerin eğitim ve test performansı, en iyi sıkıştırma oranı (CR) ve Pikten Sinyale Gürültü Oranına (PSNR) sahip modeli tanımlamak için karşılaştırmış ve deney sonuçlarına göre FitNet modelinin daha iyi sonuç verdiğini belirtmiştir.

Goyal' lar (2011), Çalışmalarında, kahve aromasının anlık duyu kalitesini ileri beslemeli geri yayılım ağı ile ileri kademeli (cascade) geri yayılım ağını kullanarak tahminlemeye çalışmışlardır. Renk, görünüm, lezzet, viskozite ve tortuyu girdi parametreleri, genel kabul edilebilirliği de çıktı parametresi olarak belirlemişlerdir. Veri setini deneysel olarak elde edilen 50 gözlemden oluşturup, eğitim seti için 40 gözlem (toplam gözlemlerin %80'i), test seti için 10 gözlem (toplam gözlemlerin %20'si) yapmışlardır. YSA modelinin değerlendirilmesinde ortalama hataların karesi (MSE),  $R^2$  belirleme katsayısı ve ortalama hataların karekökü (RMSE) sonuçlarını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda ileri beslemeli geri yayılım ağının (MSE:0.0013,  $R^2$ : 0.998, RMSE: %3.70) kademeli ileri beslemeli geri yayılım ağına (MSE: 0.0028, RMSE % 5.36,  $R^2$ : 0.996) kıyasla iyi sonuçlandığını göstermişlerdir.

Zhang ve ark. (2011), Çalışmalarında, hazır giyim dikişi için uygun olan renkli doku kumaş kusurlarını tespit etmek ve sınıflandırmak için etkili bir yöntem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Akıllı renkli doku kumaş kusurları algılamada genetik algoritma ve görüntü işlemeyi, sınıflandırma modeli için de Elman sinir ağını kullanmışlardır. Program verileri için sıradan renkli doku kumaşının dört sınıf numune görüntüsü alınmış, sınıflandırma için toplam ise 206 örnek sayısı belirlemişlerdir. Analizler sonucunda sınıflandırma oranındaki başarının %100 çıkması ile Elman ağına sınıflandırma için kullanılacak en iyi yöntem olduğunu tespit etmişlerdir.

Filik ve Kurban (2007), Bu çalışmalarında, 2002 yılı ilk üç ayının elektrik enerjisi tüketim değerlerini zaman serisi modellerinden otoregresif (OR) ve yapay sinir ağı (YSA) modellerinden de ileri beslemeli ve kademeli (Cascade) geri yayılım ağlarını kullanarak kısa vadeli yük tahmini yapmışlardır. OR analizinin sonuçlarını çok katmanlı yapay sinir ağlarının girdisi için kullanmışlardır. OR ve YSA algortimaları için Matlab paket programını kullanmışlardır. Programdaki tüm sinir ağı yapıları girdide altı nöron ve çıktıda bir nöron içermektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre kademeli geri yayılım ağının, ileri beslemeli geri yayılım ağına göre daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Koskela ve ark. (1996), Çalışmalarında, Çok katmanlı algılayıcı ağ (MLP), FIR sinir ağı ve Elman sinir ağlarını bir zaman serisi tahmininde kullanmışlardır. Zaman serileri, bir elektrik şebekesi serisindeki yükü, uzak kızıl ötesi lazer serisindeki dalgalanmaları, sayısal olarak üretilen serileri ve güneş lekeleri serisinin davranışını içermektedir. Tek gizli katmana ile tek doğrusal olmayan çıkış nöronuna ait MLP ve FIR sinir ağları ve bir doğrusal çıkış nöronuna sahip Elman ağı ile yapılan analiz sonuçlarına göre Elman ağ modelinin, bir elektrik ağı serisine MLP ağından daha iyi yüklendiğini ve diğer tahmin görevlerinde MLP ağına benzer şekilde çalıştığını belirtmişlerdir.



## BÖLÜM II

### POLİPROPİLEN BCF İPLİK ÜRETİMİ VE PARAMETRELERİ

#### 2.1. Polipropilen BCF İpliği

Bu bölümde düşük maliyeti, yüksek mukavemeti, yüksek tokluğu ve kimyasal saldırıya karşı iyi bir direnç özelliklerine sahip PP BCF ipliğın üretimi incelenecektir. İlk olarak PP özelliklerinden ve yapısından daha sonra PP BCF iplik üretim aşamalarından bahsedilecektir.

Polipropilen (PP); 946 kg / m<sup>3</sup> yoğunluğa, yaklaşık -20 ° C camsı geçiş sıcaklığına ve 330 ° F (165 ° C) erime sıcaklığına sahip yarı kristal yapıda bir polimerdir (Herman, Bikales, Overberger, Menges ve Kroschwitz, 1985). PP polimeri bu özellikleri sayesinde yüksek erime sıcaklığına, mükemmel kimyasal ve nem direncine, yüksek modülü ve iyi darbe dayanımına sahiptir.

Polipropilen elyafın özgül ağırlığı düşüktür, bu sayede halıya diğer elyaflardan daha iyi bir kaplama sağlar. Suya dayanıklı bir elyaf olması ise bu elyafı su bazlı lekelerle karşı dayanıklı kılmıştır. Ancak yağlı lekelerle karşı direnç göstermemektedir (Chaudhuri, 2018).

PP elyafın ticari etkisi, 1960'larda, halı sırtı için kullanılan jüt ve halat gibi basit elyafların yerini almaya başladığında ortaya çıkmıştır. 2009 yılına gelindiğinde ise, tekstilde kullanılan yıllık toplam PP üretiminin 5 milyon tonun üzerinde olduğu belirlenmiştir (Anonymous, 2010).

Polipropilen (PP) polimeri, tekstil sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmasının yanında makine halısı üretiminde de sıklıkla kullanılmaktadır. Hacimlendirilmiş sonsuz filament (Bulked Continuous Filament) anlamına gelen PP BCF ipliği, makine halısı üretiminde en çok kullanılan hav ipliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun sebebi, BCF PP ipliğın hafif ama sağlam yapısı, aşınmaya karşı iyi bir direnç göstermesi ve hidrofobik (su iticilik) özelliği sayesinde kirlenmeyi ve lekelenmeyi önleyici olmasıdır.

BCF iplik üretiminde kullanılan polipropilen polimerinin özellikleri Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1

*BCF PP İpliğin Polimer Özellikleri*

<b>Teknik Özellikler</b>	<b>Polipropilen</b>
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0.93
Nem Tutma (%)	0.5
Absorbsiyon Oranı (%)	<0,05
Çekme Kuru Hava (%)	2-4 (130°C)
Kaynayan Su (%)	0.5
Mukavemet (N/Tex)	0.54-0.72
Kopma Uzaması (%)	40-50
Yumuşama Noktası (°C)	125-145
Erime Noktası (°C)	160-175
Bozunma (°C)	280
Isıl Fikse (°C)	125-130
Camsı Geçiş Sıcaklığı (Tg)	-10 ila – 20 °C

Kaynak: Dogan, F. (Ed.). (2012). Polypropylene. BoD–Books on Demand.

**2.2.Polipropilen BCF İplik Üretimi**

Polipropilen BCF halı ipliği granül haldeki polipropilen (cips) hammaddesinin ekstrüder yardımı ile ergitilmesi ve iplik haline dönüştürülmesiyle üretilir. Polipropilen BCF ipliği üç temel teknik ile üretilmektedir. Üretim teknikleri Tablo 2’ de gösterilmiştir.

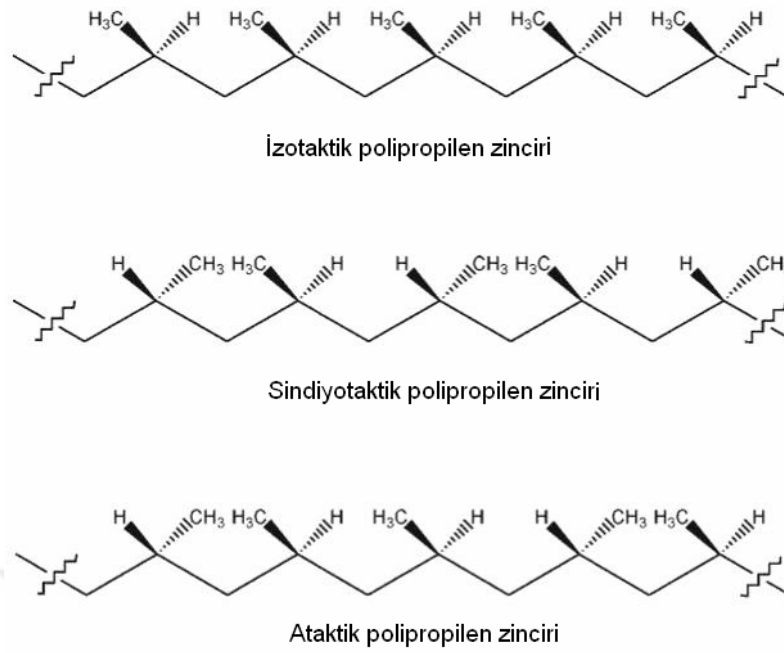
Tablo 2

*Polipropilen Bcf İpliği İşlem Adımları*

<b>İki Adımlı</b>	<b>Tek Adımlı</b>	<b>Direkt</b>
Polimerizasyon	Polimerizasyon	Polimerizasyon
↓	↓	Filament Çekimi
Filament Çekimi	Filament Çekimi	Çekim
↓	Çekim	Tekstüre
Çekim	Tekstüre	
Tekstüre		

Kaynak: Demir, A. (1997). Yüksek Kaliteli Halı İpliği Üretimi. Tekstil Araştırma Dergisi, 97, 58-60.





Şekil 2. Polipropilen zincirlerinin stereoizomerik yapıları (McIntyre, 2005)

### 2.2.2 Filament Çekimi

Sentetik elyaf üretimi için çeşitli ekstrüzyonlu eğirme yöntemleri vardır. Ancak ticari olarak en popüler olanı ve PP BCF ipliğın üretiminde kullanılan ekstrüzyon işlemi, termoplastik polimerler için eriyikten çekimdir. Bu çalışma kapsamında da kullanılan PP BCF ipliğın elde edilmesi eriyikten çekim ile sağlanmaktadır.

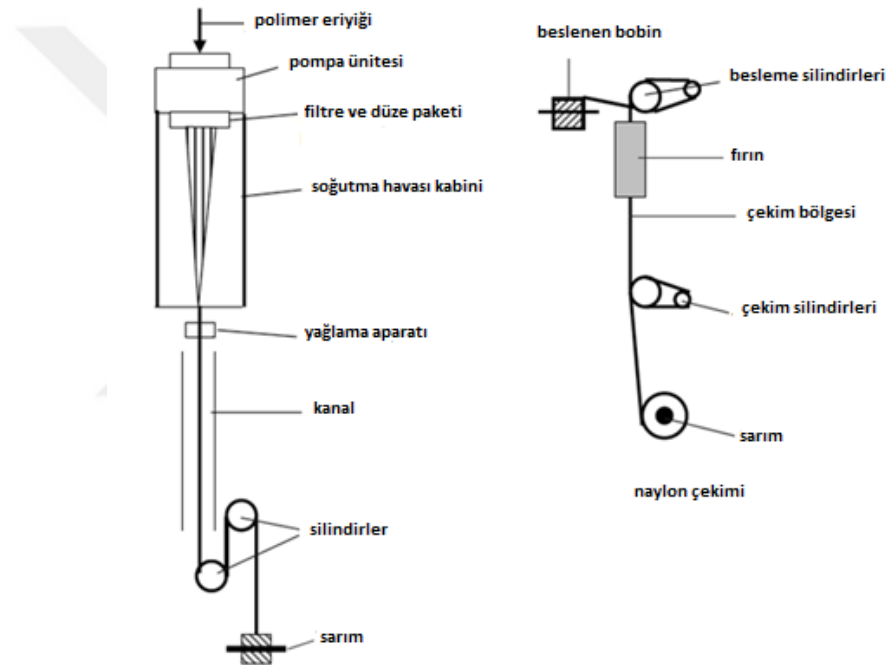
#### 2.2.2.1. Eriyikten Çekim

Eriyikten çekim, filament oluşturmak için çok küçük çaplı deliklerden (spinneret) pompalanarak ekstrüzyona tabi tutulan, erimiş çözelti oluşturmak için termoplastik polimerin ısıtıldığı bir işlem olarak tanımlanabilir. Çekim işleminden sonra oluşan filament soğutulur ve böylece "bükülmüş" veya "kısmen çekilmiş" filament halinde iplik üretilir.

Şekil 3' te, eriyikten çekim işleminin eğirme hattı olarak adlandırılan temel düzenek gösterilmektedir. Hammade halinde gelen polipropilen cipsleri ile masterbatch (polipropilen boyar maddesi) ilk olarak dozajlama ünitesinde karıştırılarak ekstrüder de sıcaklık ve sürtünmenin etkisiyle ergitilmekte, sıkıştırılmakta ve homojen hale getirilerek istenilen sıcaklık ve basınçta ergimiş polimer meydana getirilmektedir. Masterbatch eklenmesinin sebebi, polipropilen maddesi yalnızca eriyikten boyanmaktadır. Filament haline geldiğinde veya PP iplik formunda boyayı içine almamaktadır (Shamey, 2009).

PP liflerinin işlenmesine yardımcı olmak ve gereken lif özelliklerini elde etmek için ayrıca katkı maddeleri de kullanılmaktadır. Bunlar, elyaf üreticisine tedarik edilen PP granülleri içerisinde veya preslenmeden önce PP eriyiğine dahil edilmektedir. Katkı maddelerinin birçok rolü vardır. Bazı katkı maddeleri, elyaf işleme sırasında polimer zincirlerinin termal bozulmasını önlemek için ısı dengeleyici görevi görür. Diğerleri ise, elyafların son kullanımı sırasında ışığa ve özellikle de mor ötesi radyasyona karşı dengeleyici olarak veya liflerin tutuşmasını önlemek için alev geciktirici olarak işlev görmektedirler (Sinclair, 2014).

Daha sonra filament haline getirilecek olan polimerler dozajlama aşamasında karıştırılarak ekstrüzyon ile eritilir, düze deliklerinden geçirilerek doğrudan soğutulur.



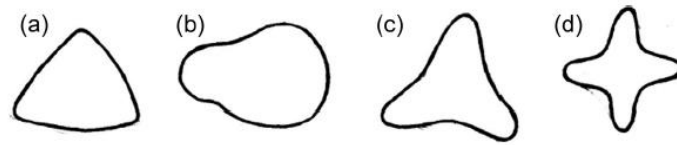
Şekil 3. Eriyikten çekim işlemi (McIntyre, 2005)

Düze delikleri büyük ölçüde erimiş akışkan filament çapını belirlemektedir. Bir düzede (Şekil 4) 500 ila 4000 delik bulunabilmektedir. Kısmen katılaşmış yarı erimiş filamentler, düze deliklerin içindeki erimiş akıştan daha hızlı bir şekilde çekildiklerinde gerilme meydana gelir. Birincisinin son hıza oranına, çekme oranı denir (Sinclair, 2014). Tablo 1' de, PP polimeri için erime noktası ile tipik eğirme sıcaklığı bulunmaktadır.



Şekil 4. Düze Gösterimi

Düze deliklerinden geçen filamentler çeşitli enine kesit şekillerine sahip olabilir. Kesit biçimlerindeki çoğu farklılık, yuvarlak, trilobal, beşgen ve sekizgen gibi farklı şekillerdeki düzelerden (spinneret) geçerek eriyik eğirme işlemiyle elde edilir. Halı ipliği için en yaygın kullanılan PP BCF iplik kesit şekli trilobal kesit şeklindedir. Bu kesit şeklinin kullanılmasının sebebi ise halıda parlak bir görünüm vermesidir. Farklı özellikte PP BCF iplik üretmek için çeşitli kesit alanına sahip kesitler (Şekil 5) de denenmektedir.



Şekil 5. Farklı şekillerde gösterilen kesit alanları (Sinclair, 2014).

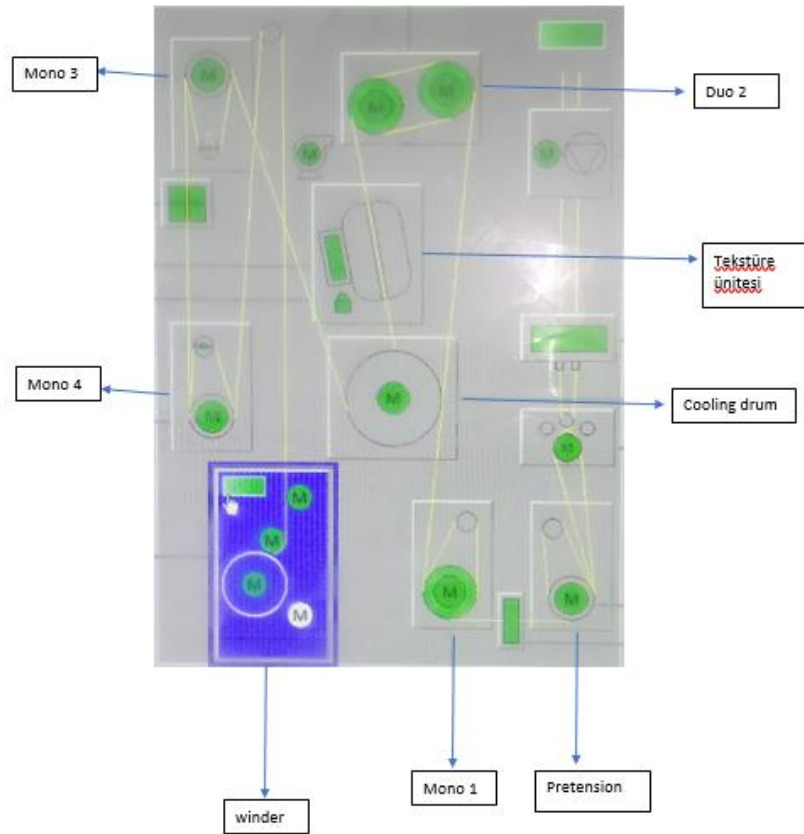
(a: Triangular b: Bilobal c: Trilobal d: Cross-shaped)

Eğrilmiş ipliğin yapısı ve özellikleri, eğirme hattında çekilmiş filamentlerin soğutulması ve inceltmesine bağlıdır. Eriyikten eğirme işleminin uygulanma şekline bağlı olarak filamentler düşük, orta veya yüksek çekme oranlarına tabi tutulabilir. Çekim işleminin yapılmasının amacı iplik numarasının ayarlanması içindir. Düşük ve orta çekme oranları kullanıldığında, filamentlere yeniden ısı verilmek suretiyle ikinci bir çekim aşaması uygulanır. Filamentler hala katı halde oldukları için çok kolay bir şekilde deforme olabilen (plastik durum) sıcaklığın hemen üzerinde bir sıcaklık ile ısıtılır. Buna camı geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) denir (bkz. Tablo 1) (Salem, 2018).

PP filamentler birinci çekim silindirinden (godet) geçmeden önce, filament yüzeylerini korumak ve işleme sırasında üretilen herhangi bir statik elektriği dağıtmak için bir spin-finish (yağ) işleme ile işlem görmektedir. Statik elektrik, çok filamentli ipliklerde şişmeye ve ayrıca işlem sırasında ipliğin bozulmasına veya yırtılmasına neden olabilmektedir.

Ayrıca spin –finish, mikroorganizmaları öldürmek veya inhibe etmek için bir antimikrobiyal madde içermektedir. Bu özellikteki PP elyafları mikroorganizmalara karşı korumaktadır (Sinclair, 2014).

Yüksek çekme oranına sahip filamentler, ısıtılmış godetlerden (Şekil 6) geçirilerek oluşmaktadır. Her godet öncekinden daha hızlı bir yüzey hızında dönecek şekilde ayarlanmıştır. Filamentler ısıtılırken, hız farkları gerdirme veya çekme sağlar ve daha yüksek hızın yavaş hıza oranı çekme oranını verir.



Şekil 6. Çekim silindirleri (Godetler)

### 2.2.3. Tekstüre İşlemi

İpliğin fiziksel formunda değişiklik yapmak için kullanılan, ipliğe gerekli hacim ve esneklik kazandırma işlemlerine tekstüre (kıvrıcıklandırma) denir. Birçoğu sadece termoplastik iplikler için uygun olan ve doku profilini elde etmek için filamanları ısıtmak ve onu tutmak için soğutmayı içerdiklerinden, çeşitli dokuma yöntemleri uygulanmaktadır. Literatürde yaygın olarak kullanılan yöntemler şunlardır (Smith, Pieters, Morrison, 1972).

*Hava Jeti:* Yüksek hızda aşırı besleme ile doku profilini etkilemek için ısı kullanmak yerine, basınçlı hava sayesinde filament ipliklerin karıştırılarak tekstüre edilmesi işlemidir. Bu yöntemde iplikler godetler içerisine konumlandırılmış hava jetine gönderilir ve basınçlı havanın tesiri ile iplikler kıvrıcıklandırılır (Tekstil Teknolojisi: Tekstüre İplik Üretimi, 2012).

*Yalancı Büküm Tekstüre:* Filament halindeki iplikler aynı anda bükülür ve ısıtılır, daha sonra soğutulur böylece büküm ısıyla ayarlanan sarmal şeklini alır. Büküm alan ipliğin bir tarafı 'S', diğer yanı 'Z' bükümlü olur.

*Bıçaklı Tekstüre:* Filament ipliği ısıtılır ve keskin bir açıda soğuk bıçak üzerinden çekilerek, iplik soğutulur. Bu metotla ipliğin bıçağa değen iç kesimindeki filamentler sıkışarak kısalır, dış taraftakiler ise gerdirilerek uzamaktadır (Tekstil Teknolojisi: Tekstüre İplik Üretimi, 2012).

BCF iplik üretiminde genellikle hava jetli tekstüre işlemi uygulanmaktadır. Böylece iplik hava yardımıyla gerekli ısıya ulaşır ve ipliğe istenen en uygun hacim ve esneklik kazandırılmış olur.

#### **2.2.4. Puntalama İşlemi**

Tekstüre işleminden sonra gerekli hacim ile yumuşaklığa sahip olan filamentlerin kusursuz bir iplik halini alabilmesi ve halıda hav ipliği olarak kullanılabilmesi için bir miktar daha büküm verilmelidir. PP BCF iplik üretiminde bu işlem puntalama sayesinde yapılarak, filamentlere lüzumlu kohezyon özelliği sağlanır. Puntalama işleminin gayesi, bir filament demetini fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğratmadan belirli noktalarda birbirine sarmak ve böylece toplu bir iplik yapısı elde etmektir (Tekstil Teknolojisi: Filament İplik Üretimi, 2011).

#### **2.2.5. Sarım İşlemi**

BCF PP iplik üretim makinesinin son aşaması bobinlere sarım aşamasıdır. Sarım işlemi, ipliklerin sonraki işlemlerinde kullanımını kolaylaştırmak için yapılır. İpliğin bobinlere sarım hızı aynı zamanda üretim hızı olarak da ifade edilir.



### 2.2.6. Büküm İşlemi

Çok filamentli bir ipliğin filamentlerini bir arada tutmak ve tekli veya çoklu filament ipliklerinin halı ipliği olarak kullanılması için büküm işleminden geçmesi gerekmektedir. Büküm işlemi, filamentlerin özel bir hava jeti ile bükülmesi ile yapılmaktadır (Fourne, 1998). İki veya daha fazla iplikler (tek veya çoklu filamentler) daha fazla hacim üretmek, gerginliği ve mekanik performansı değiştirmek için birlikte bükülebilmektedirler. Buna katlama, katlı iplik veya katlı büküm denir. Katlanmış ipliklerde her bir iplik Z veya S bükümlü olarak ayrı ayrı veya birlikte bükülebilirler. İpliklerin ters yönlerde sarıldığı, dış kaplama S büküm ve iç kaplama Z büküm olarak ifade edilir.

### 2.2.7. Fikse İşlemi

Fikse, bükümlü ipliğin bükümünün korunması için ve halıda daha iyi özellik kazanması için yapılan bir işlemdir. Fikse işleminden geçmiş PP BCF ipliği halıda, iyi mekanik rezilyans özelliği, düzgün yüzey ve iyi bir nokta efekti görünümü verir. Fikse işlemi iki farklı yöntem ile yapılmaktadır.

*Doymuş Buhar Tekniği:* Doymuş buhar tekniğinde iplikler cağılıktan (bobinlerin dizili olduğu yer) alınarak serici kafa tarafından gerilimsiz olarak bir konveyör bant üzerine serilir ve filamentlerin serbestçe çekilmesi ile iplik üzerinde orantılı ve muntazam kıvrım oluşması sağlanır. Sonrasında iplik soğutma kabininden fikse tüneline geçer. İplik bu tünelde, saf doymuş buhar ile yüksek sıcaklıkta (150 °C) muamele görür. Fikselenmiş iplik, soğutma kabininden geçerek sarım aşamasından evvel akümülatör üstünde toplanır. İplikler birbirinden ayrışarak bobin sarım makinesinde sarılır (Tekstil Teknolojisi: Filament İplik Üretimi, 2011).

*Sıcak hava tekniği:* Bu yöntemde ise sıcak hava ya da kızgın buhar uygulanır. Bu yöntem uygulandığında life lazım olan sıcaklığın bir miktar (en fazla 5 °C) üstüne ulaşılır. Polipropilenin yumuşama derecesi oldukça düşük (130 °C) olduğundan, sıcak hava kullanımında 140°C'nin üzerine çıkılmamalıdır (Tekstil Teknolojisi: Filament İplik Üretimi, 2011).

Fikse işlemi sayesinde halının aşınmaya karşı gösterdiği direnç, boya tutuculuğu ve yüzey düzgünlüğü iyileştirilmiş olur.

## 2.3. PP BCF İpliğın Lif Özellikleri

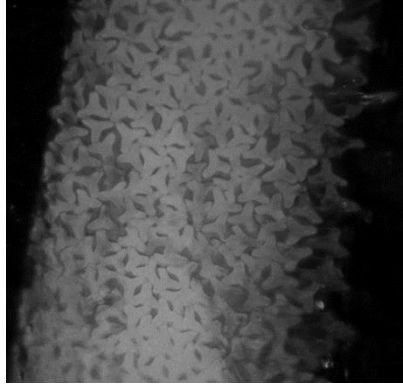
### 2.3.1. Molekül Ağırlığı ve Molekül Ağırlığının Dağılımı

Polipropilen mutlak bir molekül ağırlığına sahiptir. Polipropilen lif uygulamasının moleküler ağırlığı 200000-350000 gr/mol arasındadır. Fakat farklı filament üretimlerinde moleküler ağırlık 600000 gr/mol kadar yükseltilip, 150000 gr/mol kadar düşürülebilmektedir (McIntyre, 2005).

Polipropilenin erime akış indeksi (Melt Flow Index- MFI) değeri de molekül yapısını etkileyen bir özelliktir. MFI, polimerin bir yassı girişli ekstrüzyon reometresinde 2.16 kg yük altında 230°C'de 10 dakikada silindirik bir delikten ekstrüze edilen miktarının gram cinsinden değeri olarak ifade edilir (Kara, 2011).

### 2.3.2. Mikroskopik Özellikleri

PP lifleri pürüzsüz, düz bir yüzeye sahip olup mumsu bir görünüştedir. Eriyikten çekme tekniği ile elde edilen lifler farklı enine kesit şekillerinde üretilirler. PP BCF iplik üretiminde kullanılan en yaygın enine kesit şekli trilobaldır (Şekil 7).



Şekil 7. Trilobal kesit şeklinin mikroskop görüntüsü

### 2.3.3. Mukavemet ve Uzama Özellikleri

Polipropilen liflerinin kullanım amaçlarına ve alanlarına bağlı olarak mukavemetleri 4.5-6.0 gr/denye ile 9.0-10.0 gr/denye arasında değer alırlar. İstisnai durumlarda 13.0 gr/denye ye kadar mukavemete sahip lifler de kullanılmaktadır (Kara, 2011).

PP liflerinin uzama kabiliyetleri gayet iyi olup lifler üretim biçimlerine göre değişiklik gösterir. Kopma uzaması filament türlerine göre farklılık göstermektedir.

Monofilamentlerde %15-26, multifilamentlerde %20-30, stapel liflerde ise %20-35 değer aralığındadır. Polipropilen liflerinin kuru veya yaş olması mukavemet veya kopma uzaması üzerinde herhangi bir değişiklik göstermez (Kara, 2011).

#### **2.3.4. Esneme Özellikleri**

PP liflerinin esneme özellikleri yüksektir. Bu lifler iki kenarından çekilerek 30 saniyede %20 uzatılıp gevşetildiklerinde uzamış olan bölüm aniden %91 eski haline dönebilir. Eski haline gelmeyen bölüm ise giderek küçülmektedir. Şayet lifler 3 dakika %2 büyüklüğünde gerdirilirse aniden %82 oranında eski haline geri dönebilir. Ya da uzama 6 dakika yapılırsa eski haline dönüş bir saniyede %45, 100 saniye de ise %92 olduğu belirtilmiştir. Daimi uzunluk ise giderek azalmaktadır (Kara, 2011).

#### **2.3.5. Nem Alma ve Statik Elektriklenme**

PP lifler, nem emici polar gruplar ihtiva etmediğinden ötürü atmosferden sadece %0.05 oranında nem alırlar ve bu nedenle lif yapısına atmosferdeki nem tesir etmez. Nem alacak kısımların bulunmaması sebebiyle ise liflerde statik yük oluşumu gözlenmektedir (Harmancıoğlu, 1981).

#### **2.3.6. Kimyasallara Karşı Direnç**

PP lifleri asitlere, alkalilere ve organik çözücülere rağmen oldukça dayanıklıdır. 24°C’ de polipropileni çözebilen bir çözücüye rastlanılmamıştır. Fakat sıcak ya da kaynayan tetrakloreten malzemesinin polipropileni çözdüğü ve trikloretilen ile muamele görmesi sonucu polipropilen liflerinin güçlü bir biçimde büzüldüğü görülmüştür (Harmancıoğlu, 1981).

#### **2.3.7. Güve/Mantar/Bakteri Etkisi**

Polipropilen lifleri mikroorganizmalara karşı oldukça iyi direnç sergilemektedir. Buna rağmen lif üretiminde antimikrobiyel maddeler uygulanmaktadır. Bunun sebebi PP tekstil malzemeleri arasında mikroorganizmaların üreme ihtimali vardır. Antimikrobiyel maddelerin kullanılması özellikle halı üretimi açısından çok önemlidir.

Antibakteriyel kullanımı iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi, lif üretiminden önce antibakteriyel maddeler ile polipropilen eriyiği karıştırılarak lif çekilmesi; ikincisi ise, bitmiş liflere ya da tekstil ürünlerine terbiye işlemleri biçiminde yapılabilmektedir (McIntyre, 2005).

## 2.4. İpliklere Uygulanan Test ve Analizler

PP BCF ipliğinin üretim sonrası iplik parametrelerinin ipliğin özellikleri üzerinde ne gibi bir değişiklik gösterdiğini tespit etmek için ipliğe birtakım testler yapılmaktadır. Bu testlerin yapılmasının amacı istenen en iyi özelliğe sahip iplik üretimi gerçekleştirmektir. İşletme bünyesinde yapılan ve çalışmanın kapsamı içerisinde incelenen testler aşağıda açıklanmıştır.

### 2.4.1. İplik Numara Tayini

PP BCF iplik üretim makinasında istenilen özelliklerde üretilen bobinlerin iplik numarası ölçümü için Prowhite çıkırığı (Şekil 8) ve hassas terazi (Şekil 9) kullanılmaktadır. İplik numara tayininin amacı, ipliğin belirlenmiş bir uzunluğunun kütlesinin ölçülmesidir. Çıkırık yardımıyla bobinden 100 metre iplik sarılarak hassas terazide ölçülür. Bu ölçülen değer ile iplik numarası istenilen birime çevrilerek hesaplanır. BCF PP iplik üretiminde genellikle Denye ve Dtex birimleri kullanılmaktadır.



Şekil 8. Çıkırık cihazı



Şekil 9. Hassas terazi

İplik numarası hesabı aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

$$\text{Dtex Hesabı: Çıkan gramaj sonucu 100 ile çarpılacaktır.} \quad (2.1)$$

Örnek:

100 metresinin gramaj değeri= 30.86 gr

İpliğin Dtex'i= 30.86 gr \* 100 = 3086 Dtex'tir.

Denye Hesabı: Çıkan gramaj sonucu 90 ile çarpılacaktır. (2.2)

Örnek:

100 metresinin gramaj değeri= 30.86 gr

İpliğin Denyesi = 30.86 gr \* 90 = 2777 Denye'dir.

#### 2.4.2. Filament Enine Kesit Şeklinin ve Lif İnceliğinin Analizi

PP BCF ipliklerin enine kesiti şekillerinin tayini Olympos CX31 markalı mikroskopla (Şekil 10) yapılmaktadır. İplik enine kesit şekillerinin tespiti için optik mikroskop, gözenekli plaka, ince tel ve jilet kullanılmaktadır. Bu bölümde iplikler plaka üzerine yerleştirilerek jilet yardımıyla pürüzsüz hale getirilir ve mikroskopta düzgün şekilde bakılması sağlanır. Enine kesit şekli belirlenen filamentin bu aşamada çap ölçümü de yapılabilmektedir. Enine kesit şekli TS ISO 4739 standardına göre değerlendirilmektedir.

Elde edilen ipliklerin lif incelikleri TS 244 EN ISO 2060 standardı gereğince iplik çıkırığı ile hassas terazi yardımıyla belirlenmektedir (Şekil 8-9).



Şekil 10. Enine kesit görüntüsü için kullanılan mikroskop

#### 2.4.3. Filament Sayısının Kontrolü

Üretilen multifilament ipliklerin filament sayıları manuel olarak kontrol edilmektedir. Bunun için toplu iğne ve zıt renkli zemin kullanılmaktadır. Söz konusu analizler, numune iplikten bir miktar numune alınarak zıt renkli zemin üzerine yerleştirilir ve toplu iğne yardımıyla sayılır.

#### 2.4.4. Filamentlerin Kopma Kuvveti - Uzama - Mukavemet Özelliklerinin Tayini

İpliklerin kopma kuvveti, uzama (%) ve mukavemet testleri Tinius Olsen markalı mukavemet cihazında (Şekil 11), TS EN ISO 2062 test standardına göre yapılmaktadır.

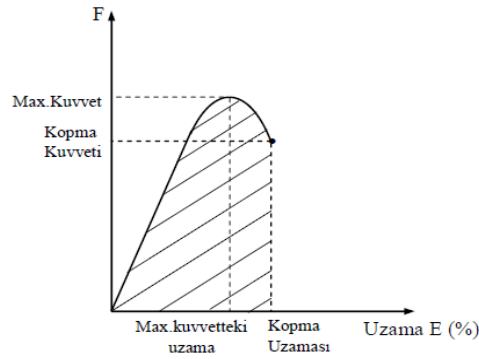


Şekil 11. Mukavemet test cihazı

Mukavemet, ipliğin ipliğe uygulanan yüke gösterdiği direnç olarak ifade edilir. Mukavemet değerinin yüksek olması demek, ipliğin dayanıklı, makine duruşlarının az, verimliliğin ise fazla olmasıdır. İpliğin mukavemetine tesir eden en temel faktörler ham maddenin yapısı, lif uzunluğu, inceliği, uzunluk dağılımı ve mukavemetidir. İpliğin bükümünün artırılması da belli bir noktaya kadar iplik mukavemetini artırmaktadır (Tekstil Teknolojisi: Sentetik İplik Kontrolleri, 2013).

İplik mukavemeti hesaplanırken biri sabit, diğeri sabit olmayan çeneler içerisine geçirilen ipliğe, yavaş yavaş artırılarak güç uygulanır. Bu işlem sonucu iplik bir miktar uzar ve ipliğin dayanım gücü gereğince iplik kopar. İpliğin koptuğu anda oluşan kuvvet, “kopma kuvveti” diye adlandırılır.

İpliğin koptuğu ana dek meydana gelen uzama miktarının, ipliğin ilk boyuna oranına ise, “kopma uzaması” denir ve “%” şeklinde gösterilir. Bu değerler kuvvet-uzama eğrilerinde (Şekil 12) kullanılmaktadır. Kuvvet-uzama eğrisinin birinci kısmında maddenin tutumu Hook Kanunu'na göre olup, “elastik bölge” olarak isimlendirilen bölgede kuvvetle uzama değeri arasında doğrusal bir bağ olduğu görülmektedir. Bu bölgede kuvvet ortadan kaldırıldığında madde eski haline ya da en yakın değerine dönmektedir. Burada kuvvetin uzamaya oranı “Elastikiyet Modülü” diye isimlendirilir. Modülün yüksek olması, uzama yeteneğinin azlığını yani malzemenin rijitlik ve kırılma özellik, düşük olması ise yüksek uzama kabiliyetini yani elastiklik özellik kazandığını gösterir (Tekstil Teknolojisi: Sentetik İplik Kontrolleri, 2013).



Şekil 12. Kuvvet-Uzama (F-E: Force-Elongation) eğrisi (Lawrence, 2003)

#### 2.4.5. Kıvrımlılık Değerinin Ölçülmesi

İpliğin kıvrım elastikiyeti parametresi, Textechno Texturmat Me+ cihazı (Şekil 13) kullanılarak, ASTM D 4031 test standardına göre belirlenmektedir. Kıvrımlılık değerinin amacı, ipliğin ısı (kaynama) çekmesini yani hacmini ölçmektir.



Şekil 13. Tekturmat ve Etüv (fırın) cihazları

Testurmat ile kıvrımlılık ölçümü aşağıdaki gibi yapılmaktadır (Tekstil Teknolojisi: Sentetik İplik Kontrolleri, 2013).

Kıvrımlılık testi için alınacak metraj bilgisinde her bobinden ne kadar metre iplik sarılacağı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\text{Shrinkage} = 10000/2 * N_0 \text{ min a}l\text{Dtex} \quad (2.3)$$

Daha sonra kıvrım kısalması formülü kullanılır:

$$\text{Kıvrım kısalması \%} = (L1 - L2) / L1 * 100 \quad (2.4)$$

ile hesaplanır.

L1: Kuvvetin uygulandığı andaki son uzama noktasının değeri

L2: Etüvden çıktıktan sonraki kuvvet altındaki değeri

Uygulanan kuvvet (ağırlık) 2000 g'dır.

Belirlenen tur sayısı girilerek çıkırığın çalışması başlatılır ve devir sayısı tamamlandığında çıkırık kendiliğinden kapanır.

Çıkırık üstünde elde edilen çilelerin her iki kenarı düğümlenerek iplik çileleri rahat bir şekilde çıkarılır.

Çıkırık üzerindeki iplik çileleri el yordamıyla ayrı ayrı çıkartılır ve bir kenarı askılığın üst bölümündeki kancaya diğer kenarı alt bölümdeki diskli kancaya geçirilir.

Askılık dolduğunda (askılık 5 iplik çilesi ile dolmaktadır) Texturmat makinesinin bilgisayar ekranına test ile ilgili bilgiler (test sayısı, makine numarası, iplik numarası) girilir.

Texturmat cihazının çekmecesi çekilerek askılık yerleştirilir.

L1 ölçümü (ilk uzunluk) start tuşuna basılarak test başlatılır.

Test bitiminde sonuçlar otomatik yazıcıdan çıktı şeklinde alınır.

PP BCF ipliği için yapılan test sonuçları değerlendirilerek elde edilen bu veriler ile iplik üretimi için gerekli olan ipliğin parametre değerleri birleştirilerek yapay sınır ağının girdi ve çıktı veri seti oluşturulmuştur. Veri setlerinin değerlendirilmesi ve oluşturulması dördüncü bölümde detaylı olarak anlatılacaktır.



## BÖLÜM III

### YAPAY SINİR AĞLARI

#### 3.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı

Yapay sinir ağı (YSA), insan beyninin işleyiş şeklini özellikle de öğrenme sürecini taklit eden, birbirine bağlı işlem yapabilen, kendi kendine öğrenme, düzenleme ve adapte olma özelliklerine sahip bir dizi algoritmalarından oluşan bilgisayar sistemidir.

Literatürde geçen bazı YSA tanımları aşağıdaki gibidir.

“Yapay Sinir Ağları, temel anlamda, bir örnekler kümesi vasıtasıyla parametrelerin uygulanabilmesini sağlayan bir matematiksel formül içeren bilgisayar programı olarak tanımlanabilir” (Anderson ve McNeill, 1992, s.4).

“Yapay sinir ağı, temelde insan beyninin işleyişini baz alarak, bu ağ içerisinde bulunan nöronların farklı biçimlerde birbirine entegre edilmesiyle meydana gelmektedir. Dışarıdan ya da diğer nöronlardan gelen sinyalleri alan nöronlar, ilk olarak bu sinyalleri birleştirerek dönüştürürler ve sonrasında sayısal veri elde ederler” (Zhang, Patuwo ve Hu, 1998, s.37).

“Yapay sinir ağları, paralel anlamda ilişkili ve fazla sayıda basit işlemcinin, reel dünyanın nesnelereyle biyolojik sinir sistemiyle aynı biçimde etkileşen, hiyerarşik bir organizasyondur” (Kohonen, 1990).

“Yapay sinir ağları, yalın şekilde biyolojik sinir sisteminin işleyiş biçimini kullanan bir programdır. Bu sinir hücresi ihtiva eden yapay sinir ağları, hücrelerin farklı biçimlerde birbirine bağlanıp ağ oluşturmasını sağlar” (Yurtoğlu, 2005, s.14).

Yukarıda bahsedilen tanımlardan da yola çıkarak YSA, biyolojik sinir sisteminden esinlenerek ortaya çıkmış, insan beyninin öğrenme, geçmiş bilgilere dayalı yeni bilgiler oluşturma ve tahmin etme, eksik bilgiyi tamamlama gibi yeteneklerinin makinelere kazandırılmasını amaçlayan sistemlerdir.

Yapay sinir ağı aşağıda belirtildiği gibi üç amaç için kullanılmaktadır (Smith ve Gupta, 2002):

- Geçmiş çalışma verilerine dayanarak gelecekteki olayları tahminlemek,
- Çalışma verilerinde gözlemlenen ve öncelikli belirlenen grupların özelliklerini gruplandırmak,
- Çalışma verileriyle gerçek veriler arasındaki ilişkilerin benzerliklerini kümelemek.

### 3.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

Yapay sinir ağlarına yönelik ilk çalışmalar 1940' ların öncesine dayanmaktadır. Bu dönemlerde mühendislik değeri olmayan bazı çalışmalar yürütülmüştür. İlk YSA modelini 1943' te bir sinir hekimi (Warren McCulloch) ile bir matematikçi (Walter Pitts) geliştirmiştir (McCulloch & Pitts, 1943). McCulloch ve Pitts, elektrik devreleri yardımıyla insan beyninin hesaplama kabiliyetinden yola çıkarak, bir sinir ağı modellemişlerdir.

1949' da Donald Hebb "Organization of Behavior" isimli kitabında "Hebbian öğrenme" adlı öğrenmeyle alakalı ana kuramı incelemiş ve bu kuralla sinir ağının bağlantı sayısı ve öğrenme arasında bir ilişki olduğunu saptamıştır (Hebb, 2005). 1950 yılından sonra birtakım araştırmacılar Hebb kuramından istifade ederek YSA' nın bilinirliğini artırıcı çalışmalarda bulunmuşlardır (Keskenler, 2017).

Farley ve Clark, 1954' te rassal ağlarla adaptif tepki üretme kaidelerini meydana çıkarmışlardır (Farley & Clark, 1954). 1957 yılında Frank Rosenblatt' ın "Perceptron"u ortaya çıkarmasıyla YSA tarafındaki gelişmeler hız kazanmıştır. Perceptron, beyin fonksiyonlarını modellemek vasıtasıyla meydana gelen, tek katmanlı ve tek çıkışlı bir ağıdır (Elmas, 2016).

1958-1961 yılları arasında Rosenblatt ve Caianiello ise rassal ağlar ve adaptif tepki meydana getirme kavramları hakkında çalışmalar yürütmüşlerdir. Bernard, Widrow ve Marcian Hoff 1959' da Stanford Üniversitesinde ADALINE ve MADALINE olarak iki YSA algoritması geliştirmişlerdir (Widrow & Hoff, 1960).

1969 yılında ise perceptronun XOR problemini çözemediği ortaya çıkınca YSA için bir duraklama dönemi başlamış olup, buna rağmen Amari, Cooper, Kohonen, Grossberg, Fukushima, Hopfield ve Anderson gibi bilimciler YSA' ya yönelik çalışmalarını sürdürmüşlerdir (Öztemel, 2012).

1972 yılında nöropsikolojist Anderson (Anderson, 1972) ile elektrik mühendisi Kohonen (Kohonen, 1972) birbirlerinden ayrı olarak “çağrışimli bellek” konusunda birbirine benzer olan araştırmalarının sonuçlarını yayınlamışlardır. YSA üzerine çalışmalarını sürdüren ve az sayıdaki bu araştırmacılar 1980 yılına geldiklerinde takribi olarak 10 senelik sancılı şekilde süren emeklerinin bedelini almaya başlamışlar, daha sonra YSA çalışmalarındaki duraklama dönemi sona ermiştir (Keskenler, 2017).

1986’da Rumelhart ve McClelland, geri yayılım öğrenme modelini (backpropagation) geliştirerek kompleks ve çok katmanlı ağların çözülmesini sağlamışlardır. Parker ve Werbos’un gerçekleştirdiği çalışmalar ise, tek katmanlı ağlarla ölçülmeyen XOR problemini çözmüştür (Mehrotra, Mohan, Ranka, 1996).

Bu çalışmalar ışığında 90’lı yılların başından itibaren YSA ile ilgili çalışmalar hız kazanmış, birbirinden farklı ve hızlı öğrenme algoritmaları geliştirilmiş ve bu geliştirilen algoritmalar ile günlük hayatta karşılaşılan birçok problemlere çözümler bulunmuş olup halende bulunmaktadır.

Şekil 14’ de, YSA’ların gelişiminin tarihçesi gösterilmektedir.



Şekil 14. Yapay sinir ağlarının gelişimi tarihlere göre zaman çizelgesi

### 3.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Günümüzde yapay sinir ağları tam olmayan verilerle işlem yapabilme ve normal olmayan verilere çözüm getirmesi kabiliyetlerinden ötürü çok fazla sahada kullanılmaktadır.

Doğrusal olmayan, çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin ve tam olmayan, hata ihtimali çok veriler ile meydana getirilen problemlerin çözümünde YSA uygulamaları kullanılmakta ve sonuçlar başarılı bulunmaktadır. Bu amaçla geliştirilmiş ağlar genel anlamda aşağıda belirtilen şartları sağlamaktadırlar:

- Probabilistik fonksiyon kestirimleri
- Sınıflandırma
- İlişkilendirme ve örüntü tanımlama
- Zaman serileri analizleri
- Sinyal filtreleme
- Veri sıkıştırma
- Örüntü tanıma
- Doğrusal olmayan sinyal işleme
- Doğrusal olmayan sistem modelleme
- Optimizasyon
- Zeki ve doğrusal olmayan kontroller (Öztemel, 2012).

Yapay sinir ağları bu pratik olmayan uygulamaların haricinde günlük hayattaki ekonomik konular, mühendislik ve tıp bilimi gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Bu uygulamalara örnekler aşağıda verilmiştir (Saraç, 2004, Öztemel, 2012).

*Arıza analizi ve tespiti:* Bir düzenin, makinenin ya da ögenin tertipli ve gerçek şekilde çalışmasını sağlayan bir yapay sinir ağı sayesinde sistemlerde oluşabilecek aksaklıkların tanımlanması sağlanmaktadır. Bu maksatla YSA, elektrikli cihazların, uçakların veya bileşenlerinin ve bütünleşmiş devrelerin vb. aksaklıkların tespitinde kullanılmaktadır.

*Finansal uygulamalar:* Makroekonomik tahminler, kredi kartı sahtekarlıkları, bu kuruluşların iflas tahminlerinin ve kredilerinin incelenmesi, yönetilmesi, risklerinin analizleri gibi örneklerde YSA kapsamına girmektedir.

*Tıp uygulamaları:* Hastane giderlerinin ve transplantasyon zamanlarının optimizasyonu ile kanserli hücrelerin ve EEG ve ECG gibi tıbbi sinyallerin çözümlemesi gibi başlıklarda YSA kapsamında incelenmektedir.

*Savunma sanayi uygulamaları:* Silahların otomasyonu ve hedef izleme, nesnelere/görüntüleri ayrıştırarak tanımlama, yeni algılayıcı tasarımı ve gürültü engelleme vb. alanlarda kullanılmaktadır.

*Haberleşme uygulamaları:* Görüntü ile veri sıkıştırma, kendiliğinden bilgi sunma hizmetleri, konuşmaların gerçek zamanda çevirisi vb. sahalarda kullanılmaktadır.

*Üretim uygulamaları:* Ürünlerin analizi, kalite analizi, tasarımı ve kontrolü, planlama ve yönetim analizi ile üretim sistemlerinin optimizasyonu alanlarında uygulanmaktadır.

Farklı alanlardaki çalışmalar incelendiğinde yapay sinir ağları genel anlamda aşağıda belirtilen işlevleri gerçekleştirmektedir (Öztemel, 2012, Jain, Mao ve Mohiuddin, 1996).

*Tahmin:* Ağa gösterilen bilgilerden faydalanarak bunlara karşılık gelen çıktıları tahmin etmektedirler.

*Sınıflandırma:* Kendilerine verilen bilgileri kategorize etme görevini üstlenmektedirler.

*Veri ilişkilendirme:* Ağa gösterilen verilerin kusurlu olup olmadıklarını belirlemektedirler. Öğrendikleri bilgiler ile hatalı ve eksik bilgileri tamamlamaktadırlar.

*Veri filtreleme:* Bir hayli bilgi arasından en elverişli olan bilgileri tayin etme sorumluluğunu gerçekleştirmektedir.

*Tanım ve eşleştirme:* Farklı biçim ve örüntülerin tanınması, eksik, karmaşık, belirgin olmayan bilgileri eşleştirme ve tanıma fonksiyonlarını gerçekleştirmektedir.

*Teşhis:* Sistemlerin olumsuz yanlarının ve problemlerinin belirlenmesi işleminde kullanılmaktadır.

*Yorumlama:* Bir olay üzerinde meydana gelen tüm örnekler ile eğitim sonrası oluşan verilerin kullanılarak olayların yorumlanması işlemidir.

### 3.4. Yapay Sinir Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları

Yapay sinir ağı modelinin birtakım avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibidir (Elmas, 2016).

#### Avantajları:

- Yapay sinir ağları geçmiş tecrübelerden öğrenir ve bir kez eğitildikten sonra yeni oluşturulan veri kümesini çabucak yanıtlayabilir.

- Yapay sinir ağları matematiksel modele gerek duymaz. YSA algoritmasında verilerin ağına eğitilmesi işleminde herhangi bir varsayımla karşılaşılmamıştır.

- Yapay sinir ağları verilerden yola çıkarak bilinmeyen ilişkileri zekice ve hızlı olarak ortaya çıkarabilir. Ağın bu özelliği, uygulamada önemli bir yere sahiptir.

- Geleneksel bilgisayarlar, sistemde oluşacak arızalara rağmen oldukça hassastır. Sistemde oluşabilecek küçük bir arıza, neticeye ulaşamama veya neticede devasa hatalara sebep olabilmektedir. Fakat YSA' nın bir ya da birden fazla nöronunun arızalanması sistemi geleneksel veri işleme teknolojilerindeki derecede etkilemez.

- YSA, ağ içerisinde bulunan parametrelerin değişmesi durumunda kendini hemen problemin çözümüne adapte edebilmektedir.

- Yapay sinir ağları doğrusal olmadıklarından dolayı kompleks problemleri doğrusal yöntemlere kıyasla oldukça iyi biçimde sonuçlandırabilmektedirler.

#### Dezavantajları:

- Sistem içerisinde ne olduğu tam olarak anlaşılabilir. Bu gibi anlarda ağların çıktılarını yorumlamak oldukça güçtür.

- Problemin çözümü için etkin bir yol oluşmayabilir veya hata yapabilirler. Nedeni ise, ağı eğitecek bir işlevin olmamasıdır. Bazı durumlarda işlevin oluşmasına rağmen yeterli veriye ulaşamayabilir.

- Ağı eğitmek için uzun bir zaman gerekmektedir ve bu da zaman ve para maliyetini arttırmaktadır.

- Farklı sistemlere adapte etmek kolay değildir.

- Ağın kalitesi ve kapasitesi, çalışma sırasındaki hızı ile doğru orantılıdır. Mesela, düğüm miktarı arttıkça zamanda artmaktadır.

### **3.5. Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri**

Genel olarak YSA birbiriyle ilişkili çok sayıda sinyal veya veri işleme birimlerinden oluşmuş bir hesaplama sistemi olup, aşağıdaki kriterlere sahiptir (Yılmaz,2010, Jain, Mao ve Mohiuddin, 1996).

*Paralel çalışma:* Yapay sinir ağlarında bütün işlem ögeleri yakın zamanlı olarak çalıştıklarından hızlı çıktı verileri üretirler.

*Doğrusal olmama:* Yapay sinir ağlarının ana işlem ögesi olan hücreleri doğrusal özellik göstermezler. Bu sebeple doğrusal olmayan hücrelerin birleşmesiyle oluşan ağlar da doğrusal özellik göstermez ve bu özellik ağın tümüne yayılmıştır. Yapay sinir ağları bu özelliği neticesinde, doğrusal olmayan karmaşık problemlere çözüm getirmektedir.

*Genelleme:* Yapay sinir ağlarının, çözeceği problemi öğrendikten sonra eğitim esnasında rastlamadığı test örnekleri için de belirtilen sonucu üretme kabiliyeti vardır. Eğitilmiş bir ağa girişin yalnızca bir bölümü verilse de ağ hafızadan bu girişe en yakın olanını belirleyerek tam bir giriş verisiymiş gibi davranarak uygun bir çıkış verisi üretir. Veriler yapay sinir ağlarına, eksik, bozuk ya da önceden hiç rastlamadığı biçimde verilse dahi, ağ uygun olan en etkin çıktıyı verecektir. Bu özelliğe ağın genelleştirme özelliği denir.

*Öğrenme:* Yapay sinir ağları yardımıyla bilgisayar veya makine öğrenmesi yapılabilir. Makinelerin olayları öğrenmesi ile benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermesi sağlanır. Bu sayede cihaza sunulan örneklerden genellemeler yaparak hiç rastlamadığı örnekler üzerine veriler üretebilir.

*Hata toleransı:* Yapay sinir ağlarında, fazla sayıda işlemci öğelerin bağlantısı paralel olarak dağılmış bir yapıdadır ve ağa ait bilgi, ağın bütün bağlantılarına dağılmıştır. Girdi verisinde oluşabilecek rastgele bir gürültü, bütün ağırlıklara dağıtıldığından gürültü etkisi göz ardı edilebilir.

*Dereceli bozulma:* Hata toleranslı çalışmaları için sistemin arızalanması da derecelidir. Kısaca klasik programlarda sistemde arıza olduğu durumda sistemin çalışamaz duruma gelmesi söz konusu iken, yapay sinir ağları eldeki veriler doğrultusunda sağlam olan hücreler ile bilgi üretmeye devam ederler.

*Uyarlanabilirlik:* Yapay sinir ağlarının ağırlıkları, uygulanan problem tipine göre değişiklik gösterir. Yani eğitilmiş bir yapay sinir ağı, problemdeki değişikliklerle birlikte tekrardan eğitilir. Bu özelliği sayesinde yapay sinir ağları, uyarlamalı örnek tanıma, işaret işleme, sistem tanımlama ve denetimi gibi sahalarda etkin bir şekilde uygulanır (Öztemel, 2012).

*Kendi ilişkisini oluşturma:* YSA veriler ışığında kendi kendine bağlantılarını meydana getirebilir. İçerisinde belirli bir denklem bulunmaz (Aydoğmuş ve Çöteli, 2005).

*Bilginin saklanması:* Yapay sinir ağlarında bilgi ağın bağlantılarında gizlenmektedir (Erdem ve Emre, 2005).

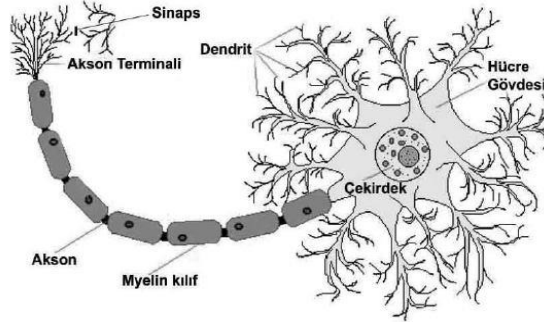
### **3.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Bileşenleri**

#### **3.6.1. Biyolojik Sinir Ağlarının Fizyolojik Yapısı**

Yapay sinir ağlarını anlayabilmek için öncelikle biyolojik sinir ağlarının yapısı ve çalışma ilkeleri iyi bilinmelidir. Biyolojik sinir sistemi, merkezden bilgiyi alan, yorumlayan ve etkin sonuç meydana getiren üç katmanlı bir sistemdir.

Bunlar; dış çevreden toplanan bilgileri elektriksel sinyallere dönüştüren ve beyine ileten alıcı sinirler, beyinden gelen elektriksel sinyalleri çıktıya dönüştüren tepki sinirleri ve bu iki sinirlerin arasında geri ve ileri besleme sayesinde gerekli tepkiler meydana getiren merkezi sinir ağıdır (Haykin, 1999).

Sinir sisteminin temel elemanı “Nöron” adı verilen özel sinir hücresi olup, bir sinir hücresi çekirdek, dentrit, hücre gövdesi (Soma), akson ve sinapstan oluşmaktadır. Aksonlar, yalıtım maddesi olarak isimlendirilen miyelin kılıf ile kaplanarak girişlerin iletilme hızını artırmaktadır (Walczak ve Cerpa, 2003). Şekil 15’ te sinir hücresinin şekli verilmiştir.



Şekil 15. Biyolojik sinir hücresinin temel yapısı (Diamantaras ve Kung 1996).

Bir başka deyişle sinir hücresinin tepki hızı, şimdiki bilgisayarlara nazaran gayet yavaş olmasına karşın, bir sinir hücresi duyuşsal bilgileri oldukça hızlı yorumlayabilmektedir.

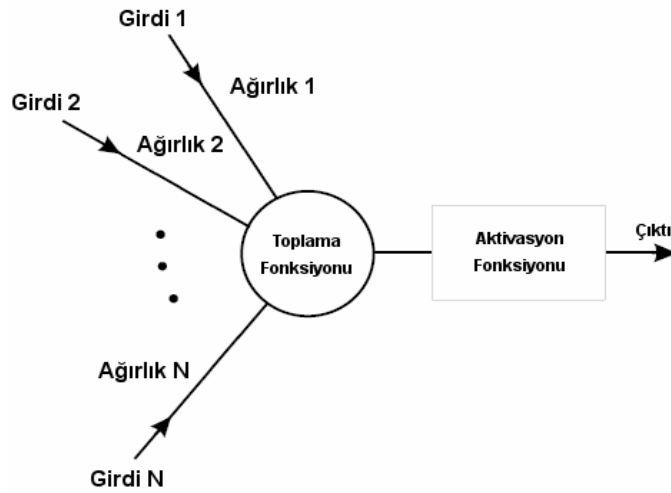
Bundan dolayı insan beyni; öğrenme, birleştirmeye, benzetme ve genelleştirme kabiliyeti sebebiyle oldukça kompleks, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış bir veri işleme yöntemi olarak açıklanabilir (Kulkarni, 1994).

Yapay sinir ağları da beynin bu çalışma yapısından etkilenerek ortaya çıkmıştır.

### 3.6.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Daha önce de bahsedildiği üzere biyolojik sinir sisteminden yola çıkarak oluşturulan yapay sinir ağlarının, öğrenme, hafızada tutma ve veriler arasındaki bağıntıyı yorumlama yeteneği vardır. Yapay sinir ağını meydana getiren yapay bir sinir hücresi, biyolojik bir sinir hücresinin ana fonksiyonlarına benzeyen basit bir yapıdadır. Ağ içerisinde bulunan nöronlar bir ya da daha fazla giriş verisi alarak tek bir çıkış değeri verirler. Bu çıkış değeri, ağın dışına gönderilen bir çıktı değeri olabileceği gibi diğer nöronlar için girdi verisi gibi de işlem görebilir (Öztemel, 2012). Bir yapay sinir ağının gösterimi şekil 16’ da ki gibidir.





Şekil 16. Yapay sinir hücresinin yapısı

Bir yapay sinir ağ hücresi beş elemandan oluşur. Bunlar:

### 3.6.2.1. Girdiler

Girdiler, bir yapay sinir hücresine dış ortamdan ya da diğer hücrelerden gelen bilgiler bütünüdür. Girdi verileri, ağıın öğrenmesi gereken örnek veriler vasıtasıyla belirlenir. Bir yapay sinir hücresi dış ortamdan, diğer hücrelerden ve kendi kendisinden bilgi alabilir (Çanakcı, 2006).

### 3.6.2.2. Ağırlıklar

Bir yapay sinir hücresine gelen ağırlıklar verinin önemini ve hücreye etkisini belirler. Ağırlık değerinin büyüklüğü ya da küçüklüğü ağıın önemli olup olmadığı manasında değildir. Ağırlıklar değışken veya sabit değıerler alabilirler.

### 3.6.2.3. Toplam Fonksiyonu

Biyolojik sinir ağıında bulunan dendritlerin yaptığı işlevi yapay sinir ağıında toplama fonksiyonu yapmaktadır. Birleştirme fonksiyonunu en etkin kullanan fonksiyondur. Bir sinir hücresinde bulunan net girdi verilerini hesaplar ve genelde girdi verilerinin ilgili ağırlıkla çarpımının toplamı biçiminde formüle edilir.

Toplama fonksiyonunun çeşitli fonksiyonları olmasına rağmen, en yaygın kullanılan fonksiyonu ağırlıklı toplama fonksiyonudur (Öztemel, 2012).

$$NET = \sum_n^k (a_n b_n) \quad (3.1)$$

Literatürde değişik toplama fonksiyonları mevcuttur ve hangisinin kullanılacağı, deneme-yanılma yöntemiyle belirlenmektedir. Tablo 3' te değişik toplama fonksiyonu örnekleri bulunmaktadır (Öztemel, 2012).

Tablo 3

*Toplama fonksiyonu örnekleri*

<b>Net Giriş</b>	<b>Açıklama</b>
Çarpım Net = $\prod G_i A_i$	Ağırlık verileri girdi verileri ile çarpılır ve çarpım sonucu elde edilen veriler birbiri ile çarpılarak NET girdi bulunur.
Maksimum NET = $\text{Max} (G_i A_i), i=1 \dots N$	N tane girdi verisi içerisinde ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en büyüğü yapay sinir hücresinin Net girdisi olur.
Minumum NET = $\text{Min} (G_i A_i), i=1 \dots N$	N tane girdi verisi içerisinde ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en küçüğü yapay sinir hücresinin Net girdisi olur.
Çoğunluk NET = $\sum \text{sng} (G_i A_i)$	N tane girdi verisi içerisinde ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatiflerin sayısı bulunarak büyük olan değer hücrenin NET girdisi olarak belirlenir.
Tarihli Toplam NET = $\text{Net}(\text{eski}) + \sum (G_i A_i)$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek hücrenin net girdisi hesaplanır.

### 3.6.2.4. Aktivasyon Fonksiyonu

Toplama fonksiyonundan alınan girdi verisini işleyerek yapay sinir hücresinin çıktısını oluşturan fonksiyondur. Transfer fonksiyonu da denilen aktivasyon fonksiyonunun farklı türleri olmasına karşın, temelde doğrusal olmayan bir fonksiyon olduğu belirtilmiştir. Doğrusal olmayan fonksiyonların tercih edilmesinin nedeni, doğrusal fonksiyonlarda girdi verisi ve çıktı verisinin doğru orantılı olması sebebiyledir (Minsky and Papert, 1969).

Toplama fonksiyonundaki gibi aktivasyon fonksiyonunda da çıktı verisini belirlemek için farklı hesaplamalar kullanılmakta olup ağıın işlem elemanlarının tümünün aynı fonksiyonu kullanması da gerekmemektedir. Fakat kimi YSA modelleri (örneğin çok katmanlı algılayıcı gibi) aktivasyon fonksiyonunun türevinin alınabilir bir fonksiyon olma şartını öne sürmüşlerdir. Etkin fonksiyon seçiminin tasarımcının deneme yanılma yöntemi sonucunda belirleyebileceği belirtilmiş, etkin formülü içeren fonksiyon henüz bulunamamıştır (Öztemel, 2012).

YSA' nın doğrusal olmayan fonksiyonları kullanması kompleks ve değişik problemlere uygulanmasına olanak sağlamıştır. Sık kullanılan aktivasyon fonksiyonları aşağıda verilmiştir (Öztemel, 2012):

#### 3.6.2.4.1. Doğrusal Fonksiyon

Doğrusal fonksiyon, hücreye gelen girdileri doğrudan çıktıya taşır. Bu fonksiyon Şekil 17' de verilmiştir. Genellikle ADALINE diye isimlendirilen doğrusal işlemci elemanı, alışılmış işaret işleme ile istatistiksel regresyon yöntemlerinde uygulanır.

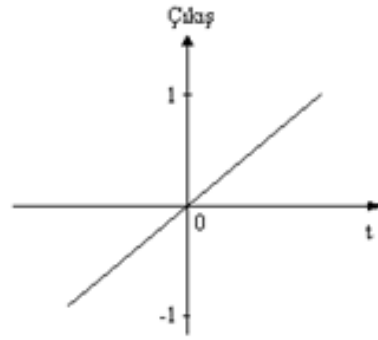
Formülü ise;

$$\text{Net Toplam} = v = \sum_n^k(a_n b_n) \text{ veya } \text{Net Toplam} = v = \sum_n^k(a_n b_n) + \theta \quad (3.2)$$

olmak üzere;

$$F(\text{NET}) = y = F(v) = Av \quad \text{olarak gösterilmektedir.}$$

Buradaki A sabit bir sayıdır.



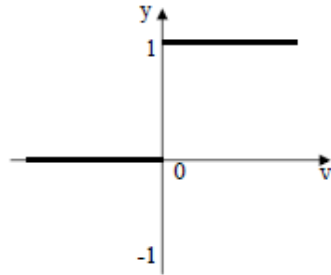
Şekil 17. Doğrusal veya Linear fonksiyon gösterimi

### 3.6.2.4.2. Basamak Fonksiyonu

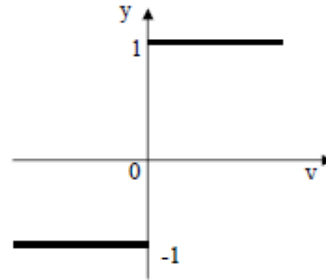
Basamak fonksiyonu tek ya da çift kutuplu bir fonksiyondur. Bu tip fonksiyonların grafiksel gösterimi ve matematiksel ifadeleri Şekil 18' de verilmiştir. Basit Algılayıcı Model (Perceptron) bu fonksiyon ile işlem görmektedir.

$$F(NE\text{T}) = y = F(v) = \begin{cases} 0, & v < 0 \\ 1, & v \geq 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$F(NE\text{T}) = y = F(v) = \begin{cases} -1, & v < 0 \\ 1, & v \geq 0 \end{cases} \quad (3.4)$$



(a) Tek kutuplu



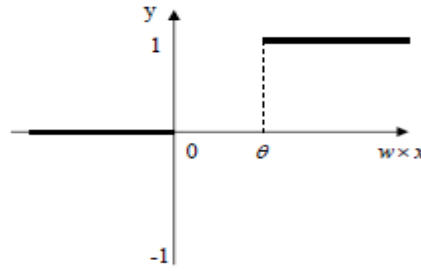
(b) Çift kutuplu

Şekil 18. Basamak fonksiyonları gösterimi

### 3.6.2.4.3. Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu

Kutuplama değeri, tek ve çift kutuplu basamak fonksiyonlarının ikisine de eklenebilir. Transfer fonksiyonu, eşik değeri  $\theta'$  'yı aştığında nöron aktif hale gelir. Tek kutuplamalı basamak fonksiyonunun formüsel gösterimi ve fonksiyonun şekli Şekil 19' da gösterilmiştir.

$$F(NET) = y = F(v) = \begin{cases} 0, & w * x < \theta \\ 1, & w * x \geq \theta \end{cases} \quad (3.5)$$

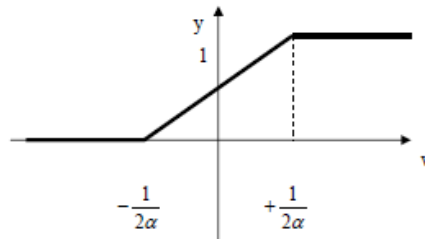


Şekil 19. Tek Kutuplamalı basamak fonksiyonu gösterimi

#### 3.6.2.4.4. Parçalı Doğrusal Fonksiyon

Doğrusal toplayıcı (ADALINE) modeli küçük aktivasyon potansiyeli için,  $\alpha$  kazancına sahip bir modeldir. Nöronun doyuma ulaştığı ve çıkışın 1 olduğu durum büyük aktivasyon potansiyeli için geçerlidir. Parçalı doğrusal fonksiyon basamak gibi davrandığı büyük kazançlar için  $\alpha \infty$  olur. Bu fonksiyonun formülü aşağıdaki gibi olup, grafiği Şekil 20' deki gibidir.

$$F(NET) = y = F(v) = \begin{cases} 0, & v \leq -1/2a \\ av + \frac{1}{2} & |v| < 1/2a \\ 1, & v \geq 1/2a \end{cases} \quad (3.6)$$

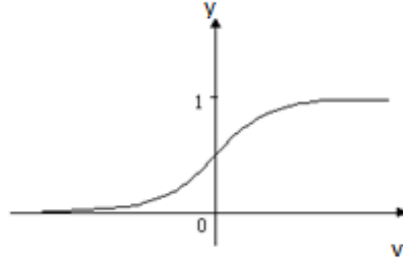


Şekil 20. Parçalı doğrusal fonksiyon gösterimi

#### 3.6.2.4.5. Sigmoid Tipi Fonksiyon

YSA modelinde en sık kullanılan aktivasyon fonksiyonudur ve en aktif bölgesi 0,2 ile 0,8 arasındadır. Geçmiş çalışmalarda tek kutuplu aktivasyon fonksiyonu da denmektedir. Sigmoid tipi fonksiyonun matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi olup, grafiği Şekil 21'de verilmiştir.

$$F(NE T) = y = F(v) = \frac{1}{1+e^{-v}} = \frac{1}{2} \left[ \tanh \left( \frac{v}{2} \right) + 1 \right] \quad (3.7)$$

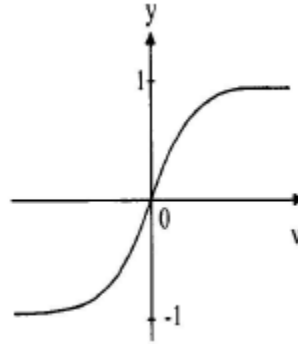


Şekil 21. Sigmoid fonksiyonu gösterimi

#### 3.6.2.4.6. Tanjant Hiperbolik Tipli Fonksiyon

YSA modellerinde sık kullanılan fonksiyon tiplerindendir. Geçmiş çalışmalarda çift kutuplu fonksiyon diye adlandırılır. Bu fonksiyonun formülü aşağıda verilmiş olup, grafiği Şekil 22' deki gibidir.

$$F(NE T) = y = F(v) = \frac{1-e^{-2v}}{1+e^{2v}} = \tanh (\beta v) \quad (3.8)$$

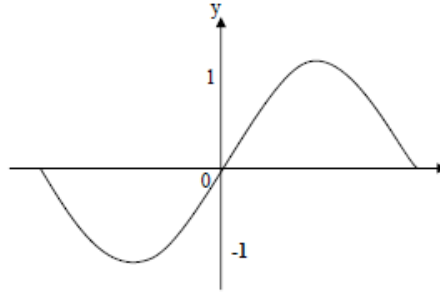


Şekil 22. Tanjant Hiperbolik fonksiyonu gösterimi

#### 3.6.2.4.7. Sinüs Tipli Fonksiyon

YSA modelinin, öğrenmesi gereken ve sinüs fonksiyonuna uygun dağılım göstermesi durumunda bu fonksiyon kullanılır ve matematiksel gösterimi ile grafiksel şekli aşağıdaki gibidir.

$$F(NE T) = y = F(v) = \sin (v) \quad (3.9)$$



Şekil 23. Sinüs tipli fonksiyon gösterimi

### 3.6.2.5. Hücrenin Çıktısı

Çıktı değeri aktivasyon fonksiyonu vasıtasıyla belirlenir. Oluşturulan çıktıyı, dış ortama, bir diğer hücreye ya da kendisine girdi olacak şekilde de gönderebilir. Bir süreç ögesi birden fazla çıktı değeri almasına karşın yalnızca tek çıktısı bulunmaktadır. Fakat ağ biçiminde sunulduğunda bir süreç ögesinin birden fazla çıktısı varmış gibi görünmektedir. Bunun sebebi yalnızca gösterim içindir. Temelde bir süreç ögesi bir çıktı ihtiva eder (Öztemel, 2012).

### 3.7. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Yapay sinir ağlarının en temel niteliği öğrenmedir. Bir yapay sinir ağına ait işlem ögelerinin bağlantılarının ağırlık değerlerinin tayin edilmesi işlemi ağın eğitilmesi işlemi olarak isimlendirilir. Bu değerler, başlangıçta rassal şekilde atanır ve öğrenme işlemine başlanır. Belirlenen örnekler ağına tanıtıldıkça ağın ağırlık değerleri de değişir. Bu süre içerisinde ağın çalışması, istenen çıktıların üretilmesine kadar devam eder. Ağ istenen çıktıları üretebildiğinde, temsil ettiği olayları genelleme yapabilecek hale gelir ve böylece eğitim tamamlanmış olur. Bu olaya ağın öğrenmesi denir (Elmas,2016).

Bir yapay sinir ağında öğrenme, ağın doğru çıktılarının hesaplanması için gereken optimum ağırlık değerlerinin bulunması anlamına gelir. Bilgi, ağ süresince bağlantılarda ağırlıklar biçiminde dağıtıldığından ağ içerisindeki bir bağlantı tek başına bir anlamlı bilgi oluşturmaz. Yani anlamlı bir bilgi meydana getirmek için ağın bağlantılarının doğru ağırlık değerlerinde olması sağlanmalıdır. Bu da öğrenme ya da eğitme olarak isimlendirilmektedir. Öğrenme, ağırlık değerlerinin nasıl değiştirileceğini bildirir (Wasserman, 1993, s. 340.)

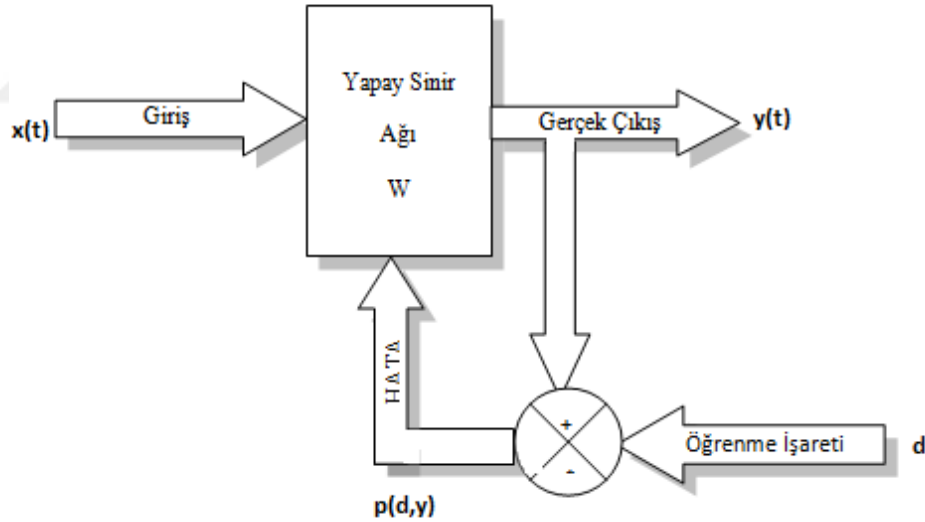
Bu öğrenme kuralları genel olarak danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme olmak üzere üçe ayrılır (Donel,2012).

### 3.7.1. Danışmanlı Öğrenme

Bu öğrenmede, yapay sinir ağına örnek olarak bir doğru çıktı gösterilir. Ağın üretmiş olduğu çıktılar ile gerçek çıktılar arasında oluşan fark hata olarak incelenir, amaç hatayı minimize etmektir.

Öğrenme sırasında ağırlıklar rassal şekilde dağıtılır ve ağ vasıtasıyla hata miktarı en aza indirilecek biçimde dögüsel süreçler tamamlanır (Anderson and McNeill,1992, s.10.).

Şekil 24' de bu yapı gösterilmiştir. Bu stratejide öğrenmeye dışarıdan müdahalede bulunan bir öğretmen yani danışman bulunmaktadır. Öğrenme stratejisi bu öğretmen kontrolünde gerçekleşmektedir. Öğretmen, eğitim kümesini ve hata değerini bularak eğitimin süresini belirler. Bu stratejinin en temel niteliği eğitim sırasında gerçek girdi ve çıktı değerlerinin kullanılmasıdır (Şen, 2004).



Şekil 24. Danışmanlı öğrenme yapısı (Sağıroğlu, Beşdok ve Erler, 2003)

### 3.7.2. Danışmansız Öğrenme

Bu öğrenmede yapay sinir ağına yalnızca girdi verileri gösterilmekte, ulaşılması beklenen çıktılar gösterilmemektedir. Yapay sinir ağı girişte gösterilen örnek verilere bakarak parametreler arasındaki ilişkileri kendi kendine öğrenir. Yapay sinir ağı daha sonra bağlantı ağırlıklarını, aynı nitelikleri gösterecek şekilde örüntüler meydana getirmek üzere ayarlar.



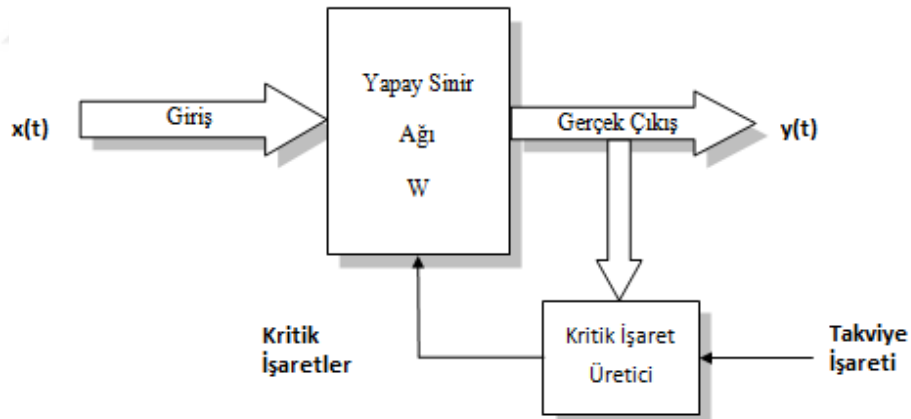
Danışmansız öğrenme genellikle sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. ART (Adaptive Resonance Theory) danışmansız öğrenme stratejisine örnektir (Saraç, 2004).

Danışmansız öğrenme metodu, günümüzde sınırlı kullanım alanları bulan ama sürekli geliştirilen bir öğrenme yöntemi olup, ileride bilgisayarların insan yardımı olmadan öğrenebileceklerini göstermektedir (Anderson ve McNeill, 1992).

### 3.7.3. Takviyeli Öğrenme

Bu yöntemden, literatürde danışmanlı veya danışmansız öğrenmenin bir alt versiyonu gibi ya da kendi başına bir öğrenme stratejisi olarak söz edilmektedir. Bu stratejiye göre, sinir ağına yalnızca giriş verileri gösterilmekte, bunlara karşı gelen çıktıların üretilmesi beklenmekte ve üretilen çıktı değerlerinin doğruluğunu belirten bir sayı ya da derece bildirilmektedir (Jain, Mao ve Mohiuddin, 1996).

Optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan Boltzmann kuralı ya da Genetik Algoritmalar bu stratejiye örnektir (Yakut, 2012). Şekil 25'te bu yapı gösterilmiştir.



Şekil 25. Takviyeli öğrenme yapısı (Burmaoğlu, 2009)

### 3.7.4. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Kuralları

Yüzün üzerinde öğrenme algoritması bulunmasına karşılık literatürde sık kullanılan öğrenme algoritmaları:

- 1) Hebb,
- 2) Hopfield,
- 3) Kohonen,

4) Delta,

5) Geri Yayılma (Genelleştirilmiş Delta) algoritmalarıdır.

*Hebb Kuralı:*

1949' da Kanadalı psikolog Donald Hebb tarafından biyolojik temelli bilinen en eski ve ünlü öğrenme algoritmasıdır. Bu kurala göre, bir hücre (yapay sinir ağı elemanı) başka bir hücreden bilgi alırsa ve her iki hücre de aktif ise hücreler arasındaki ilişki kuvvetlendirilmelidir. Diğer bir ifadeyle bir hücrenin kendisi aktifse ilişkili olduğu hücre aktif, pasif ise pasif olmaya çalışmaktadır (Çanakçı, 2006).

*Hopfield Öğrenme Kuralı:*

Hebb Kuralı' na benzerlik göstermektedir. Ağ bağlantılarının hangi miktarda zayıflatılması ya da kuvvetlendirilmesi gerektiğini belirtir. Şayet istenilen çıktı ile girdinin her ikisinin aktif ya da pasif olması bu kurala göre bağlantı ağırlığını arttırır, her iki durumdan biri aktif diğeri pasif ise azaltır. Ağırlıkların arttırılıp azaltılması işlemi öğrenme katsayısıyla yapılır ve bu katsayı genellikle 0 ile 1 arasındadır (Adıyaman, 2007).

*Kohonen Kuralı:*

Kohonen tarafından oluşturulan kural, biyolojik sistemlerdeki öğrenmeden yararlanılarak geliştirilmiştir. Kuralda ağırlıkların değiştirilmesi, hücrelerin birbirleri ile yarışması ile gerçekleştirilir. Birbirleri ile yarışan yapay sinir hücrelerinden en büyük çıktısı olan hücre kazanan hücre olarak adlandırılarak çıktı verir ve kazanan hücrenin komşu hücreleri de ağırlıklarını yenileyerek işin içine tekrar girer. Kohonen kuralı, öğretmensiz öğrenme ile eğitimini gerçekleştirir (Şen, 2004).

*Delta Kuralı:*

Widrow ve Hoff tarafından geliştirilen bu kural, genel anlamda mühendislik tabanlıdır. Bu algoritmaya en küçük kareler kuralı (Least-Mean-Square Rule) da denmektedir. Bu kural, hata karelerinin ortalamasını alıp, bu değerin en küçük olduğu çözümü bulmayı hedefler (Widrow ve Lehr, 1990).

Delta kuralı, hataların karesinin en küçük noktasını bulurken eğim düşme metodunu uygulamaktadır. Metotta hata kareleri, koordinatlarını ağırlıkların meydana getirdiği uzayda bir eğim oluşturur ve ağırlık vektörünü, olduğu konumdan hatanın en küçük olduğu eğime doğru ilerletir (Caudill, 1987)

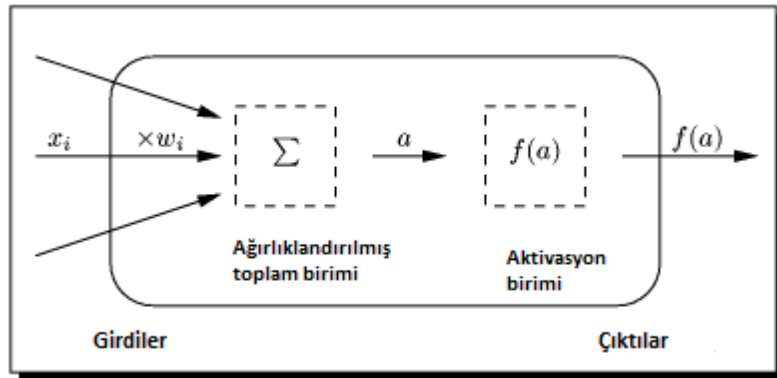
### Geril Yayılma (Genelleştirilmiş Delta):

Geril yayılma kuralı yapay sinir ağlarında en sık kullanılan öğrenme algoritmasıdır. Hata ağdaki ağırlıkların işlevi gibidir ve hataların kareleri ortalaması delta algoritmasındaki gibi eğim düşümü metodu uygulanarak minimize edilmeye çalışılır (Caudill, 1987).

## 3.8. Yapay Sinir Ağ Modelleri

### 3.8.1. Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları

Tek katmanlı YSA, yalnızca girdi ve çıktı katmanlarından meydana gelir. Eğriselliği verecek gizli tabakanın olmaması nedeniyle bu tarz ağlar genelde doğrusal problemler içindir. Tek katmanlı sinir ağlarında her ağın bir ya da bir çok girdisi ( $x_i$ ;  $i = 1, \dots, n$ ) ve yalnızca bir çıktısı ( $f(a)$ ; 1) bulunmaktadır. Çıktı birimi, tüm girdi birimlerine bağlanmaktadır. Her bağlantının bir ağırlığı ( $w_i$ ;  $i = 1, \dots, n$ ) vardır (Şen, 2004).



Şekil 26. Tek katmanlı algılayıcı yapısı (Hristey, 1998, s.4.)

Bu ağlarda ağırlıklandırılmış girdi verileri eşik değeri ( $\theta$ ) toplanır ve transfer fonksiyonu yardımıyla çıktı değerine varır. Bu durum;

$$Y = F \left( \sum_{i=1}^m (W_i X_i + \theta) \right) \quad (3.10)$$

şeklinde gösterilir. Burada,

$W_i$ :  $i$ 'nci girdi değerinin ağırlığını,

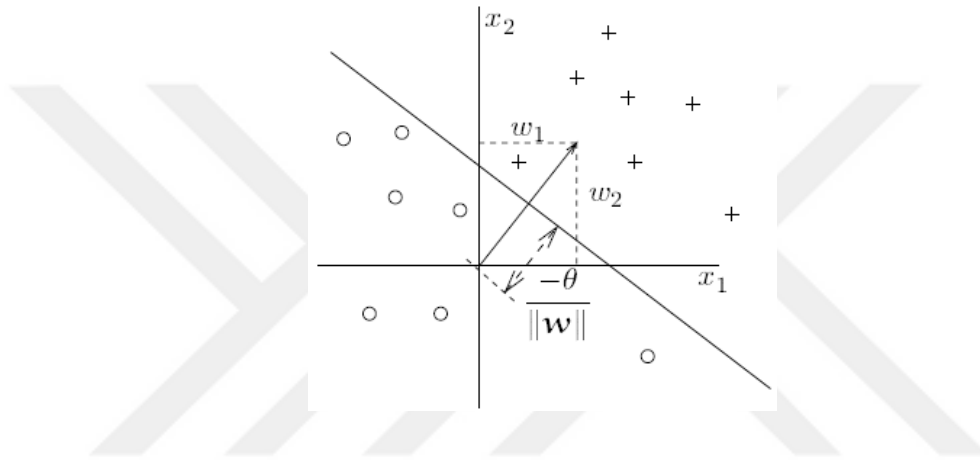
$\theta$ : Eşik değerini,

$Y$ : Çıktı değerini vermektedir.

Bu ağda ağın çıktı fonksiyonu doğrusal olup, amaç ağa sunulan verilerin sınıflar içerisinde dağıtılarak, sınıfları doğrusal olarak ayıran doğrunun bulunmasıdır. Bu sebeple de ağın çıktısının +1 ile -1 arasında olduğu eşik değer ( $\theta$ ) fonksiyonu kullanılır.

$$F(s) = \begin{cases} 1, & s > 0 \\ -1, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.11)$$

Ağ çıktısı + 1 değerinde ise 1. sınıfta, -1 değerinde ise 2. sınıftadır denir ve gereken ayırım yapılır (Küçükönder, 2011). Geometrik gösterimi ise Şekil 27'de verilmiştir.



Şekil 27. Ağırlıkları ve sınıfları birbirinden ayıran doğrunun geometrik gösterimi (Kröse and Smagt, 1996).

Bu doğruyu oluşturulan formül ise iki sınıfı ayırt etmek için,

$$W_1X_1 + W_2X_2 + \theta = 0 \quad (3.12)$$

şeklinde verilmektedir. Bu eşitlikten  $X_1$  ve  $X_2$  değerleri ise,

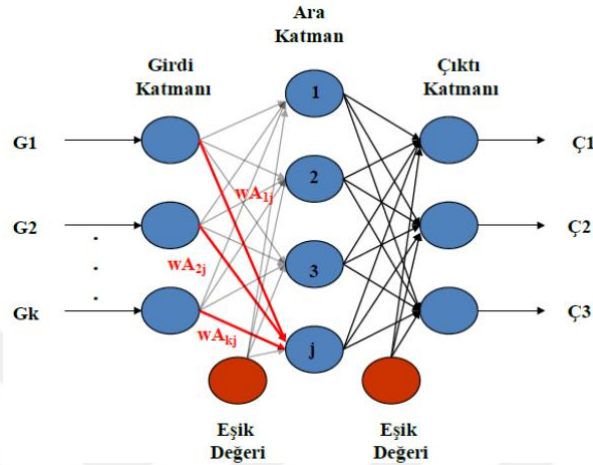
$$X_1 = \frac{W_2X_2 - \theta}{W_1} \quad (3.13)$$

$$X_2 = \frac{W_1X_1 - \theta}{W_2} \quad (3.14)$$

şeklinde hesaplanarak doğrunun çizimi yapılmaktadır (Küçükönder, 2011).

### 3.8.2. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı

Çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) girdi ve çıktı katmanları arasında birçok katmanın kullanıldığı yapay sinir ağlarıdır. Bu katmanlar, girdi ve çıktı düğümleriyle doğrudan ilişkili olmayan gizli düğümler içerebilirler (Lippmann, 1987). ÇKA yapısı ise Şekil 28’ de gösterilmiştir.



Şekil 28. Çok katmanlı algılayıcı ağının topolojik yapısı (İclal, t.y.)

**Girdi katmanı:** Dış ortamdan alınan verileri ( $G_1, G_2, \dots, G_k$ ) ara katmana iletir. Her proses ögesinin yalnızca bir girdisi ile çıktısı bulunur.

**Ara katmanlar:** Girdi katmanından alınan verileri işleyerek bir sonraki katmana ileten katmanlardır. Bir ÇKA’ da birçok gizli katman ve her katmanda birçok proses ögesi bulunabilir.

**Çıktı katmanı:** Gizli katmanda işlenen girdi katman verilerine karşılık üretilen çıktıları ( $\Ç_1, \Ç_2, \dots, \Ç_3$ ) dış dünyaya gönderen katmandır. Her süreç elemanının yalnızca bir çıktısı vardır.

Bir girdi katmanı, bir veya birçok ara katman ve bir tane çıktı katmanından meydana gelen ÇKA, Genelleştirilmiş Delta kuralı diye isimlendirilen öğrenme kuralının sık uygulanmasıyla problemleri çözüme ulaştıran model olma özelliğine sahiptir. Genelleştirilmiş Delta kuralı, en küçük kareler metodu kullanılarak ağın gerçek ile meydana getirdiği çıktı değeri arasındaki hata miktarını azaltır (Widrow ve Lehr, 1990).

### 3.8.3. Geri Yayılma Ağları

Kompleks verilerin sınıflandırılması için uygulanan geri yayılım ağı (Back Propagation Network) YSA modelini; ilk olarak Werbos düzenlemiş sonrasında Parker, Rummelhart ve McClelland geliştirmiştir (Jang, Sun ve Mizutani, 1997).

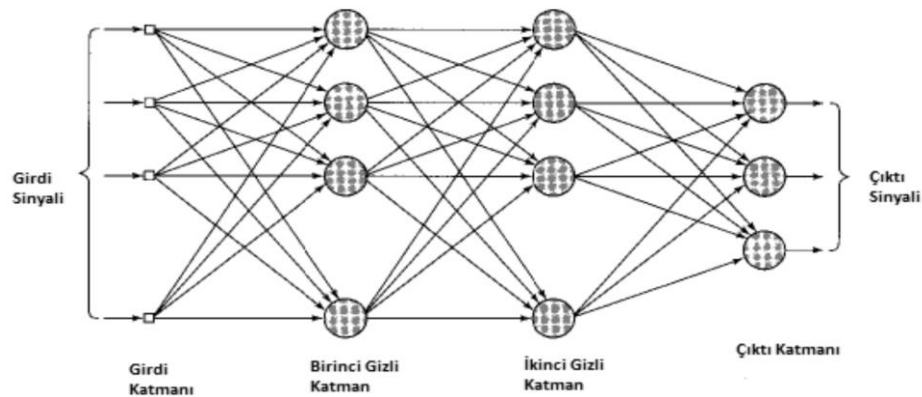
“Geri yayılım” kelimesi, çıktı katmanlarında elde edilen hatanın geriye doğru yayılmasıyla meydana gelmiştir. Bu öğrenme kuralı, YSA içerisinde neredeyse her probleme kolayca uygulanabilir bir yapıya sahiptir. Burada YSA ileri beslemeli yapı olmasına rağmen, hatanın geriye doğru yayılmasından dolayı da geri besleme söz konusudur (Lippmann, 1988).

Geri yayılma ağları iki safhadan oluşmaktadır.

- İleri Besleme (feedforward)
- Geri Yayılma (Backpropagate)

İleri besleme safhasında, dış ortamdan alınan girdi verileri, çıkış katmanına doğru taşınırken (forward), geri yayılma safhasında ise; ağıın çıktısı ve üretilen çıktı arasındaki fark, geriye olacak biçimde çıkış katmanından giriş katmanına doğru taşınır (backward). Bu fark; ağıın sinaptik ağırlıklarının değiştirilmesiyle hatanın en aza indirilmesini sağlar (Yakut,2012).

Bu ağlar hiyerarşik özellikte ağlar olup, bir katmandaki sinirler yalnızca kendilerinden hemen sonraki katmana veri aktarabilirler. Veri gönderilmesi işlemi katmanlar arasında sırayla gerçekleşmektedir. Bir katman kendinden hemen sonra gelen katmanı atlayıp diğer katmana veri gönderemez. Aynı zamanda katmandaki herhangi bir sinir hücresi yine kendisine bağlanamaz. Her katmanın çıktısı bir sonraki katmanın girdisi olup dış ortamdan alınan bilgiler, her katmanda aktive edilerek ağıın içerisinde hiyerarşik bir yapıda çıktı katmanına iletilir. Bu olaya ileri besleme (feed forward) adı verilir (Çelik, 2008).

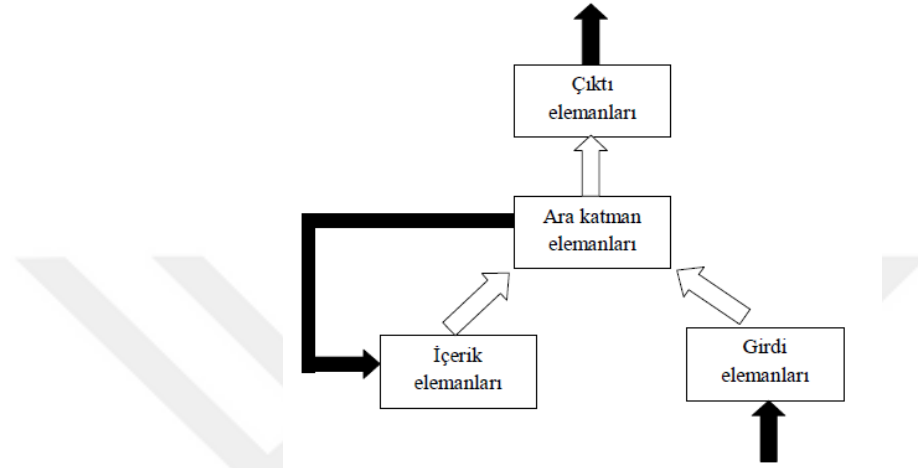


Şekil 29. Geri yayılım ağı (Haykin, 1999).

### 3.8.4. Elman Ağı

Elman tarafından 1990 yılında geliştirilen Elman ağı, girdi katmanı, çıktı katmanı, gizli katmanlar ve bunlara ek olarak içerik katmanı (Context Layer) olmak üzere dört işlem elemanından oluşmaktadır.

İçerik elemanları, gizli katmandaki aktivasyon değerlerini bir sonraki iterasyona girdi olarak taşırlar. Bir Elman ağının gösterimi aşağıdaki (Şekil 30) gibidir.



Şekil 30. Elman ağ yapısı

Elman ağının öğrenimi, ÇKA' da olduğu gibi genelleştirilmiş delta öğrenme stratejisine göre gerçekleşmektedir. Genelleştirilmiş Delta Kuralı' na göre ağırlıkların değişimi için verilmiş olan denklemler Elman ağı için de geçerlidir. Burada geri besleme ağırlık değerlerinin sabit olması ve değiştirilmemesi gerekmektedir. Yani ağırlıkların değerleri değiştirilirken geri besleme ağırlıkları sabit kalmaktadır. Bu ağırlıklar ileri doğru bilgi aktarırken içerik elemanlarının girdisini meydana getirmede kullanılırlar (Yakut, 2012).

Ağın ağırlıklarını değiştirirken geri besleme bağlantı ağırlıklarının dikkate alınmaması ve içerik elemanlarının girdi elemanlarıymış gibi farzedilmesi durumunda Elman ağı çok katmanlı algılayıcı ile aynı olur (Öztemel, 2012).

### 3.8.5. İleri Kademeli Geri Yayılım (Cascade) Ağı

Cascade sinir ağları "kendi kendini organize eden" ağlardır. Ağ sadece giriş ve çıkış nöronlarıyla başlar. Eğitim süreci boyunca, nöronlar bir aday havuzundan seçilir ve gizli katmana eklenir. Cascade ağlarının çok katmanlı algılayıcı ağlara göre çeşitli avantajları vardır (Fahlman ve Libiere, 1990).

- Ağ çok hızlı bir şekilde öğrenir. Eğitim süresi çok hızlı, genellikle bir algılayıcı ağın 100 katı kadar hızlıdır.

- Kendi büyüklüğünü ve topolojisini belirler. Yani eğitim sırasında gizli katmanı kendileri organize ettikleri için, ağda kaç katman ve nöronun kullanılacağı kararını ağ kendisi belirlemektedir.
- Eğitim seti değişse bile inşa ettiği yapıları korur ve ağ bağlantılarında hata sinyallerinin geri yayılmasını gerektirmez.
- Cascade ağı eğitiminde çok az parametre kullanılsa bile iyi sonuçlar alınabilir.

Tüm modellerde olduğu gibi, Cascade ağlarının da bazı dezavantajları vardır. Eğitim verilerinin yerine getirilmesi için yüksek potansiyele sahip olmaları sebebiyle, eğitim verileri mükemmel doğrulukla sonuçlanmaktadır. Ancak yeni, görülmeyen verilerde yani test verilerinde kesin doğrulukla sonuçlanmayabilirler.

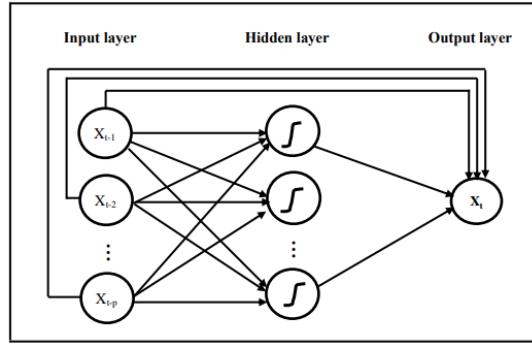
Cascade sinir ağı da üç katmandan oluşur. Bunlar giriş, gizli ve çıkış katmanlarıdır. Öğrenme algoritması gizli katman olmadan başlar. Doğrudan giriş-çıkış bağlantıları, tüm eğitim seti boyunca mümkün olduğunca iyi eğitilir. Gizli birimler arasında geri yayılma ihtiyacı duymadan, Widrow-Hoff veya Delta kuralını, Perceptron öğrenme algoritmasını veya tek katmanlı ağlar için bilinen diğer öğrenme algoritmalarından herhangi birini kullanabilir. Çıktı ağırlıklarını eğitmek için ise Fahlman'ın "Quickprop" algoritmasını kullanmaktadır (Fahlman ve Libiere, 1990).

*Giriş Katmanı:* Giriş katmanına bir tahmin edici değişken değerleri vektörü ( $x_1 \dots x_p$ ) sunulur. Giriş nöronları, verilerin gizli ve çıkış katmanlarındaki nöronlara dağıtılmasından başka değerler üzerinde işlem yapmazlar. Tahmini değişkenlere ek olarak, gizli ve çıkış nöronlarının her birine beslenen sapma denilen sabit bir 1.0 girişi vardır; sapma bir ağırlıkla çarpılır ve nörona giren toplama eklenir (Narad ve Chavan, 2016).

*Gizli Katman:* Her bir giriş nöronundan gelen değer, gizli katmanda bulunan ağırlıkla çarpılır ve elde edilen ağırlıklı değerler birleştirilmiş bir değer üreterek bir araya getirilir. Ağırlıklı toplam, değer üreten bir transfer fonksiyonuyla beslenir. Gizli katmandan gelen çıktılar çıktı katmanına dağıtılır.

*Çıktı Katmanı:* Her bir çıkış nöronu, giriş nöronlarının hepsinden ve gizli katman nöronlarının hepsinden değer alırlar. Bir çıkış nöronuna sunulan her değer, bir ağırlıkla çarpılır ve elde edilen ağırlıklı değerler, birleştirilmiş bir değer üreterek bir araya getirilir. Cascade ağına ait gösterim Şekil 31' de verilmiştir.





Şekil 31. Cascade ağ yapısı

### 3.9. Yapay Sinir Ağının Tasarımı

Yapay sinir ağ modelinin kurulmasında gerekli ana koşullar aşağıda verilmiştir (Hawley, Johson ve Raina,1990):

- İlk olarak sistemin amacının yani çıktısının belirlenmesi,
- Yapay sinir ağı sisteminin girdi değerlerinin belirlenmesi,
- Bu girdilerle alakalı veri setinin oluşturulması, eğitim ve test setinin belirlenmesi ve ağa etkin olacak biçimde dönüştürülmesi,
- Ağ topolojisinin (katman sayısının, katmanlardaki nöron sayısının ve nöronların aktivasyon fonksiyonunun) belirlenmesi,
- Öğrenme algoritmasının belirlenmesi,
- Ağın eğitilmesi ve test edilmesi,
- Arzulanan düzeye gelene dek geçmiş adımların tekrarlanmasıdır.

#### 3.9.1. Öğrenme Algoritmasının Seçimi

Ağ algoritmasının başarılı sonuç vermesini sağlayan en etkin faktör, öğrenme algoritmasının doğru seçimidir. Bu algoritmalar; öngörü tanıma, sınıflandırma, veri ilişkilendirme ve veri kavramlaştırma olmak üzere dört kategoride incelenmektedir. Bu kategorilere ayrılan uygulamalarda kullanılan algoritmalar Tablo 4’te verilmiştir (Saraç, 2004 s.33.)

Tablo 4

*Öğrenme Algoritmaları ve Kullanım Alanları*

Uygulama alanları	Yapay sinir ağları
Öngörü tanıma	Geri yayılım Delta bar delta Genelleştirilmiş delta bar delta  Yönlendirilmiş rassal tarama
Sınıflandırma	LVQ  Olasılıklı yapay sinir ağları
Veri ilişkilendirme	Counter propagation Hopfield  Boltzmann
Veri kavramlaştırma	ART SOM

**3.9.2. Gizli Katman Sayısının Belirlenmesi**

Yapay sinir ağlarında katmanlar, ağdaki nöronların aynı istikamette bulunmalarıyla oluşur. Bu katmanların farklı bağlanmaları ile farklı ağ yapıları meydana gelmektedir. Ağda kullanılacak katman sayısı veya sayıları problemin türüne göre değişiklik göstermekte olup genellikle deneme yanılma yöntemi kullanılarak en uygun yapı sağlanmaya çalışılır. Gizli katman sayısının belirlenmesi konusunda gelinen nokta ise; birçok problem için bir gizli katman ya da en fazla iki gizli katmanın kullanılmasıdır (Kaastra ve Boyd, 1996).

**3.9.2.1. Gizli Katman İşlem Elemanı (Nöron) Sayısının Belirlenmesi**

Gizli katmandaki nöron sayısının belirlenmesi ile ilgili olarak, literatürde birkaç yöntemden bahsedilmesine rağmen nöron sayısının kaç olmasına ilişkin kesin ve net bir yöntem bulunmamaktadır (Aslay ve Özen, 2013). Bu yöntemlerden biri, gizli katmandaki en etkin nöron sayısının, girdi katmanındaki nöron sayısının 1.5 ile 3 katı aralığında olduğudur (Katz, 1992). Bir diğer yöntemde ise, gizli katmanda bulunması istenen nöron sayısının gizli katman sayısına nazaran daha çok alternatiflere sahip olması gerektiğidir. Bu nedenle uygun nöron sayısının belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Aslay ve Özen, 2013).

$$N_s = \frac{\frac{1}{2}(N_g + N_ç) + \sqrt{Nd}}{Nb} \quad (3.15)$$

Ns: Gizli katmandaki nöron sayısını

Ng: Girdi katmanındaki nöron sayısını

Nç: Çıktı katmanındaki nöron sayısını

Nd: Gözlem sayısını

Nb: Katman sayısını göstermektedir.

### 3.9.3. Yapay Sinir Ağı Parametrelerinin Belirlenmesi

YSA modelinin oluşturulmasındaki bir başka konu ise ağı parametrelerinin belirlenmesi konusudur. Giriş ağırlıklarının atanması, momentum ve öğrenme katsayıları, toplama ve aktivasyon fonksiyonları YSA parametrelerini oluşturmaktadır. Ağı parametrelerinin etkin bir şekilde seçilmesi, ağı başarısını büyük ölçüde etkilemektedir. Ağı mimarisinin oluşturulması aşamasındaki gibi, parametrelerin seçiminde de mutlak formüller bulunmayıp, deneme yanılma ile uygun parametre değerleri tanımlanmaya çalışılmaktadır. (Öztemel, 2012, s.81.)

### 3.9.4. Verilerin Normalleştirilmesi

Yapay sinir ağlarının en önemli kriterlerinden biri olan doğrusal olmama özelliğinin sonucu olarak ağda kullanılacak verilerin bir normalizasyon işleminden geçmesi gerekmektedir. Bunun nedeni, veri setinde çok büyük ya da küçük bazı uç değerlerin yer alması halinde, ağ optimizasyon işlemini gerçekleştiremeyebilir. Bir başka sebebi de transfer fonksiyonlarının belirlenen değerlerin dışındaki ([0,1], [-1,1]) verilere duyarlı olmamasıdır. Bu sebeple, şayet veriler etkin bir değer içerisinde bulunmazsa işlem öğeleri büyük verilerin transfer fonksiyonunun en büyük değerini 1, en küçük verilerini de 0 (sigmoid fonksiyonu için) olarak kabul eder. Buda kritik sayıda verinin kaybolmasına neden olur (Kaplan ve Tekeli, 2008).

Normalizasyon formülü aşağıda verilmiştir.

$$X_{nor} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (3.16)$$

### 3.9.5. Eğitim ve Test Setlerinin Belirlenmesi

YSA çalışmalarında veriler eğitim ve test veri seti olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Eğitim seti, ağın geliştirilmesinde, test seti ise algoritma performansının değerlendirilmesinde kullanılır.

Veri setlerinin ayrımının belirlenmesine yönelik literatürde bazı tavsiyeler yer almaktadır. Bu tavsiyeler, verilerin %90'ının eğitim, %10'unun da test veri seti biçiminde kullanılmasını ya da bu oranların %80 eğitim verisi, %20'si test verisi veya %70'i eğitim verisi %30'unun da test verisi olarak ayrıştırılabileceğini belirtmiştir (Zhang, Patuwo ve Hu, 1998).

### 3.9.6. Yapay Sinir Ağının Eğitimi ve Testi

YSA' da öğrenme, genel anlamda sinir hücreleri arasındaki ağırlık verilerinin belirlenmesidir. Ağa gösterilen girdilere karşılık, istenilen çıktılarının oluşturulması, uygun ağırlık değerleri ile ilişkilidir.

Ağın, etkin ağırlık değerlerine ulaşması için örneklerle tekrar tekrar eğitilmesi "ağın eğitimi" olarak isimlendirilir. Yapay sinir ağlarında, örnekler arasındaki ilişki bulunup, ağ genelleştirme kabiliyetine ulaştırılmışsa, ağın öğrenme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Ağın etkin ağırlık katsayılarına ulaşmasında başlangıç ağırlıklarının tespiti, öğrenme oranı ve momentum katsayısının belirlenmesi önemli bir süreçtir. Eğitim aşamasında bu katsayı ve oranların doğru seçilmesi, ağın sonuçlarını düzgün üretmesini ve etkin ağırlık değerlerinin belirlenmesini sağlayacaktır (Yakut, 2012, Kaastra ve Boyd, 1996).

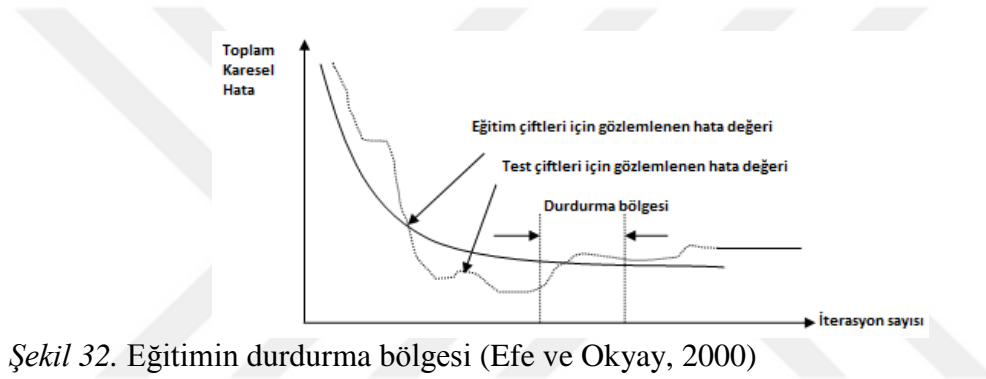
Yapay sinir ağlarının bir diğer aşaması da test aşamasıdır. Test aşamasında, ağa önceden gösterilmeyen örnekler gösterilerek ağın hangi davranışta bulunacağı gözlemlenir. Şayet test aşamasında, ağın oluşturduğu sonuçlarla eğitim aşamasındaki hatalar arasındaki fark uygun bir seviyede ise, ağ kullanıma hazırdır denir. Eğer fark çok yüksek ise, ağırlıkların tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir (Yakut, 2012).

### 3.9.7. Eğitimin Sonlandırılması ve Performans Ölçütünün Belirlenmesi

Yapay sinir ağlarında, eğitimin durdurulacağı noktanın seçimi hem ağın genelleştirme kabiliyetini hem de ezberleme problemini etkilemektedir. Bu sebeple eğitim işleminin durdurulacağı noktanın seçimi, ağın başarısı üzerinde önemli ölçüye sahiptir.

YSA modellerinde, eğitimin sonlandırılması aşaması üç şekilde yapılmaktadır. Birinci aşamada, ağın iterasyon sayısının önceden belirlendiği durumda eğitim aşaması bitirilir. İkinci aşamada, araştırmacı uygun bir hata seviyesi seçerek eğitime işlemi başlatır ve ağ seçilen bu eğitim seviyesine ulaştığında, eğitim durdurulur (Ntungo ve Boyd,1998).

Son aşamada ise, çapraz geçerlilik de denilen onaylama setinde, hata miktarının yükseldiği an, eğitimin durdurulması gerektiğini gösterir. Bu aşamada, ağın eğitiminde gerekli örnek veri seti üçe kısımdan oluşur. Ağın eğitimi kısmında, ağırlık verileri seçilirken, onaylama setinin hata miktarı incelenir. Şekil 32’de gösterildiği üzere, onaylama setinin hata oranı, eğitim setinin hata oranını geçtiğinde eğitim bitirilir. Bu noktadaki ağırlık verileri, en etkin ağırlık değerleridir (Yakut, 2012, Efe ve Okyay, 2000).



Şekil 32. Eğitimin durdurma bölgesi (Efe ve Okyay, 2000)

### 3.9.8. Yapay Sinir Ağı Performans Ölçütünün Belirlenmesi

YSA algoritmasının tahmin verilerinin incelenmesi istatistiksel performans ölçütleri ile yapılır. İstatistiksel performans ölçütü, ağın verileri arasındaki bağıntıyı ne ölçüde öğrendiğini, yani ağın gerçek veriye ne ölçüde bir hata ile yaklaştığını gösterir. Yapay sinir ağında en sık kullanılan performans ölçütleri Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5

*Yapay Sinir Ağına İlişkin İstatistikî Performans Ölçütleri*

$MSE = \frac{1}{T} \sum (y_t - \hat{y}_t)^2$	Hataların Kareli Ortalaması
$MAE = \frac{1}{T} \sum  y_t - \hat{y}_t $	Ortalama Mutlak Hata
$MAPE = \frac{100\%}{T} \sum \left  \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right $	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
$MPE = \frac{1}{T} \sum \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t}$	Ortalama Yüzde Hata
$MSPE = \frac{1}{T} \sum \left( \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t} \right)^2$	Ortalama Yüzde Hata Kareleri
$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum \left( \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t} \right)^2}$	Ortalama Yüzde Hata Kareleri Kökü

Kaynak: Matusiak, M. (2015). Application of artificial neural networks to predict the air permeability of woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*.

Çalışma kapsamında oluşturulan modellerin performansları Tablo 5' de belirtilen istatistiksel performans ölçütleri sonucuna göre belirlenmiştir.

### 3.10. Regresyon Analizi

Değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesi için uygulanan en yaygın tekniklerden biri olan Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin işlevsel biçimini belirlemek sebebiyle kullanılmaktadır (Budak ve Erpolat, 2012).

Tepki değişkeni ya da bağımlı değişken "Y", bağımsız değişken ise n adet "X1, X2...Xn" arasındaki neden sonuç ilişkisini matematiksel olarak ortaya koymaktadır. Analiz neticesinde bağımlı değişken bağımsız değişken türünden ifade edilir ve değişik olaylar ile alakalı tahminler yapılabilir (Demiryürek, 2009).

*Bağımlı değişken:* Bağımsız değişkene bağlı şekilde değişebilen veya ondan etkilenen (açıklanan) değişkene bağımlı değişken denir. Genellikle "Y" ile gösterilir. Çalışmada kullanılan PP BCF iplik fiziksel ve mekanik özelliklerinden uzama (%), mukavemet ve kıvrımlılık değerleri bağımlı değişken olarak değerlendirilmiştir.

*Bağımsız Değişken:* Hiçbir değişkenden etkilenmeyen lakin bağımlı değişkenin sebebi olan veya onu etkilediği varsayılan (açıklayıcı) değişkendir. Çalışmada PP BCF ipliğin parametre özelliklerinden iplik numarası, büküm sayısı, fikse sıcaklığı, extrüder sıcaklığı gibi değişkenler bağımsız değişken olarak değerlendirilmiştir.

Regresyon analizi sonucunda elde edilen eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n \quad (3.17)$$

Burada;

Y: Bağımlı değişken,

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ : Bağımsız değişken,

$\beta_0$ : Sabit değer,

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ : Regresyon katsayıları olarak açıklanmaktadır.

Regresyon analizi sonucunda oluşan istatistiksel fonksiyonda her X değerine karşılık gelen farklı bir Y değeri vardır. Normal dağılıma benzer dağılım gösteren bu değerler regresyon formülü sonucu meydana gelmektedir ve belirlenen formülün geçerliliği belirli bir güven aralığındadır (Zervent, 2007).

*F- Testi:* Standart sapmalarının eşit olduğu ve normal dağılıma sahip iki kitlenin oluşturduğu hipoteze denir. Bu eşitlik durumunda iki kitle kıyaslanabilmektedir.

*P- Değeri:*  $H_0$  ve  $H_1$  hipotezleri tanımlandığında  $H_0$  hipotezinin kabul edilmemesini sağlayan en küçük anlamlılık seviyesi p-değeri olarak isimlendirilir (Wisnowski, Montgomery ve Simpson, 2001). Burada;

$H_0$ : Model uygundur,

$H_1$ : Model uygun değildir demektir.

P- değeri, istatistiksel kıyaslamada modelin ortaya koyduğu parametrelerin modeldeki katkısının anlamlı ya da anlamsız olacak şekilde kıyaslanmasında kullanılan bir değerdir.

*t-Testi:* Bağımsız iki grup verinin ortalamalarının arasında anlamlı bir değişikliğin varlığını istatistiksel açıdan açıklamaya çalışan bir yaklaşımdır. Student testi olarak da bilinmektedir. Bu teknik sayesinde veriler arasında bir ilişki olduğu söylenebilir ancak ilişkinin derecesinden bahsedilmez (Akça, t.y.).

*ANOVA:* Regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının değerlendirildiği çizelgeye (tabloya) denilmektedir. Bu tabloda yer alan F-değeri, modelin açıkladığı değişimin belirlenemeyen değişime oranıdır. ANOVA tablosunda  $p < 0.05$  olması kurulan modelin anlamlı olduğunu söylemektedir (Demiryürek, 2009).

*Korelasyon Katsayısı (R)*: Korelasyon katsayısı olarak isimlendirilen R, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki bağıntıdır. Katsayı  $-1 \dots +1$  aralığında değerler almakta, bu değerlerin bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında  $+1$ 'e yakın olması istenmektedir (Demiryürek, 2009).

$R^2$  ise, oluşturulan modelde bulunan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni hangi derece açıkladığını yüzde olarak belirtmektedir (Demiryürek, 2009).

Çalışmanın uygulama aşamasında, ipliğin bağımlı değişkenleri olarak belirlenen çıktı değişkeni değerlerinden uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerini benzer derecede etkileyen en anlamlı girdi değişkeni değerlerinin belirlenmesi için regresyon analizinden yararlanılmıştır.



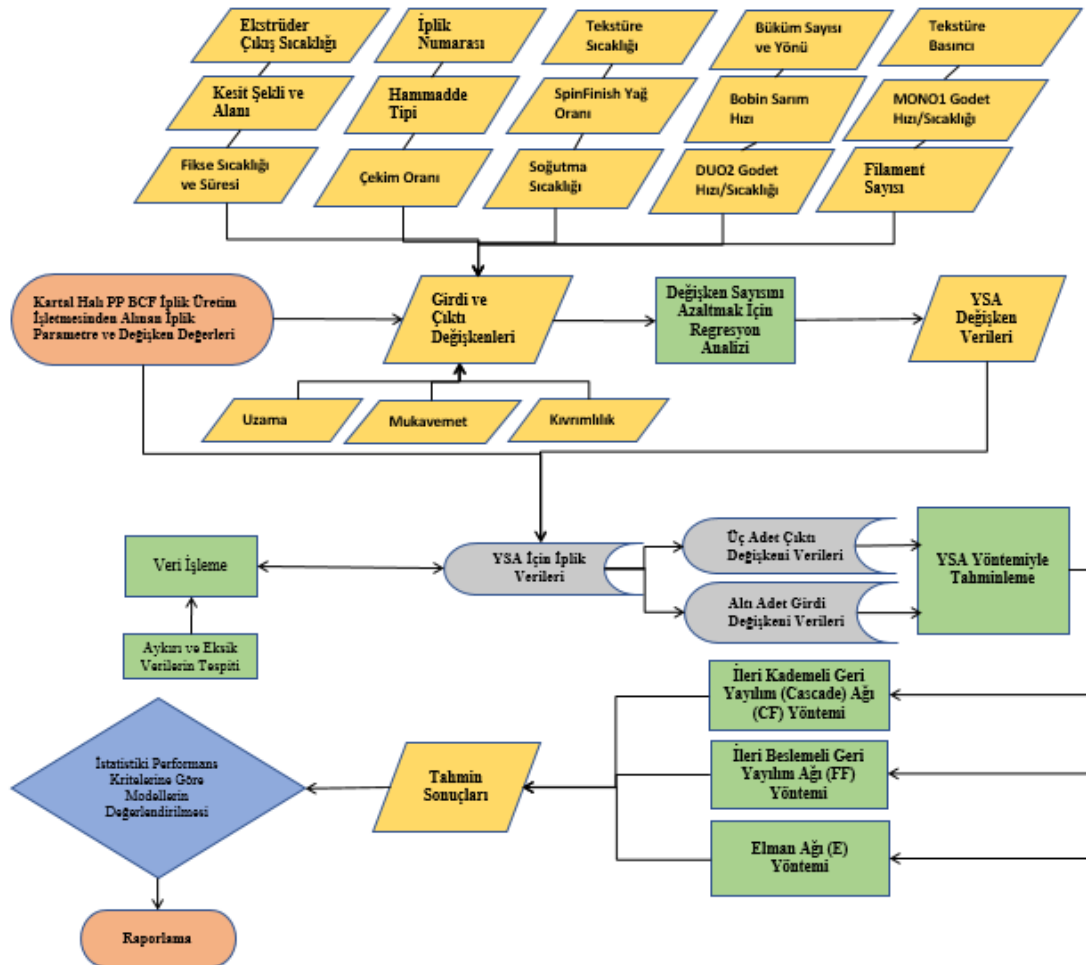


## BÖLÜM IV

### VERİ, YÖNTEM VE ANALİZ

#### 4.1. Metodoloji

Bu çalışmada, Kartal halı bünyesinde, 2017-2018 yılları arasında üretilen PP BCF iplik üretim parametrelerinin ipliklerin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiş ve iplik parametrelerinin söz konusu özellikler üzerindeki etkisini tahminleyen bir model geliştirilmiştir. PP BCF iplik verilerinden girdi ve çıktı değişken değerleri Regresyon analizi ile belirlenmiş ve YSA algoritmasının girdi ve çıktı değişkenleri oluşturulmuştur. Oluşturulan değişken verileri YSA modellerinde kullanılarak tahminleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın kavramsal yapısı Şekil 33'te gösterilmiştir.



Şekil 33. Çalışmanın kavramsal yapısı

#### **4.2. Çalışmanın Amacı**

Çalışmanın amacı, PP BCF iplik üretim parametreleri ile kıvrımlılık, mukavemet ve uzama gibi ticari değeri yüksek özellikler arasında modelleme yapılması, bu özelliklerin YSA modeli ile önceden tahminlenmesi, üretim bileşenlerinin belirlenmesinde deneme yanılma olarak nitelendirilen geleneksel yöntemlere göre çok daha seri ve yüksek doğrulukta üretim optimizasyonunun yapılmasıdır.

#### **4.3. Çalışmanın Önemi**

YSA uygulamalarının tekstil sektöründeki farklı tip ipliklerin incelendiği çalışmaları bulunmasına rağmen polipropilen ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin tahminlemesine yönelik doğrudan BCF ve halı üretimi ile ilişkilendirilecek bir YSA çalışmasına rastlanmamıştır. Çalışmanın bu yönü ile literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

#### **4.4 Çalışmanın Kapsamı**

Çalışma, Kartal Halı firmasında 2017-2018 yılları arasında üretilen PP BCF ipliğin üretim parametreleri ile ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin verilerini içermektedir. Veri seçimi yapılırken verilerin eksiksiz ve doğru olmasına özen gösterilmiştir. Bu veriler ışığında yapay sinir ağ modellerinden İleri beslemeli geri yayılım ağı, İleri kademeli geri yayılım (Cascade) ağı ve Elman ağı kullanılarak tahminleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

#### **4.5. Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Genel Bilgiler**

Gaziantep merkezli halı üretiminde hav ipliği olarak en çok tüketilen lif PP olduğu için Gaziantep, PP iplik üretiminde de Türkiye lideridir. Kartal Halı Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş., Türkiye'nin PP BCF iplik üretiminin yaklaşık %10'unu karşılamaktadır. Kartal Halı, PP BCF iplik ve halı üretimine yönelik faaliyetlerine 1995 yılında başlamış, günümüzde yıllık 16.200 ton BCF iplik (heat set, frize ve shaggy) ve 10 milyon m<sup>2</sup> halı üretim kapasitesine ulaşmıştır.

PP BCF iplik üretimini 10 adet Pathfinder lif üretim makinesi, 20 adet Büküm makinesi ve 7 adet Fikse/Frize makinesi ile gerçekleştirmektedir. İplik üretiminin bir kısmı dış pazara sunulmakta, kalanı ise kendi bünyesindeki makine halısı üretiminde kullanılmaktadır.

#### 4.6. PP BCF İplik Üretim Parametrelerinin İplik Özellikleri Üzerine Etkileri

PP BCF iplik üretimi sırasında iplik pathfinder, büküm ve fikse/frize olmak üzere üç aşamadan geçmektedir. İplik bu işlemlerden geçtiği tüm süreçlerde birçok parametrelerden etkilenecek şekilde değişime uğramaktadır. İplik parametrelerinde yaşanan en küçük bir değişimde bile farklı özellikte iplikler üretilebilmektedir.

Kartal Halı bünyesinde 2015 yılından itibaren farklı ticari PP hammaddesi kullanılarak üretilen heat set ve frize BCF iplik örneklerine ait kıvrımlılık, iplik numarası, % uzama, mukavemet ve sıcak havada % çekme gibi ölçüm sonuçları ile üretime ait büküm, filament sayısı, fikse sıcaklığı, spinfinish yağlama oranı, ekstrüder çıkış sıcaklığı, soğutma sıcaklığı, fikse süresi, çekim oranı, tekstüre sıcaklığı, tekstüre basıncı, bobin sarım hızı ve godet sıcaklığı değerleri kayıt altına alınmaktadır.

İplik üretimini etkileyen parametreler literatür, patent taraması ve üretim işletmesi ışığında aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- İplik numarası
- Hammadde tipi (MFI değeri)
- Filament sayısı
- Ekstrüder Çıkış Sıcaklığı
- Kesit Şekli/Alanı
- Soğutma Sıcaklığı
- Çekim Oranı (DUO2/MONO1)
- Tekstüre Sıcaklığı ve Basıncı
- Bobin Sarım Hızı
- DUO2 Godet Hızı/Sıcaklığı
- MONO1 Godet Hızı/Sıcaklığı
- SpinFinish Yağ Oranı
- Büküm Sayısı ve yönü
- Fikse Sıcaklığı ve süresi

#### 4.6.1. PP BCF Üretim Verilerinin Düzenlenmesi ve Girdi Değişkenlerinin Belirlenmesi

Kartal halı bünyesinde, 2017-2018 yılları arasında üretilen PP BCF iplik üretim verileri incelenerek veriler analiz edilmiştir. BCF PP iplik üretimi CF (Continous Filaments), Puntalı, Heatset, Fikse, Freze olmak üzere 5 tipten üretilmektedir. Çalışma kapsamında Heatset ve Fikseli iplik üretim verileri kullanılmıştır. Üretim verilerinin bir kısmı Tablo 6' da gösterilmiştir.

Tablo 6

##### *PP BCF İplik Üretim Verileri*

Test Tarihi	DTex	PP	Final TPM	Tip	Filament Sayısı Ortalama	Uzama Ortalama	Mukavemet Ortalama	Kıvrımlılık Ortalama	Film Yapısı (Cross Section)	Fikse Sıcaklığı
2.01.2017	1250	25.8	145	HS	144	47.63	2.51	2.83	T	131
3.01.2017	900	24.4	165	HS	144	42,21	3.17	2.62	T	129
3.01.2017	2000*2	24.1	190	HS	200	0.00	0.00	5.53	T	136
5.01.2017	1600	24.4	130	HS	160	48.6	2.5	3.11	T	131
5.01.2017	2000*2	24.5	190	HS	200	0.00	0.00	5.60	T	136
6.01.2017	1800	25.8	100	HS	160	54.53	2.39	3.37	T	135
7.01.2017	2000*2	24.5	190	HS	200	0.00	0.00	5.43	T	136
9.01.2017	1600	24.5	130	HS	160	45.03	2.88	3.08	T	131
10.01.2017	1600	24.5	130	HS	160	47.88	2.68	3.19	T	131

Tablo 6

*PP BCF İplik Üretim Verileri (Devam)*

Extrüder Çıkış Sic. (°C)	Soğutma Sic. (°C)	Fikse süre (sn)	Çekim Oranı	Tekstüre Sıcaklığı (°C)	Tekstüre Basıncı (bar)	Winder Hızı (Bobin sarım) hızı	DUO2 Godet Sıcaklığı	Mono1 Godet Sıcaklığı	Spin Öl (%)
235	21	55	3	155	6.5	2700	130	85	0.85
235	22	55	3	155	6.5	2700	130	85	0.85
238	16	60	3.3	160	7	2700	135	85	0.85
238	18	55	3.3	155	7	2700	135	85	0.85
238	16	60	3.3	160	7	2700	135	85	0.85
238	16	60	3.3	160	7	2700	135	85	0.85
238	16	60	3.3	160	7	2700	135	85	0.85
238	16	60	3.3	160	7	2700	135	85	0.85
238	18	55	3.3	155	7	2700	135	85	0.85

Tablo 6’ da gösterilen veriler, Kartal Halı ve Tekstil firmasının 2017-2018 yılları arasında iplik üretim makinelerinden iplik üretimi sırasında anlık alınan parametre değerleri ile iplik üretimi sonucu iplik laboratuvarında yapılan iplik test sonucu verilerinden oluşmuştur.

#### 4.6.2. PP BCF İplik Parametreleri İçin Regresyon Analizi

İplik üretim parametreleri arasından belirlenen bu on beş bağımsız değer içerisinde ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerine en fazla bağımlı olan değişkenlerin seçimi yapılmıştır. Söz konusu veriler, ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerleri üzerine en etkili üretim parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Minitab 18 paket programında kullanılarak literatürde en sık kullanılan istatistiksel test yöntemlerinden olan Regresyon analizi ile yapılmıştır. Bu analizin amacı, YSA algoritması için kullanılacak girdi değişkenleri içerisinde anlamlı etkiye sahip olanların belirlenmesidir.

Bu parametre değerlerinden ipliğin lif kesiti ve spinfinish yağ oranı parametreleri analize girdirilmemiştir. Üretimde kullanılan düze şekli (lif kesiti) Trilobal kesit şekline sahiptir. Spin finish yağ oranı ise tüm üretimde aynı oranda (%0.85) kullanılmaktadır. Analiz sırasında bu parametreler değerlendirilmeye alınmamıştır.

Bu 13 girdi değişkeni değerlerinin kıvrımlılık, mukavemet ve uzama çıktı değişkeni üzerindeki regresyon analiz sonuçları Tablo7, Tablo 8 ve Tablo 9' da görülmektedir.

Tablo 7

*Kıvrımlılık Değişkenine İlişkin Regresyon Analiz Sonucu*

Değişkenlik Kaynağı	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Regresyon	10	1868.57	186.857	647.10	0.000
PP	1	0.47	0.467	1.62	0.204
Final TPM (Büküm Sayısı)	1	133.56	133.556	462.52	0.000
Filament Sayısı Ortalama	1	5.02	5.021	17.39	0.000
Fikse Sıcaklığı	1	68.04	68.036	235.62	0.000
Ekstrüder Çıkış Sıcaklığı (°C)	1	3.65	3.649	12.64	0.000
Soğutma sıcaklığı (°C)	1	280.26	280.255	970.55	0.000
Fikse süre (sn)	1	119.17	119.166	412.68	0.000
Çekim Oranı (Duo2/Mono1)	1	39.32	39.317	136.16	0.000
Tekstüre sıcaklığı (°C)	1	75.85	75.854	262.69	0.000
Winder (Bobin sarım) hızı (m/dk)	1	1.72	1.723	5.97	0.015
Hata	805	232.45	0.289		
Teorik Hata	714	112.76	0.158		
Toplam	815	2101.02			

Kıvrımlılık değişkeni değerinin Regresyon analiz sonuçlarına göre belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) %88.94 olarak hesaplanmıştır. Analize göre kıvrımlılık değişkeni değerinin değişimini en fazla etkileyen bağımsız değişkenlerin büküm sayısı, fikse sıcaklığı, soğutma sıcaklığı, fikse süresi, tekstüre sıcaklığı ve çekim oranı olduğu görülmüştür.

Analiz sonucunda oluşan Regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

Kıvrımlılık Ort.= -95.7 – 0.0407 PP + 0.019563 Final TPM – 0.00606 Filament Sayısı Ort. + 0.4532 Fikse Sıcaklığı + 0.390 Ekstrüder Çıkış Sıc. (°C) + 1.8505 Soğutma Sıc. (°C) + 2.412 Fikse Süresi (sn) + 19.54 Çekim Oranı – 1.834 Tekstüre Sıc. (°C) – 0.000039 Winder Hızı (m/dk)

Tablo 8

*Mukavemet Değişkenine İlişkin Regresyon Analiz Sonucu*

Değişkenlik Kaynağı	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Regresyon	10	1033.88	103.388	914.12	0.000
PP	1	0.13	0.128	1.13	0.287
Final TPM (Büküm Sayısı)	1	166.17	166.173	1469.26	0.000
Filament Sayısı Ortalama	1	0.00	0.001	0.01	0.932
Fikse Sıcaklığı	1	54.39	54.391	480.91	0.000
Extrüder Çıkış Sıcaklığı (°C)	1	0.16	0.159	1.40	0.237
Soğutma sıcaklığı (°C)	1	37.70	37.699	333.32	0.000
Fikse süre (sn)	1	21.23	21.229	187.70	0.000
Çekim Oranı (Duo2/Mono1)	1	11.27	11.271	99.66	0.000
Tekstüre sıcaklığı (°C)	1	19.96	19.964	176.52	0.000
Winder (Bobin sarım) hızı (m/dk)	1	2.41	2.410	21.31	0.000
Hata	805	91.05	0.113		
Teorik Hata	714	67.57	0.095		
Toplam	815	1124.92			

Mukavemet değişkeni değerinin Regresyon analiz sonuçlarına göre belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) %91.91 olarak hesaplanmıştır. Analize göre mukavemet değişkeni değerinin değişimini en fazla etkileyen bağımsız değişkenlerin büküm sayısı, fikse sıcaklığı, soğutma sıcaklığı, fikse süresi ve tekstüre sıcaklığı olduğu görülmüştür.

Analiz sonucunda oluşan Regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

Mukavemet Ort.=  $-4.7 + 0.0214 \text{ PP} - 0.021821 \text{ Final TPM} + 0.000078 \text{ Filament Sayısı Ort.} - 0.4052 \text{ Fikse Sıcaklığı} + 0.0812 \text{ Ekstrüder Çıkış Sıc. (°C)} - 0.6787 \text{ Soğutma Sıc. (°C)} - 1.0179 \text{ Fikse Süresi (sn)} - 10.46 \text{ Çekim Oranı} + 0.9409 \text{ Tekstüre Sıc. (°C)} + 0.000047 \text{ Winder Hızı (m/dk)}$

Tablo 9

*Uzama Değişkenine İlişkin Regresyon Analiz Sonucu*

<b>Değişkenlik Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Kareler Ortalaması</b>	<b>F-Değeri</b>	<b>P-Değeri</b>
Regresyon	10	372274	37227.4	650.95	0.000
PP	1	30	29.9	0.52	0.470
Final TPM (Büküm Sayısı)	1	85511	85510.8	1495.23	0.000
Filament Sayısı Ortalama	1	1	0.6	0.01	0.920
Fikse Sıcaklığı	1	10983	10983.1	192.05	0.000
Ekstrüder Çıkış Sıcaklığı (°C)	1	314	313.8	5.49	0.019
Soğutma sıcaklığı (°C)	1	20075	20074.8	351.03	0.000
Fikse süre (sn)	1	11217	11216.5	196.13	0.000
Çekim Oranı (Duo2/Mono1)	1	5638	5637.7	98.58	0.000
Tekstüre sıcaklığı (°C)	1	9105	9105.5	159.22	0.000
Winder (Bobin sarım) hızı (m/dk)	1	1207	1207.1	21.11	0.000
Hata	805	46037	57.2		
Teorik Hata	714	35449	49.6		
Toplam	815	418311			

Uzama değişkeni değerinin Regresyon analiz sonuçlarına göre belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) %88.99 olarak hesaplanmıştır. Analize göre uzama değişkeni değerinin değişimini en fazla etkileyen bağımsız değişkenlerin büküm sayısı, fikse sıcaklığı, soğutma sıcaklığı, fikse süresi, tekstüre sıcaklığı, çekim oranı ve bobin sarım hızı olduğu görülmüştür.

Analiz sonucunda oluşan Regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

Uzama Ort.= -779 + 0.326 PP – 0.4950 Final TPM + 0.0020 Filament Sayısı Ort. – 5.758 Fikse Sıcaklığı + 3.61 Ekstrüder Çıkış Sıc. (°C) – 15.661 Soğutma Sıc. (°C) – 23.40 Fikse Süresi (sn) – 234.0 Çekim Oranı + 20.09 Tekstüre Sıc. (°C) + 0.001045 Winder Hızı (m/dk)

Kıvrımlılık, mukavemet ve uzama çıktı değişkeni değerlerinin Regresyon analiz sonuçlarına göre YSA modellerinde kullanılacak girdi değişken değerleri; büküm sayısı, soğutma sıcaklığı, fikse sıcaklığı, fikse süresi, tekstüre sıcaklığı ve çekim oranı olarak belirlenmiştir.

YSA modellerinde eğitim ve test için kullanılacak girdi ve çıktı değişken değerleri Tablo 10' da gösterilmiştir.



Tablo 10

*YSA Algoritmasında Kullanılacak Girdi ve Çıktı Değişkenlerine Ait Veriler*

Final TPM (Büküm Sayısı)	Soğutma Sıcaklığı (°C)	Fikse Sıcaklığı (°C)	Fikse Süre (sn)	Tekstüre sıcaklığı (°C)	Çekim Oranı	Uzama Ortalama	Mukavemet Ortalama	Kıvrımlılık Ortalama
145	21	131	55	155	3	44.78	2.83	2.82
130	18	131	55	155	3.3	48.37	2.5	3.30
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.18
100	16	135	60	160	3.3	56.16	2.64	3.36
100	16	135	60	160	3.3	57.85	2.62	3.53
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.75
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.31
100	16	135	60	160	3.3	54.51	2.59	3.63
145	21	131	55	155	3	49.54	2.86	2.90

Tablo 10’ da gösterilen, Regresyon analizi sonucunda belirlenen girdi ve çıktı değişken verilerinin detaylı hali eğitim veri seti olarak Ek 1, test veri seti olarak ise Ek2’ de verilmiştir.

#### 4.7. Yapay Sinir Ağ Modellerinin Seçimi

##### 4.7.1. Yapay Sinir Ağı için Verilerin Düzenlenmesi, Girdi ve Çıktı Değişken Değerlerinin Belirlenmesi

Geçmiş verilerden öğrenme yöntemiyle çalışan YSA modeli için bu çalışmada, Kartal Halı ve Tekstil firmasının 2017-2018 yılları arasındaki iplik üretim verileri kullanılmıştır.

İplik üretim verileri, günlük olarak tutulan BCF üretim raporunda yer alan parametre değerlerinden soğutma sıcaklığı, tekstüre sıcaklığı, çekim oranı, fikse sıcaklığı ve süresi verileri makine üzerinde bulunan ekranlardan, çıktı değerlerinden kıvrımlılık, mukavemet ve uzama değişkeni değerleri ise daha önce ikinci bölümde bahsedildiği üzere test cihazları ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre sistemden rapor şeklinde alınmıştır.

YSA modeli; altı girdi değişkeni ve üç çıktı değişkeni ile oluşturulmuş olup, YSA modelinde verilerin %80' ini öğrenme verisi, geriye kalan %20' si ise test verisi olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda 1020 adet örnek veriden ilk 816 tane veri eğitim verisi, kalan 204 tane veri ise test verisi olarak ayrılmıştır.

#### 4.7.2. Yapay Sinir Ağının Yapısı ve Ağın Parametrelerinin Belirlenmesi

Çalışmada, İleri beslemeli geri yayılım ağı, İleri kademeli geri yayılım (Cascade) ağı ve Elman ağı kullanılmış olup en iyi tahmin değerini veren YSA modeli belirlenmiştir.

Yapay sinir ağ yapısı; girdi, ara (gizli) katman, çıktı katman sayısı ve her katmanda bulunan gizli nöron sayısından oluşmaktadır. Ağ yapısı, girdi katman-ara katman-çıkı katman olmak üzere 3 katmanlı şekilde tasarlanmıştır.

Ara katmanda bulunan gizli nöron sayısı, üçüncü bölümde bahsedilen gizli katman için kullanılacak nöron sayısı hesaplama formülü kullanılarak belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak nöron sayısı,

$$N_s = \frac{\frac{1}{2}(6 + 3) + \sqrt{1020}}{3} = 12.15$$

$N_s = 12.15 \sim 12$  olarak hesaplanmıştır.

Yapay sinir ağlarında en iyi yapıya ulaşmak için geliştirilmiş herhangi bir kural bulunmadığından, deneme-yanılma yöntemi kullanılmaktadır. YSA modelinde 108 adet deneme planı (üç farklı öğrenme algoritmasını içeren YSA modellerinin her biri için 36' şar deneme) oluşturularak, denemeler MATLAB 18 paket programı ile Neural Network Toolbox yazılımında yapılmış olup, en iyi tahmin modeli belirlenmiştir.

Deneme planı Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11

*Çalışmada kurulan YSA parametreleri*

<b>Deneme No</b>	<b>Gizli Katman Sayısı</b>	<b>Nöron Sayısı</b>	<b>Öğrenme Katsayısı</b>	<b>Momentum Katsayısı</b>	<b>Epoch</b>	<b>Aktivasyon Fonksiyonu</b>
1	1	11	0.01	0.1	1000	tansig
2	1	11	0.9	0.9	500	tansig
3	1	11	0.01	0.9	300	tansig
4	1	11	0.2	0.5	500	tansig
5	1	11	0.01	0.9	500	logsig
6	1	11	0.01	0.9	500	purelin
7	2	11	0.01	0.9	300	tansig
8	2	11	0.9	0.9	500	tansig
9	2	11	0.01	0.9	500	logsig
10	2	11	0.01	0.9	500	purelin
11	2	11	0.2	0.5	500	tansig
12	2	11	0.01	0.1	1000	tansig
13	1	12	0.01	0.1	1000	tansig
14	1	12	0.9	0.9	500	tansig
15	1	12	0.01	0.9	300	tansig
16	1	12	0.2	0.5	500	tansig
17	1	12	0.01	0.9	500	logsig
18	1	12	0.01	0.9	500	purelin
19	2	12	0.01	0.9	300	tansig
20	2	12	0.9	0.9	500	tansig
21	2	12	0.01	0.9	500	logsig
22	2	12	0.01	0.9	500	purelin
23	2	12	0.2	0.5	500	tansig
24	2	12	0.01	0.1	1000	tansig
25	1	13	0.01	0.1	1000	tansig
26	1	13	0.9	0.9	500	tansig
27	1	13	0.01	0.9	300	tansig
28	1	13	0.2	0.5	500	tansig
29	1	13	0.01	0.9	500	logsig
30	1	13	0.01	0.9	500	purelin
31	2	13	0.01	0.9	300	tansig
32	2	13	0.9	0.9	500	tansig
33	2	13	0.01	0.9	500	logsig
34	2	13	0.01	0.9	500	purelin
35	2	13	0.2	0.5	500	tansig
36	2	13	0.01	0.1	1000	tansig

### 4.7.3. Yapay Sinir Ağı Modelinin Eğitilmesi

Tablo 11’den yola çıkarak İleri beslemeli geri yayılım ağı, Elman ağı ve Cascade geri yayılım ağı modellerinden toplam 108 adet deneme yapılmış ve bu modeller istatistiksel performans kriterleri ile kıyaslanmıştır.

#### 4.7.3.1. İstatistiksel Performans Kriterleri ile Kıyaslama

YSA modelleri ile tahmin edilen ipliğin kıvrımlılık, mukavemet ve uzama değişken değerlerini, test cihazları ile ölçülen verilerle karşılaştırmak için üçüncü bölümde bahsedilen istatistiksel performans kriterleri kullanılmıştır.

Ele alınan bütün tahmin etkinliği ölçütlerinde istenilen sonuç, istatistiksel performans kriterlerinden en küçük değere sahip MSE, RMSE, MAE ve MAPE tahmin modelini meydana getirmektedir. Sayılan kriterler arasında MAPE ölçütünün tahmin hatalarını yüzde olarak belirtmesi, değerlendirmede tek başına bir anlam vermesi nedeniyle diğer ölçütlere nazaran üstün olduğu kabul edilmiştir (Witt ve Witt (1995)).

Lewis (2002)’ e göre, MAPE değerleri %10’un altında olan modeller “çok iyi”, %10 ile %20 arasında olan modeller “iyi”, %20 ile %50 arasında olan modeller “kabul edilebilir” ve %50’nin üzerinde olan modeller ise “yanlış ve hatalı” olarak gruplanmıştır (Yakut, Elmas ve Yavuz, 2014).

İstatistiksel performans kriterleri ile yapılan değerlendirmeler doğrultusunda her bir YSA modeli (İleri beslemeli geri yayılım ağı – Feedforward back propagation (FF), İleri kademeli geri yayılım ağı – Cascade back propagation (CF), Elman ağı (E)) için en iyi sonuç veren üç model Tablo 12’ deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 12

*Eğitim Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri*

Deneme	$R^2$			MSE			MAPE (%)		
	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık
FF14	0.90	0.80	0.90	54.12	0.33	0.25	%11	%20	%10
FF15	0.90	0.80	0.90	53.65	0.33	0.25	%10	%20	%9
FF16	0.90	0.80	0.90	53.65	0.33	0.25	%10	%20	%9
CF13	0.89	0.83	0.83	54.16	0.32	0.43	%10	%19	%12
CF14	0.89	0.83	0.84	54.02	0.32	0.43	%11	%19	%12
CF15	0.89	0.83	0.84	54.02	0.32	0.43	%11	%19	%12
E1	0.90	0.60	0.86	53.78	0.66	0.37	%11	%16	%14
E2	0.90	0.63	0.86	53.70	0.61	0.37	%10	%15	%11
E3	0.90	0.82	0.89	53.30	0.37	0.31	%10	%13	%10

Tablo 12

*Eğitim Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri (Devamı)*

Deneme	MAE			MSPE (%)			RMSPE (%)			MPE (%)		
	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık
FF14	4.02	0.48	0.36	%3	%6	%2	%17	%24	%13	-%1	-%6	%0
FF15	4.03	0.48	0.36	%3	%6	%2	%17	%25	%13	%0	-%6	%0
FF16	4.03	0.48	0.36	%3	%6	%2	%17	%25	%13	%0	-%6	%0
CF13	3.98	0.45	0.48	%3	%6	%3	%17	%25	%17	%0	-%10	-%1
CF14	4.03	0.45	0.48	%3	%6	%3	%17	%25	%17	%1	-%10	-%1
CF15	4.03	0.45	0.48	%3	%6	%3	%17	%25	%17	%1	-%10	-%1
E1	4.09	0.63	0.44	%3	%4	%1	%17	%20	%2	%0	%11	%11
E2	4.04	0.61	0.44	%3	%4	%2	%17	%19	%14	%0	%10	-%1
E3	4.16	0.49	0.40	%3	%3	%2	%17	%18	%13	%1	%8	-%2

108 adet deneme yapılan YSA modellerinin istatistiksel performans değerlerini içeren tablo Ek 3' te bulunmaktadır.

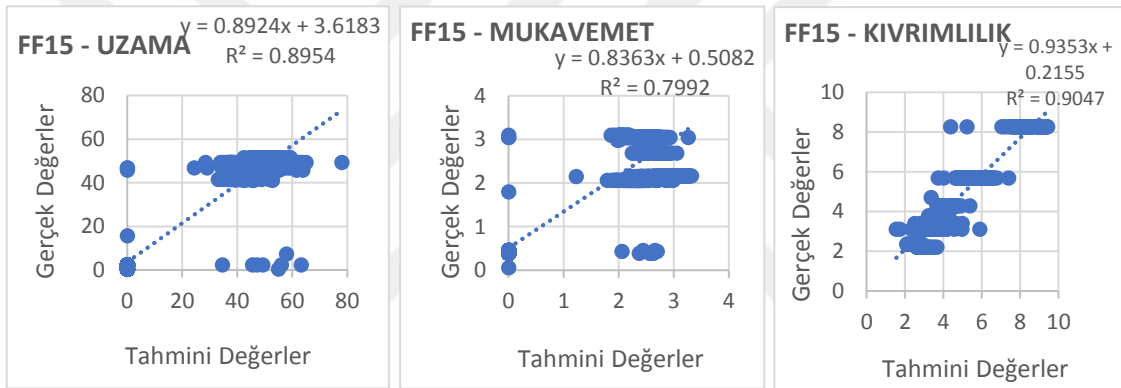
Tablo 12' de belirtilen sonuçlara göre 9 farklı YSA modellerinden  $R^2$  değerleri; uzama için 0.89 ile 0.90, mukavemet için 0.60 ile 0.83 ve kıvrımlılık için 0.83 ile 0.90 arasında değerler almıştır.

Bu değerin %90 çıkması, toplam değişimin %90'nı kurulan modelle, yani bağımsız değişkenler tarafından belirlenmiş, %10'u ise ya tesadüfen meydana gelmiş ya da dikkate alınmayan başka değişkenlerce belirlenmiş demektir (Yakut, 2012).

Bu 9 farklı oluşturulan model için  $R^2$  değerleri karşılaştırıldığında ipliğin kıvrımlılık, mukavemet ve uzama değişkeni değerlerini en iyi tahminleyen modellerin FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modelleri olduğu söylenebilir.

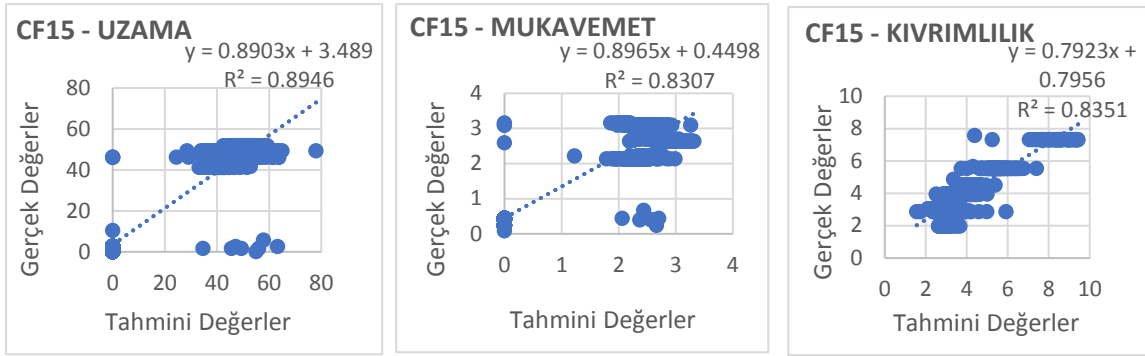
FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modellerinin istatistiksel performans kriterlerinden MAPE değerleri incelendiğinde bu değerlerin %10 ile %20 arasında değer aldığı görülmüştür. Bu modeller Lewis'e göre iyi modeller olarak ifade edilebilir.

Bu üç modelin performanslarını grafiksel olarak göstermek için, modellerden elde edilen tahmin değerleri ile ölçülen değerlerin grafiği Grafik 1-2-3' te gösterilmiştir.



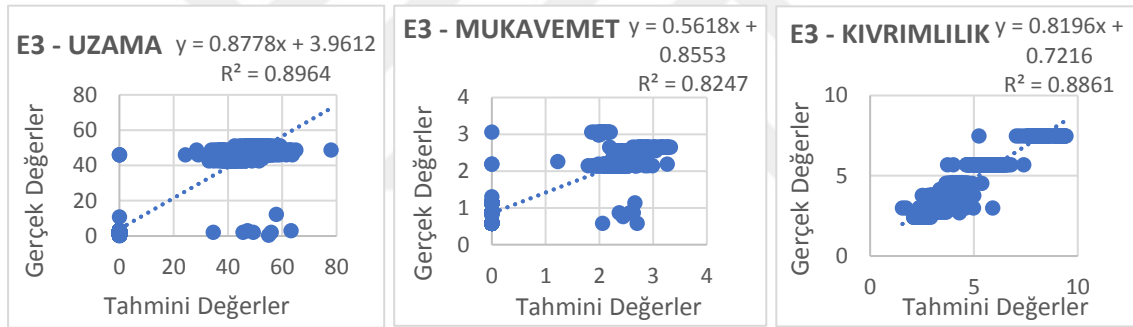
*Grafik 1.* FeedForward15 modelinin eğitim setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği

Grafik 1' de, FeedForward15 YSA modelinin eğitim setinde ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık tahmin değerleri ile ölçülen gerçek değerleri arasında yakın bir ilişki olduğu görülmektedir. FeedForward15 modelinin tahmin değerleri ile ilişkili noktaların doğrusal denklemlerinden (denklemler  $y = ax + b$ ) elde edilen  $R^2$  değerinin uzama için 0.895, mukavemet için 0.799 ve kıvrımlılık için 0.905 olduğu belirtilmiştir.



*Grafik 2.* CascadeForward15 modelinin eğitim setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği

Grafik 2' de, CascadeForward15 YSA modelinin eğitim setinde tahmin değerleri ile ilişkili noktaların doğrusal denklemlerinden (denklem  $y = ax + b$ ) elde edilen  $R^2$  değerinin uzama için 0.895, mukavemet için 0.830 ve kıvrımlılık için 0.835 değerlerini aldığı görülmektedir. FeedForward15 YSA modeli ile karşılaştırıldığında modellerin birbirine yakın değerlerde sonuç verdiği tespit edilmiştir.



*Grafik 3.* Elman3 modelinin eğitim setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği

Grafik 3' te, Elman3 YSA modelinin eğitim setinde tahmin değerleri ile ilişkili noktaların doğrusal denklemlerinden (denklem  $y = ax + b$ ) elde edilen  $R^2$  değeri; uzama için 0.896, mukavemet için 0.825 ve kıvrımlılık için 0.886 değerlerini almıştır. Her üç YSA modelinin de grafikleri incelendiğinde değerlerin birbirlerine yakın olduğu görülmüştür.

Grafik 1-2-3' te, eğitim aşamasında tahmin edilen ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin, ölçülen değerler ile karşılaştırılmasına ilişkin grafikler verilmiştir. Modellerin tahmin değerlerinin ölçülen değerlere yakın bir izlenim gösterdiği görülmektedir. FeedForward15 modelinin tahmin değerleri ile ilişkili noktaların doğrusal denklemlerinden (denklem  $y = ax + b$ ) elde edilen  $R^2$  değerinin, CascadeForward15 ve Elman3 modellerinin  $R^2$  değerlerinden biraz daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.



#### 4.7.4. En İyi Üç Modele İlişkin Yapay Sinir Ağ Modelinin Mimarisi

Bu çalışmada PP BCF ipliğin kıvrımlılık, mukavemet ve uzama değerlerini tahmin etmek için İleri beslemeli geri yayılım ağı, Elman ağı ve Cascade ağı yöntemleri kullanılmıştır. YSA' nın mimari yapısı için üç katman oluşturulmuş olup, girdi değişkenlerini sunan ilk katman girdi katmanı, ikinci katman gizli katman ve üçüncü katman çıktı katmanıdır.

Tablo 11' de belirtilen parametreler ile kurulan YSA modellerinden en iyi modellerin belirlenmesinde deneme yanılma metodu kullanılmış ve çok sayıda test işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda yukarıda belirlenen ağ modelinin çeşitli kombinasyonları denenerak eğitim ve test seti üzerinde en iyi performansı gösteren ağlar belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) ve istatistiksel performans kriterlerinden MSE ve MAPE değerleri sonucuna göre belirlenmiştir. Belirlenen YSA modellerine ait ağ parametreleri Tablo 13 'te verilmiştir.

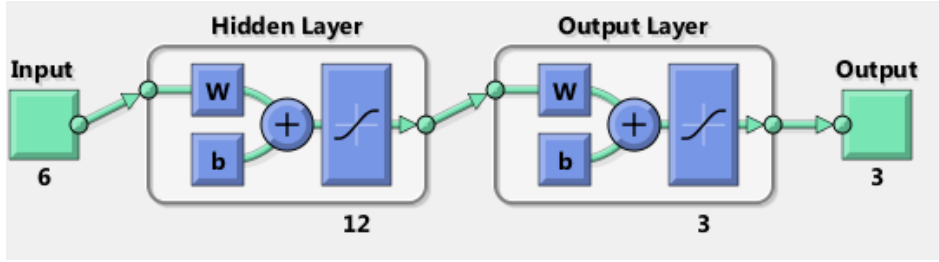
Tablo 13

*En İyi Üç YSA Modellerinin Ağ Parametreleri*

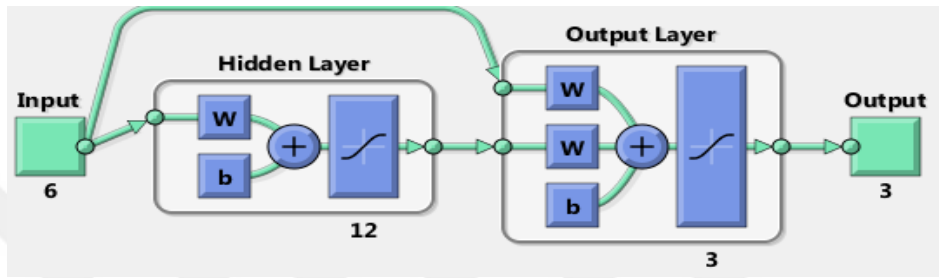
MODEL NUMARASI	FF15	CF15	E3
Ağın Türü	İleri beslemeli geri yayılım ağı	Cascade ağı	Elman ağı
Öğrenme Algoritması	Geri Yayılım	Geri Yayılım	Geri Yayılım
Girdi Katmanı Nöron Sayısı	6	6	6
Gizli Katman Sayısı	1	1	1
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	12	12	11
Çıktı Katmanı Nöron Sayısı	3	3	3
Öğrenme Katsayısı	0.01	0.01	0.01
Momentum Katsayısı	0.9	0.9	0.9
Devir Sayısı	300	300	300
Aktivasyon Fonksiyonu	Tansig	Tansig	Tansig
Geri Yayılım Ağının Öğrenme Fonksiyonu	Traingdx	Traingdx	Traingdx

Tablo 13'te görüldüğü gibi YSA modellerinde ağın türü olarak İleri beslemeli geri yayılım ağı, Elman ağı ve Cascade ağı seçilmiştir. Ağın öğrenme algoritması olarak seçilen geri yayılım ağının öğrenme fonksiyonu olarak Traingdx, modelin aktivasyon fonksiyonu ise Tansig olarak belirlenmiştir.

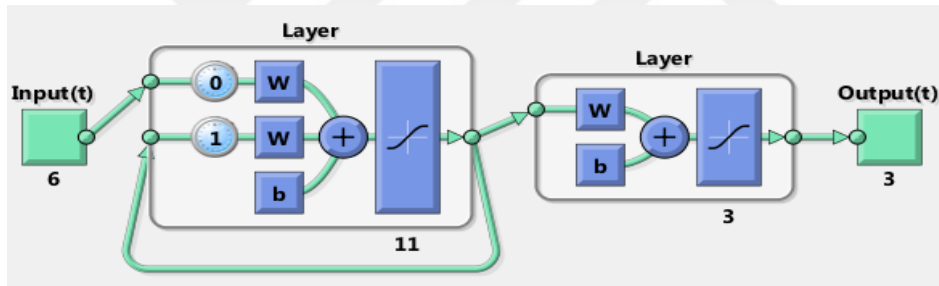
En iyi performansı gösteren YSA modellerinin ağ yapıları ise sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 34. FeedForward15 modeli ağ yapısı



Şekil 35. CascadeForward15 modeli ağ yapısı



Şekil 36. Elman3 modeli ağ yapısı

YSA modellerinde görüldüğü gibi üç ağ yapılarının girdi katmanında girdi değişkenlerinin ağı sunulmasını sağlayan 6 adet işlemci eleman ile çıktı katmanında bağımlı değişkene ait ağ çıktısının alındığı 3 adet işlemci eleman bulunmaktadır.

#### 4.7.5. Yapay Sinir Ağı Modelinin Test Edilmesi

Eğitim aşaması sonucunda en iyi performansı gösteren yapay sinir ağı modellerine ait ağ yapıları (FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3) kullanılarak önceden ağı gösterilmemiş yani test veri seti olarak ayrılan 204 veri seti test edilmiştir. YSA modellerinin test edilmesinin amacı, ağın öğrenmesinin yeterli ya da doğru olup olmadığının ölçülmesi içindir.

Test verileri üç YSA modeli içinde ayrı ayrı oluşturulmuş ve çıkan tahmin değerleri istatistiksel performans kriterleri ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Tablo 14' te verilmiştir.

Tablo 14

*Test Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri*

Deneme	$R^2$			MSE			MAPE (%)		
	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık
FF15	0.91	0.87	0.79	57.12	0.26	0.22	%11	%46	%8
CF15	0.84	0.59	0.70	95.57	0.64	0.37	%15	%71	%16
E3	0.86	0.009	0.26	82.10	2.77	0.95	%15	%81	%23

Tablo 14

*Test Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri (Devam)*

Deneme	MAE			MSPE (%)			RMSPE (%)			MPE (%)		
	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık
FF15	3.65	0.35	0.36	%4	%1.8	%1	%19	%4	%10	-%6	-%3	-%1
CF15	4.58	0.71	0.50	%8	%1.6	%3	%28	%4	%18	-%1	-%10	-%7
E3	4.98	1.32	0.78	%7	%4	%9	%27	%2	%31	%1	%51	%12

Tablo 14’ te test setine ilişkin FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modellerinin istatistiksel performans sonuç değerleri karşılaştırılmıştır. FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modelleri için ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki en yüksek  $R^2$  değerlerin 0.9124 – 0.8687 – 0.7919; en düşük MSE değerlerin 57.12 – 0.26 – 0.22 olduğu belirlenmiştir. MAPE değerleri ise %11, %46 ve %8 arasında değerler almıştır.

FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modelleri içerisinde en iyi modelin FeedForward15 modeli olduğu görülmektedir.

FeedForward15 modelinin eğitim setine ait  $R^2$  değerleri uzama, mukavemet ve kıvrımlılık için sırasıyla 0.8954 – 0.7992 – 0.9047; MSE değeri için 53.65 – 0.33 – 0.25; MAPE değeri için ise %10 - %20 - %9 değerleri; test setine ait  $R^2$  değerleri için sırasıyla 0.9124 – 0.8687 – 0.7919; MSE değeri için 57.12 – 0.26 – 0.22; MAPE değeri için ise %11, %46 ve %8 değerleri elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar itibari ile modellerin performanslarının ağız parametrelerinin değişiminden dolayı modellerin seçimi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Modellerin test setine ait istatistiksel açıdan karşılaştırılmalarına ilişkin test istatistikleri Tablo 15’ te gösterilmiştir.

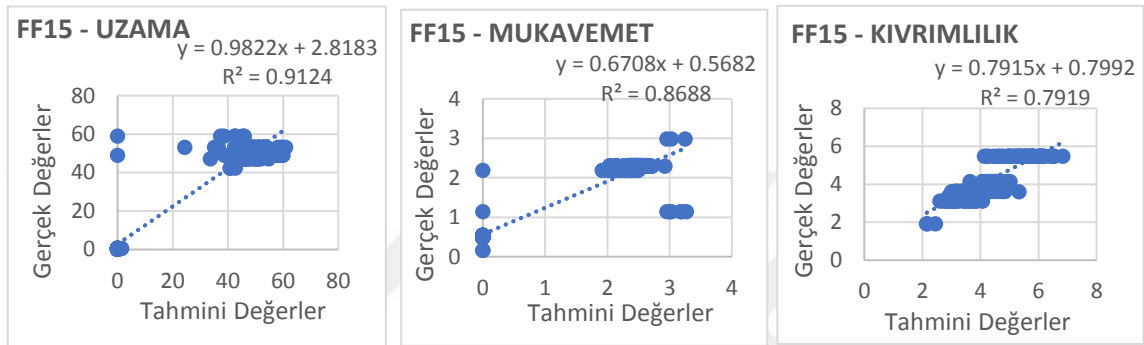
Tablo 15

*FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modellerinin test setine ilişkin t-istatistikleri*

		t testi	p değeri
FF15	Uzama	-0.01	0.991
	Mukavemet	-0.65	0.513
	Kıvrımlılık	0.47	0.639
CF15	Uzama	0.04	0.967
	Mukavemet	-0.74	0.461
	Kıvrımlılık	0.58	0.562
E3	Uzama	-0.13	0.89
	Mukavemet	-2.44	0.015
	Kıvrımlılık	0.69	0.49

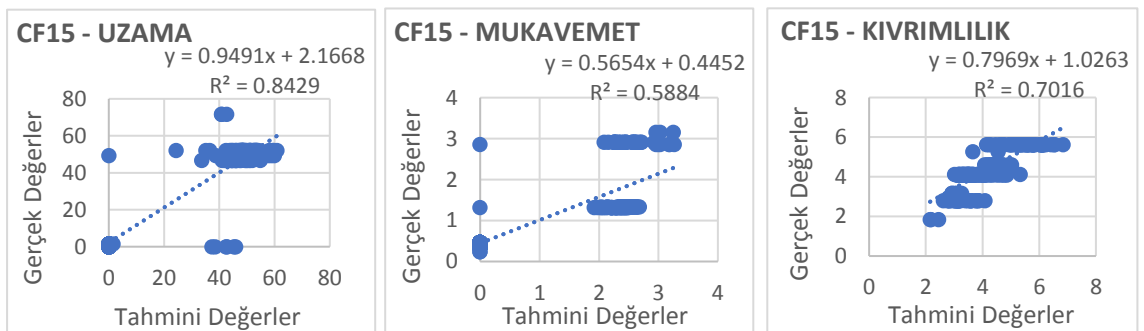
Tablo 15’ te test veri setine ilişkin ipliğin ölçülen uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerleri ile tahmin değerleri arasındaki farkları doğrulamak için t testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan t testi analizine göre daha yüksek anlamlılık seviyesi ( $p > 0.01$ ) ve daha düşük t istatistik değerleri veren FeedForward15 modelinin tahmin etmede diğer modellere göre daha başarılı bulunduğu belirlenmiştir.

Test seti için kurulan modellerin performanslarının grafiksel gösterimi, modellerden oluşturulan tahmin değerleri ile ölçülen değerleri Grafik 4-5-6’ da verilmiştir.



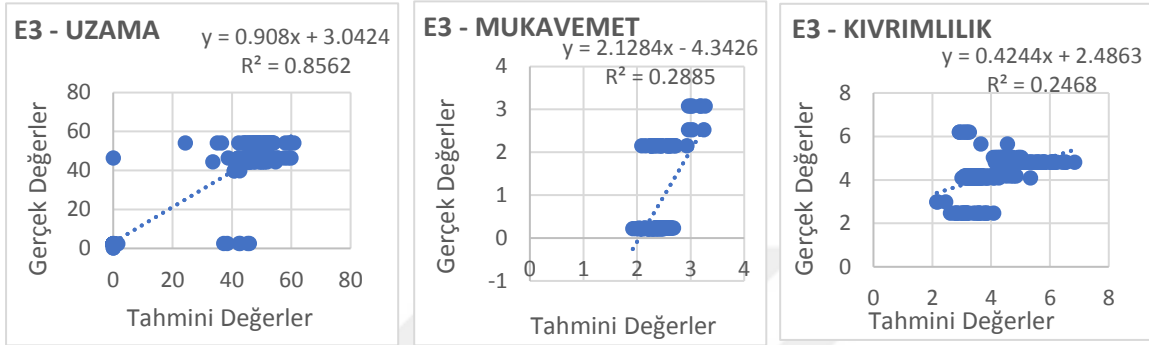
Grafik 4. FeedForward15 modelinin test setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği

Grafik 4’ te görüldüğü gibi, FeedForward15 modelinin test veri seti için oluşturulan tahmin değerleri ile ölçülen değerlerin karşılaştırılması sonucu belirlenen  $R^2$  değeri uzama için 0.912, mukavemet için 0.869 ve kıvrımlılık için 0.792 değerlerini aldığı belirlenmiştir. FeedForward15 modelinin eğitim veri setinde olduğu gibi test veri setinde de ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin tahmin değerleri ile ölçülen değerleri arasında yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Grafik 5. CascadeForward15 modelinin test setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği

Grafik 5’ te, CascadeForward15 modelinin test veri seti analiz sonucu elde edilen  $R^2$  değerinin uzama için 0.843, mukavemet için 0.588 ve kıvrımlılık için 0.702 olduğu belirlenmiştir. CascadeForward15 modelinin eğitim veri seti için oluşturulan  $R^2$  değerlerinin test veri seti için oluşturulan  $R^2$  değerlerinden daha iyi sonuç verdiği görülmüş olup, CascadeForward15 modelinin test veri seti için geliştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.



*Grafik 6.* Elman3 modelinin test setinde ölçülen ve tahmin edilen değerlerin değişim grafiği

Grafik 6’da Elman3 modelinin test veri seti analiz sonucu elde edilen  $R^2$  değerinin uzama için 0.856, mukavemet için 0.289 ve kıvrımlılık için 0.247 olduğu belirlenmiştir. Elman3 modelinin eğitim veri setinin ipliğın uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin tahmin değerleri ile ölçülen değerlerinin  $R^2$  değerleri arasında yakın ilişkili olmasına rağmen, test veri seti için böyle bir ilişkinin oluşmadığı tespit edilmiştir.

Grafik 4-5-6’ da test aşamasında tahmin edilen ipliğın uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin, ölçülen değerler ile karşılaştırılmasına ilişkin grafikler verilmiştir. Eğitim veri setinde olduğu gibi test veri setinde de FeedForward15 modelinin tahmin değerleri ile ilişkili noktaların doğrusal denklemlerinden (denklem  $y = ax + b$ ) elde edilen  $R^2$  değerinin, CascadeForward15 ve Elman3 modellerinin  $R^2$  değerlerinden daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

## BÖLÜM V

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 5.1. Sonuç ve Öneriler

YSA uygulamalarının tekstil sektöründeki örneklerinin son yıllarda arttığı görülmektedir. Literatürde farklı tip ipliklerin incelendiği YSA çalışmaları bulunmakla birlikte BCF PP ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin tahminlenmesine yönelik doğrudan BCF ve halı üretimi ile ilişkilendirilecek bir YSA çalışmasına rastlanmamıştır. Bu çalışma kapsamında, tekstil sektöründe halı ve PP BCF iplik üretimi yapan bir dokuma işletmesinde iplik parametre değerlerinin iplik özelliklerinden ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerleri üzerine etkilerini tahminleyen yapay sinir ağ modelleri geliştirilmiştir.

İlk olarak iplik üretim işletmesinde ipliğin üretimi aşamasında uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerini etkileyen tüm parametreleri incelenmiş, bu üç özelliğe etki eden 15 adet iplik parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler; iplik numarası, hammadde tipi, filament sayısı, ekstrüder çıkış sıcaklığı, kesit şekli/alanı, soğutma sıcaklığı, çekim oranı, tekstüre sıcaklığı, tekstüre basıncı, bobin sarım hızı, DUO2 godet sıcaklığı/hızı, MONO1 godet sıcaklığı/hızı, spinfinish yağ oranı, büküm sayısı ve yönü, fikse sıcaklığı ve süresidir. Belirlenen iplik parametreleri bir ön hazırlık aşamasından geçirilmiş ve ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerini etkilemeyeceği öngörülen lif kesiti ve yağ oranı parametreleri veri setinden çıkarılmıştır. Ayıklanan veriler, ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerine en etkili üretim parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Minitab programında regresyon analizine tabi tutulmuştur. Bu 15 adet iplik parametresinden regresyon analizi sonucunda ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özellikleri üzerinde anlamlı etkiye sahip olan 6 adet parametre değeri belirlenerek girdi veri seti oluşturulmuştur. İpliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerini etkileyen girdi verileri büküm sayısı, soğutma sıcaklığı, fikse sıcaklığı, fikse süresi, tekstüre sıcaklığı ve çekim oranı olarak belirlenmiştir.

Analizler sonucu belirlenen girdi seti ile çıktı seti verileri, yapay sinir ağlarında eğitim tabanlı geri yayılım öğrenme algoritması modellerinden ileri beslemeli geri yayılım ağı, ileri kademeli (Cascade) geri yayılım ağı ve Elman ağı kullanılarak ayrı ayrı tahminleme işlemi yapılmıştır.

Bu kapsamda ilk olarak veriler eğitim ve test veri seti olarak ikiye ayrılmıştır. 1020 adet veri setinden 816 adet veri (%80) eğitim veri seti, 204 adet veri (%20) ise test veri seti olarak ayrılmıştır. Veri setleri oluşturulduktan sonra her üç YSA modeli için yapay sinir ağın yapısı ve parametreleri belirlenmiştir.

YSA parametrelerinden gizli katman sayısı, öğrenme katsayısı, momentum katsayısı, döngü sayısı (epoch) ve aktivasyon fonksiyonu parametreleri deneme yanılma yöntemi kullanılarak belirlenmiş olup, gizli katmandaki nöron sayısı ile üçüncü bölümde bahsedilen nöron sayısı hesaplama formülü ile hesaplanmıştır. Oluşturulan YSA modelleri için MATLAB programının “Neural Network Toolbox” yazılımı kullanılmış olup, her üç YSA modeli için toplam 108 adet deneme yapılmıştır.

Her üç modelin eğitim veri seti için oluşturulan bu denemelerin ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerini en iyi tahminleyen modeli, istatistiksel performans kriterlerinden  $R^2$ , MSE ve MAPE değerleri ile belirlenmiştir. Eğitim seti için oluşturulan bu üç model içerisinde en iyi istatistiksel performansı veren üç YSA modeli (FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3) belirlenmiştir.

Belirlenen bu en iyi üç YSA modeli test veri seti için de ayrı ayrı uygulanarak ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerini tahminleyen en iyi YSA modeli oluşturulmuştur.

FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modellerinin ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerinin tahminlemede eğitim ve test veri setleri için ayrı ayrı oluşturulan YSA modellerinin belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) ve istatistiksel performans kriterlerinden MSE ve MAPE değerleri Tablo 16 ve 17’ de gösterilmiştir.



Tablo 16

*Eğitim Veri Seti İçin En İyi YSA Modellerinin Belirlilik Katsayısı ve İstatistiksel Performans Kriterlerinden MSE ve MAPE Değerleri*

En İyi YSA Modelleri	Eğitim Veri Seti İçin								
	R <sup>2</sup>			MSE			MAPE (%)		
	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık
FF15	0.90	0.80	0.90	53.65	0.33	0.25	%10	%20	%9
CF15	0.89	0.83	0.84	54.02	0.32	0.43	%11	%19	%12
E3	0.90	0.82	0.89	53.30	0.37	0.31	%10	%13	%10

Tablo 17

*Test Veri Seti İçin En İyi YSA Modellerinin Belirlilik Katsayısı ve İstatistiksel Performans Kriterlerinden MSE ve MAPE Değerleri*

En İyi YSA Modelleri	Test Veri Seti İçin								
	R <sup>2</sup>			MSE			MAPE (%)		
	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık	Uzama	Mukavemet	Kıvrımlılık
FF15	0.91	0.87	0.79	57.12	0.26	0.22	%11	%46	%8
CF15	0.84	0.59	0.70	95.57	0.64	0.37	%15	%71	%16
E3	0.86	0.009	0.26	82.10	2.77	0.95	%15	%81	%23

FeedForward15 modelinin eğitim veri seti için oluşturulan YSA modelinin ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) sırasıyla 0.90, 0.80, 0.90, istatistiksel performans kriterlerinden MSE değerleri 53.65, 0.33, 0.25, MAPE değerleri ise %10, %20, %9 olarak belirlenmiştir.

FeedForward15 YSA modelinin test seti için ise belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özellikleri için sırasıyla 0.91, 0.87, 0.79, istatistiksel performans kriterlerinden MSE değerleri 57.12, 0.26, 0.22, MAPE değerleri ise %11, %46, %8 olarak belirlenmiştir.

CascadeForward15 modelinin eğitim veri seti için oluşturulan YSA modelinin ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) sırasıyla 0.89, 0.83, 0.84, istatistiksel performans kriterlerinden MSE değerleri 54.02, 0.32, 0.43, MAPE değerleri ise %11, %19, %12 olarak belirlenmiştir.

CascadeForward15 YSA modelinin test seti için ise belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özellikleri için sırasıyla 0.84, 0.59, 0.70, istatistiksel performans kriterlerinden MSE değerleri sırasıyla 95.57, 0.64, 0.37, MAPE değerleri ise %15, %71, %16 olarak belirlenmiştir.

Elman3 modelinin eğitim veri seti için oluşturulan YSA modelinin ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) sırasıyla 0.90, 0.82, 0.89, istatistiksel performans kriterlerinden MSE değerleri 53.30, 0.37, 0.31, MAPE değerleri ise %10, %13, %10 olarak belirlenmiştir.

Elman3 YSA modelinin test seti için ise belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özellikleri için sırasıyla 0.86, 0.009, 0.26, istatistiksel performans kriterlerinden MSE değerleri 82.10, 2.77, 0.95, MAPE değerleri ise %15, %81, %23 olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel performans kriterleri ve belirlilik katsayısı sonuçlarına göre her üç YSA modeli içinde en iyi sonuçları veren FeedForward15, CascadeForward15 ve Elman3 modellerine ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık özelliklerinin tahmin değerleri ile ölçülen değerleri arasındaki farkı ölçmek ve doğrulamak için t testi uygulanmıştır. İstatistiksel performans ve t testi analiz sonuçlarına göre hem eğitim hem de test veri seti için ileri beslemeli geri yayılım ağı modellerinden FeedForward15 modelinin diğer YSA modellerinden biraz daha iyi tahmin sonucu verdiği belirlenmiştir.

Bu çalışma ile birlikte işletmenin, YSA algoritmasının iplik parametrelerinden en iyi uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerine sahip verilerinin üretim öncesinde tahminlenmesi ile üretim kararının en doğru şekilde verildiği, verimliliğin arttığı ve üretim maliyetinin azaltıldığı tespit edilmiş olup benzer çalışmaların devamı neticesinde verimliliğin artacağı ve üretim maliyetlerinin azalacağı beklenmektedir.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda; belirli uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerine sahip veriler ışığında tersine mühendislik yöntemlerinin kullanılmasıyla en iyi çıktı değerlerine sahip BCF iplik üretimi parametrelerinin belirlenmesi sağlanabilir. Çalışmada kullanılan BCF üretim şartlarında üretilen heat-set ve frize BCF ipliklerin ileri ki çalışmalarda genişletilerek puntalı, frezeli, CF gibi iplik tiplerinde uygulanması ve bağımsız değişken olarak farklı özelliklerdeki farklı lif kesit şekillerinin de kullanılarak ipliğin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değeri üzerindeki etkisi tahmin edilebilir. Ayrıca ipliğin farklı bağımlı değişkenleri de (örneğin parlaklık değeri gibi) modele eklenerek tahminleme çalışması yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Abd-Ellatif, S. A. M. (2013). Optimizing Sliver Quality Using Artificial Neural Networks in Ring Spinning. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 637-642.
- Adıyaman, F. (2007). Talep tahmininde yapay sinir ağlarının kullanılması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Admuth, L. S., & Apte, S. (2010). Adaptive neuro-fuzzy inference system with subtractive clustering: a model to predict fiber and yarn relationship. *Textile Research Journal*, 80(9), 841-846.
- Akça, M. t-Testi. <http://mustafaakca.com/t-testi/>. Erişim Tarihi: 12.05.2019
- Al-allaf, O. N. A. (2012, July). Cascade-forward vs. Function Fitting Neural Network for Improving Image Quality and Learning Time in Image Compression System. In *Proceedings of the world congress on engineering* (Vol. 2, pp. 4-6).
- Alhalabi, K., & Sabır, E. C. (2011). Anti Statik Yağın İplik Kalite Parametrelerine Etkisi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2), 19-32.
- Anderson, J. A. (1972). A Simple Neural Network Generating an Interactive Memory. *Mathematical biosciences*, 14(3-4), 197-220.
- Anderson, D., & McNeill, G. (1992). *Artificial Neural Networks Nechnology*. Kaman Sciences Corporation, 258(6), 1-83.
- Anonymous. (2010). Worldwide Olefin Fibers Production and Producing Capacity by Product Type: 2006–2011. *Fiber Organon June 2010 edition*, 110–111.
- Aslay, F., & Özen, Ü. (2013). 'Meteorolojik Parametreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Toprak Sıcaklığının Tahmini. *Politeknik Dergisi*, 16(4), 139-145.
- Aydoğmuş, Z., & Çöteli, R. (2005). Yapay Sinir Ağları Yardımıyla İzolatör Yüzeyinde Potansiyel Tahmini. *FÜ Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 17(2), 239-246.
- Beşergil, B. Ticari Plastikler: Polipropilen (PP), Polistiren (PS), Polivinilklorür (PVC). [http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/blog-page\\_664.html](http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/blog-page_664.html). Erişim Tarihi: 05.02.2019
- Bo, Z. (2012). Prediction of NEP of Rotor Spinning Yarn by Means of Intelligent Theory. *IERI Procedia*, 1, 248-253
- Budak, H., & Erpolat, S. (2012). Kredi Riski Tahmininde Yapay Sinir Ağları ve Lojistik Regresyon Analizi Karşılaştırılması. *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 3(9), 23-30.
- Burmaoğlu, S., Oktay, E., & Üstün, Ö. Z. E. N. (2009). Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

- Beşeri Kalkınma Endeksi Verilerini Kullanarak Diskriminant Analizi ve Lojistik Regresyon Analizinin Sınıflandırma Performanslarının Karşılaştırılması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 8(2), 23-49.
- Caudill, M. (1987). Neural Networks Primer, Part I. AI expert, 2(12), 46-52.
- Chaudhuri, S. K. (2018). Structure and Properties of Carpet Fibres and Yarns. In Advances in carpet manufacture (pp. 17-34). Woodhead Publishing.
- Çanakcı, A. (2006). Yapay Sinir Ağlarının Makroekonomik Bir Model Üzerine Uygulanması: Bir Türkiye Örneği (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara).
- Çelik, B. Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Zaman Serisi: Teori ve Uygulama, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul 2008, s.52
- Çelik, H. I. (2017). Effects of Fiber Linear Density on Acrylic Carpet Performance. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 12(1), 155892501701200101.
- Dadgar, M., Varkiyani, S.M.H., ve Merati, A.A. Comparison Between Artificial Neural Network and Response Surface Methodology in the Prediction of the Parameters of Heat Set Polypropylene Yarns, 31.12.2014.
- Demir, A. (1997). Yüksek Kaliteli Halı İpliği Üretimi. *Tekstil Araştırma Dergisi*, 97, 58-60.
- Demiryürek, O. (2009). Polyester/Viskon Karışımli Open-end Rotor İplik Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları ve İstatistiksel Modeller Kurularak Tahmin Edilmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- De Weijer, A. P., Buydens, L., Kateman, G., & Heuvel, H. M. (1992). Neural Networks Used As a Soft-modelling Technique for Quantitative Description of the Relation Between Physical Structure and Mechanical Properties of Poly (ethylene terephthalate) Yarns. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 16(1), 77-86.
- Diamantaras, K. I., & Kung, S. Y. (1996). *Principal Component Neural Networks: Theory and Applications* (Vol. 5). New York: Wiley.
- Dogan, F. (Ed.). (2012). Polypropylene. BoD–Books on Demand.
- Donel, B. (2012), Yapay Sinir Ağları ile Kredi Skorumlama. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayımlanmamış Doktora Tezi.
- Efe, M. Ö., & Kaynak, O. (2000). Yapay sinir Ağları ve Uygulamaları.
- Elmas, Ç. (2016). Yapay Zeka Uygulamaları:(yapay sinir ağı, bulanık mantık, genetik algoritma) (3. Baskı). Seçkin Yayıncılık. Ankara.

- Erdem, O. A., & Emre, U. Z. U. N. (2005). Yapay Sinir Ağları ile Türkçe Times New Roman, Arial ve Elyazısı Karakterleri Tanıma. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20(1).
- Fahlman, S.E., Lebiere, C., "The Cascade-Correlation Learning Architecture", Advances in Neural Information Processing Systems 2, San Francisco, 1990.
- Farley, B. W. A. C., & Clark, W. (1954). Simulation of Self-Organizing Systems by Digital Computer. Transactions of the IRE Professional Group on Information Theory, 4(4), 76-84.
- Filik, U. B., & Kurban, M. (2007). A New Approach for the Short-Term Load Forecasting with Autoregressive and Artificial Neural Network Models. International Journal of Computational Intelligence Research, 3(1), 66-71.
- Fourné, F. (1998). Synthetic fibres: Machines and Equipment, Manufacture, Properties. Hanser Publishers (Section 9.3.25: Twist and intermingling tangling).
- Furferi, R., & Gelli, M. (2010). Yarn Strength Prediction: A Practical Model Based on Artificial Neural Networks. Advances in Mechanical Engineering, 2, 640103.
- Goyal, S., & Goyal, G. K. (2011). Cascade and Feedforward Backpropagation Artificial Neural Networks Models for Prediction of Sensory Quality of Instant Coffee Flavoured Sterilized Drink. Canadian Journal on Artificial Intelligence, Machine Learning and Pattern Recognition, 2(6), 78-82.
- İclal, G. Ö. R. Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Lineer Diferansiyel Denklem Sisteminin Çözümü.
- Gupta, V. B. (2002). Heat setting. Journal of Applied Polymer Science, 83(3), 586-609.
- Harmancıoğlu, M. (1981). Tekstil Maddeleri II Rejenere ve Sentetik Lifler. Ege Üniversitesi Matbaası, 293-309.
- Hatua, P., Majumdar, A., & Das, A. (2014). Modeling ultraviolet protection factor of polyester-cotton blended woven fabrics using soft computing approaches. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 9(3), 155892501400900311.
- Hawley, D. D., Johnson, J. D., & Raina, D. (1990). Artificial neural systems: A new tool for financial decision-making. Financial Analysts Journal, 46(6), 63-72.
- Haykin, S. (1999). Neural Networks, a Comprehensive Foundation, Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 7458, 161-175.
- Hebb, D. O. (2005). The organization of behavior: A Neuropsychological Theory. Psychology Press.

- Herman M., Bikales N., Overberger C., Menges G., Kroschwitz, J.I., 1985. *Polymer Science and Engineering* Second Edition, John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Hristev, R.M. *The ANN Book* [Elektronik Sürüm], GNU Public License, Edition 1, Boston USA 1998, pp.4, "ftp://ftp.funet.fi/pub/sci/neural/books/".
- Hung, O. N., Song, L. J., Chan, C. K., Kan, C. W., Yuen, C. W. M., & Zhang, Y. H. (2011, June). Prediction of laser-treated knitted fabric colour properties based on a new elman neural network. In 2011 International Conference on Future Computer Sciences and Application (pp. 182-186). IEEE.
- Jain, A. K., Mao, J., & Mohiuddin, K. M. (1996). Artificial Neural Networks: A tutorial. *Computer*, (3), 31-44.
- Jang, J. S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. (1997). Neuro-fuzzy and Soft Computing-a Computational Approach to Learning and Machine Intelligence [Book Review]. *IEEE Transactions on automatic control*, 42(10), 1482-1484.
- Kaastra, I., & Boyd, M. (1996). Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series. *Neurocomputing*, 10(3), 215-236.
- Kaplan, M. ve Tekeli, R. *Ekonomide Bekleyişler ve Tahmin: Yapay Sinir Ağları Uygulamaları*, Tablet Yayınları, Konya 2008, s.53.
- Kara, Ş. (2011). Farklı Enine Kesit Şekillerinde Üretilen Kimyasal Liflerin Yapısal Davranışları ve Kullanım Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Katz, J. O. (1992). Developing Neural Network Forecasters for Trading. *Technical Analysis of Stocks and Commodities*, 10(4), 160-168.
- Kebabcı, M., Babaarslan, O., Halıcıoğulları, S. Ö., & Telli, A. (2015). The Effect of Drawing Ratio and Cross-Sectional Shapes on the Properties of Polypropylene CF and BCF Yarns. *Tekstil ve Mühendis*, 22(100).
- Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5(2), 8-18.
- Koc, E., Celik, N., & Tekin, M. (2005). An Experimental Study on Thickness Loss of Wilton-Type Carpets Produced with Different Pile Materials after Prolonged Heavy Static Loading. Part 1, Characteristic Parameters and Carpet Behaviour. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, (4 (52)), 56-62.
- Kohonen, T. (1972). Correlation Matrix Memories. *IEEE transactions on computers*, 100(4), 353-359.
- Kohonen, T. (1990). The self-organizing map. *Proceedings of the IEEE*, 78(9), 1464-1480.

- Koskela, T., Lehtokangas, M., Saarinen, J., & Kaski, K. (1996, September). Time Series Prediction with Multilayer Perceptron, FIR and Elman Neural Networks. In Proceedings of the World Congress on Neural Networks (pp. 491-496). INNS Press San Diego, USA.
- Krose, B. (1996). P. Van der Smagt-An Introduction to Neural Networks. English Edition, November.
- Kulkarni, A.D., 1994, Artificial Neural Networks for Image Understanding, Chapter 9: Neurocomputing, pp. 168-179, Van Nostrand Reinhold
- Küçükönder, H. (2011). Yapay Sinir Ağları ve Tarımda Bir Uygulama. Yayımlanmamış Doktora Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Lawrence, C. A. (2003). Yarn Formation Structure and Properties. In Fundamentals of Spun Yarn Technology. CRC Press.
- Leung, C., Hui, P., Fun, N. S., Ip, C. Review of Application of Artificial Neural Networks in Textiles and Clothing Industries over Last Decade, 04.04.2011.
- Lewandowski, S., & Stanczyk, T. (2005). Identification and Classification of Spliced Wool Combed Yarn Joints by Artificial Neural Networks. Part 1: Developing an Artificial Neural Network Model. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 13(1), 39-43.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods: A Practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting*. Butterworth-Heinemann.
- Lippmann, R. P. (1988). An Introduction to Computing with Neural Nets. *Artificial Neural Networks. Theoretical Concepts*, 209(1), 36-54.
- Majumdar, A., Ciocoiu, M., & Blaga, M. (2008). Modelling of ring yarn unevenness by soft computing approach. *Fibers and Polymers*, 9(2), 210.
- Majumdar, A., Majumdar, P. K., & Sarkar, B. (2005). Application of an adaptive neuro-fuzzy system for the prediction of cotton yarn strength from HVI fibre properties. *Journal of the Textile Institute*, 96(1), 55-60.
- Matusiak, M. (2015). Application of artificial neural networks to predict the air permeability of woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*.
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4), 115-133.
- McIntyre, J.E. (2005). *Synthetic fibers: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin* (1. ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Mehrotra, K., Mohan, C. K., & Ranka, S. (1997). *Elements of Artificial Neural Networks*. MIT press.



- Minsky, M., & Papert, S. (1969). *Perceptron: an Introduction to Computational Geometry*. The MIT Press, Cambridge, expanded edition, 19(88), 2.
- Mwasiagi, J. I., XiuBao, H., & XinHou, W. (2007, January). Predicting Yarn Tensile Strength Using Elman Network. In *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, New Orleans, Louisiana (pp. 1924-1929).
- Narad, S., & Chavan, P. (2016). Cascade Forward Back-propagation Neural Network Based Group Authentication Using (n, n) Secret Sharing Scheme. *Procedia Computer Science*, 78, 185-191.
- Ntungo, C., & Boyd, M. (1998). Commodity Futures Trading Performance Using Neural Network Models Versus ARIMA Models. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 18(8), 965-983.
- Oğulata, R. T., & Kadem, F. D. (2008). Boyalı İpliklerden Üretilen Farklı Konstrüksiyonlardaki %100 Pamuklu Kumaşlarda Kumaş Kopma Mukavemetinin Regresyon Analizi ile Tahminlenmesi. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(3).
- Ömeroğlu, S., Karaca, E., Becerir, B., & Akbaş, E. B. Farklı Kesite Sahip Filamentlerden Oluşan Poliester İpliklerde Bükümün Mukavemet Özelliklerine Etkisi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 16(2), 45-53.
- Öztemel, E. (2012). *Yapay sinir ağları (3. Baskı)*. PapatyaYayincilik. İstanbul.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., & Erler, M. *Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I: Yapay Sinir Ağları*, *Ufuk Kitap Kıratsiye-Yayınılık, Kayseri 2003*, s.81.
- Salem, D. R. (Ed.). (2018). *Structure Formation in Polymeric Fibers*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.
- Saraç, T. (2004). *Yapay sinir ağları*. Basılmamış Seminer Projesi, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı, Ankara.
- Sarkeshick, S., Tavanai, H., Zarrebini, M., & Morshed, M. (2009). An Investigation on the Effects of Heat-setting Process on the Properties of Polypropylene Bulked Continuous Filament Yarns. *The Journal of The Textile Institute*, 100(2), 128-134.
- Shamey, R. (2009). Improving the Colouration/Dyeability of Polyolefin Fibres. In S. C. O. Ugbolue (Ed.). *Polyolefin fibres: Industrial and medical applications* (pp. 363–397). Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Smith Kate A., Gupta Jatinder N.D., (2002), *Neural Networks in Business: Techniques and Applications*, IRM Pres: United Kingdom

- Smith, R. L., Pieters, R., & Morrison, M. E. (1972). Fundamentals of False-Twist Texturing of Thermoplastic Continuous Filament Yarns. *Transactions of the Society of Rheology*, 16(3), 557-576.
- Sinclair, R. (Ed.). (2014). *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*. Elsevier.
- Şen, Z. (2004). *Yapay sinir ağları ilkeleri*. Su Vakfı.
- Tekstil Teknolojisi: Filament İplik Üretimi. (2011). Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Tekstil Teknolojisi: Sentetik İplik Kontrolleri. (2013). Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Tekstil Teknolojisi: Tekstüre İplik Üretimi. (2012). Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Toprakçı, O. (2008). Ring İplikçiliğinde Lif Özelliklerinden Pamuk İpliği Özelliklerinin Tahminlenmesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Türker, E. (2017). A Research on Estimation of the Weave Fabric Properties with the Artificial Neural Networks. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 27(1).
- Ünal, P. G., Özdil, N., Taşkın, C., & Şenol, M. F. Farklı Harmanlardan Üretilen Pamuk İpliklerinde Uç Birleştirme Bölgesinin Mukavemet ve Uzama Özelliklerinin Tahminlenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(2), 109-114.
- Ünal, P. G., Üreyen, M. E., & Mecit, D. (2012). Predicting properties of single jersey fabrics using regression and artificial neural network models. *Fibers and Polymers*, 13(1), 87-95
- Üreyen, M. E., & Kadoglu, H. (2007). The Prediction of Cotton Ring Yarn Properties from AFIS Fibre Properties by Using Linear Regression Models. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15(4), 63.
- Üreyen, M. E., & Gürkan, P. (2008). Comparison of Artificial Neural Network and Linear Regression Models for Prediction of Ring Spun Yarn Properties. I. Prediction of Yarn Tensile Properties. *Fibers and Polymers*, 9(1), 87-91.
- Üreyen, M. E., & Gürkan, P. (2008). Comparison of Artificial Neural Network and Linear Regression Models for Prediction of Ring Spun Yarn Properties. II. Prediction of Yarn Hairiness and Unevenness. *Fibers and Polymers*, 9(1), 92-96.
- Vasanthan, N. (2004). Effect of Heat Setting Temperatures on Tensile Mechanical Properties of Polyamide Fibers. *Textile Research Journal*, 74(6), 545-550.
- Walczak S.& Cerpa, N. (2003), Artificial Neural Network. *Encyclopedia of Physical Science and Technology*(Third Edition), 631-645.
- Wasserman, P. D. (1993). *Advanced Methods in Neural Computing*. John Wiley & Sons, Inc.
- Widrow, B., & Hoff, M. E. (1960). Adaptive Switching Circuits (No. TR-1553-1).

- Widrow, B., & Lehr, M. A. (1990). 30 Years of Adaptive Neural Networks: Perceptron, Madaline, and Backpropagation. *Proceedings of the IEEE*, 78(9), 1415-1442.
- Wisnowski, J. W., Montgomery, D. C., & Simpson, J. R. (2001). A Comparative Analysis of Multiple Outlier Detection Procedures in the Linear Regression Model. *Computational statistics & data analysis*, 36(3), 351-382.
- Witt, S. F., & Witt, C. A. (1995). Forecasting Tourism Demand: A Review of Empirical Research. *International Journal of forecasting*, 11(3), 447-475.
- Yakut, E. (2012). Veri Madenciliği Tekniklerinden C5.0 Algoritması ve Destek Vektör Makineleri ile Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılma Başarılarının Karşılaştırılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yakut, E., ELMAS, B., & YAVUZ, S. (2014). Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri Yöntemleriyle Borsa Endeksi Tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 139-157.
- Yılmaz, Ü. (2010). Altı Sigma ve Yapay Sinir Ağlarının Tekstil Sektöründe Karşılaştırmalı Bir Uygulaması (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa).
- Yurtoğlu H (2005). Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği. Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı. Türkiye.
- Zervent, B. (2007). Dokunmuş Havlu Kumaşların Üretim Parametreleri ve Performans Özelliklerinin Optimizasyonu (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana).
- Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art. *International journal of forecasting*, 14(1), 35-62.
- Zhang, Y. H., Yuen, C. W. M., Wong, W. K., & Kan, C. W. (2011). An Intelligent Model for Detecting and Classifying Color-Textured Fabric Defects Using Genetic Algorithms and the Elman Neural Network. *Textile research journal*, 81(17), 1772-1787.
- Zhu, R., & Ethridge, M. D. (1997). Predicting Hairiness for Ring and Rotor Spun Yarns and Analyzing the Impact of Fiber Properties. *Textile Research Journal*, 67(9), 694-698.

**EKLER**

## Ek 1

*YSA Algoritması Eğitim Aşamasında Kullanılacak Girdi ve Çıktı Değişken Verileri*

Final TPM	Soğutma sıcaklığı (°C)	Fikse Sıcaklığı (°C)	Fikse süre (sn)	Tekstüre sıcaklığı (°C)	Çekim Oranı (Duo2/Mono1)	Uzama Ort.	Muk. Ort.	Kıv. Ort.
145	21	131	55	155	3	44.78	2.83	2.82
130	18	131	55	155	3.3	48.37	2.5	3.30
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.18
100	16	135	60	160	3.3	56.16	2.64	3.36
100	16	135	60	160	3.3	57.85	2.62	3.53
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.75
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.31
100	16	135	60	160	3.3	54.51	2.59	3.63
145	21	131	55	155	3	49.54	2.86	2.90
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.31
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.30
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.63
130	18	131	55	155	3.3	45.75	2.58	2.97
130	18	131	55	155	3.3	51.65	2.5	3.10
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.33
130	18	131	55	155	3.3	51.43	2.65	2.81
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.32
130	18	131	55	155	3.3	51.43	2.53	2.91
130	18	131	55	155	3.3	46	2.31	3.01
145	21	131	55	155	3	46.26	2.78	2.88
145	21	131	55	155	3	47.87	2.71	2.88
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.49
130	18	131	55	155	3.3	50.49	2.62	2.97
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	7.40
130	18	131	55	155	3.3	53.32	2.61	3.08
110	16	135	60	160	3.3	60.7	2.32	3.41
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.54
130	18	131	55	155	3.3	48.37	2.56	2.78
130	18	131	55	155	3.3	48.45	2.26	2.80
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.49
130	18	131	55	155	3.3	55.01	2.28	3.06
130	18	131	55	155	3.3	48.35	2.44	3.04
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.52
130	18	131	55	155	3.3	41.48	2.66	3.27
110	16	135	60	160	3.3	48.12	2.47	3.44
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.66
110	16	135	60	160	3.3	62.81	2.9	3.22

110	16	135	60	160	3.3	60.24	2.38	3.33
130	18	131	55	155	3.3	56.88	2.28	2.85
130	18	131	55	155	3.3	51.66	2.5	2.78
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.06
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.35
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.03
110	16	135	60	160	3.3	53.33	2.67	3.45
145	21	131	55	155	3	47.63	2.51	2.83
165	22	129	55	155	3	42.21	3.17	2.62
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.53
130	18	131	55	155	3.3	48.6	2.5	3.11
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.60
100	16	135	60	160	3.3	54.53	2.39	3.37
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.43
130	18	131	55	155	3.3	45.03	2.88	3.08
130	18	131	55	155	3.3	47.88	2.68	3.19
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.08
145	21	131	55	155	3	48.12	2.85	2.86
130	18	131	55	155	3.3	52.86	2.5	2.80
130	18	131	55	155	3.3	46.7	2.78	2.83
130	18	131	55	155	3.3	44.8	2.75	2.87
130	18	131	55	155	3.3	48.15	2.75	2.76
145	21	131	55	155	3	46.22	2.86	2.89
140	19	136	60	160	3.2	0	0	5.24
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.05
130	18	131	55	155	3.3	52.63	2.51	3.00
130	18	131	55	155	3.3	53.08	2.52	2.82
130	18	131	55	155	3.3	41.24	2.62	2.88
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.92
110	16	135	60	160	3.3	58.79	2.42	3.61
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.89
130	18	131	55	155	3.3	53.31	2.53	3.13
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.49
130	18	131	55	155	3.3	51.66	2.58	2.98
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.84
130	18	131	55	155	3.3	52.62	2.58	3.11
110	16	135	60	160	3.3	56.89	2.46	3.61
165	22	129	55	155	3	40.54	3.15	2.69
130	18	131	55	155	3.3	24.4	2.74	2.76
110	16	135	60	160	3.3	59.96	2.38	3.49
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.62
130	18	131	55	155	3.3	50.49	2.6	2.84
130	18	131	55	155	3.3	48.6	2.66	2.89
130	18	131	55	155	3.3	46.94	2.73	2.97

190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	5.39
130	18	131	55	155	3.3	49.56	2.5	3.02
130	18	131	55	155	3.3	47.61	2.65	2.80
130	18	131	55	155	3.3	52.33	2.44	2.98
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.58
130	18	131	55	155	3.3	43.37	2.7	2.97
130	18	131	55	155	3.3	51.89	2.72	3.04
110	16	135	60	160	3.3	61.63	2.99	3.52
130	18	131	55	155	3.3	48.37	2.72	3.01
130	18	131	55	155	3.3	54.28	2.39	3.09
100	16	135	60	160	3.3	52.41	2.71	2.98
165	22	129	55	155	3	43.61	3.28	2.67
100	16	135	60	160	3.3	50.73	2.78	3.26
130	18	131	55	155	3.3	50.49	2.45	2.86
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.74
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.96
145	21	131	55	155	3	43.61	2.69	2.93
110	16	135	60	160	3.3	63.53	1.93	3.73
110	16	135	60	160	3.3	62.78	2.28	3.75
130	18	131	55	155	3.3	50.25	2.55	3.10
145	21	131	55	155	3	47.16	3.05	2.80
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.08
110	16	135	60	160	3.3	64.98	1.95	3.16
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.26
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.49
130	18	131	55	155	3.3	53.56	2.56	2.66
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.98
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.08
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.72
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.64
130	18	131	55	155	3.3	54.75	2.39	2.87
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.80
130	18	131	55	155	3.3	40.06	2.47	2.83
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.87
130	18	131	55	155	3.3	47.18	2.42	2.71
130	18	131	55	155	3.3	49.27	2.47	2.87
130	18	131	55	155	3.3	52.39	2.5	2.77
145	21	131	55	155	3	43.47	2.65	3.20
130	18	131	55	155	3.3	50.96	2.46	2.80
130	18	131	55	155	3.3	51.21	2.67	3.02
130	18	131	55	155	3.3	50.54	2.56	2.70
110	16	135	60	160	3.3	57.34	2.32	2.52
130	18	131	55	155	3.3	50.49	2.62	2.81
130	18	131	55	155	3.3	47.9	2.58	2.98

130	18	131	55	155	3.3	53.59	2.5	3.46
130	18	131	55	155	3.3	51.46	2.75	3.05
130	18	131	55	155	3.3	53.1	2.56	2.93
130	18	131	55	155	3.3	46.01	2.88	2.72
130	18	131	55	155	3.3	45.24	2.67	2.89
130	18	131	55	155	3.3	48.09	2.45	3.05
145	21	131	55	155	3	51.2	2.55	2.71
145	21	131	55	155	3	46.23	2.92	2.67
130	18	131	55	155	3.3	51.2	2.55	1.56
145	21	131	55	155	3	47.18	2.65	2.70
130	18	131	55	155	3.3	43.64	2.86	2.96
130	18	131	55	155	3.3	47.19	2.51	2.99
130	18	131	55	155	3.3	48.61	2.37	2.84
130	18	131	55	155	3.3	51.69	2.33	2.79
130	18	131	55	155	3.3	48.13	2.41	2.92
130	18	131	55	155	3.3	53.34	2.48	2.71
130	18	131	55	155	3.3	51.2	2.47	2.91
145	21	131	55	155	3	48.82	2.47	2.63
165	22	129	55	155	3	44	3	2.65
130	18	131	55	155	3.3	49.81	2.69	3.00
165	22	129	55	155	3	44.8	2.87	2.69
130	18	131	55	155	3.3	44.34	2.73	2.80
130	18	131	55	155	3.3	49.81	2.69	2.75
165	22	129	55	155	3	41.95	2.73	2.67
165	22	129	55	155	3	45.06	2.76	2.57
130	18	131	55	155	3.3	51.2	2.42	2.94
130	18	131	55	155	3.3	47.63	2.41	2.85
100	16	135	60	160	3.3	47.65	2.65	3.10
100	16	135	60	160	3.3	52.41	2.72	3.00
130	18	131	55	155	3.3	42.21	2.43	2.84
130	18	131	55	155	3.3	34.86	2.19	2.97
100	16	135	60	160	3.3	48.6	2.51	3.07
130	18	131	55	155	3.3	42.92	2.46	3.12
130	18	131	55	155	3.3	46.23	2.58	2.92
165	22	129	55	155	3	41.05	3	2.77
130	18	131	55	155	3.3	51.67	2.28	2.87
130	18	131	55	155	3.3	46.93	2.33	2.86
100	16	135	60	160	3.3	55.26	2.62	3.17
130	18	131	55	155	3.3	48.61	2.39	2.80
130	18	131	55	155	3.3	45.51	2.35	2.79
100	16	135	60	160	3.3	48.91	2.51	2.76
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.48
130	18	131	55	155	3.3	53.84	2.35	2.87
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.66
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.06

145	21	131	55	155	3	46.24	2.74	2.62
130	18	131	55	155	3.3	44.59	2.52	5.91
130	18	131	55	155	3.3	44.1	2.56	3.04
130	18	131	55	155	3.3	41.98	2.5	3.01
130	18	131	55	155	3.3	45.04	2.45	2.99
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.18
130	18	131	55	155	3.3	47.44	2.52	2.80
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.40
130	18	131	55	155	3.3	38.65	2.49	2.87
145	21	131	55	155	3	40.02	2.5	2.89
130	18	131	55	155	3.3	49.01	2.4	2.86
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.94
130	18	131	55	155	3.3	41.89	2.5	2.95
130	18	131	55	155	3.3	51.11	2.46	3.28
165	22	129	55	155	3	42.84	2.85	2.56
130	18	131	55	155	3.3	51.13	2.35	2.91
165	22	129	55	155	3	46.23	2.88	2.72
130	18	131	55	155	3.3	53.81	2.57	3.03
110	16	135	60	160	3.3	50.26	2.55	3.50
110	16	135	60	160	3.3	50.74	2.46	3.60
130	18	131	55	155	3.3	48.56	2.5	3.13
165	22	129	55	155	3	44.98	2.79	2.57
100	16	135	60	160	3.3	49.87	2.2	3.03
130	18	131	55	155	3.3	53.57	2.4	2.88
145	21	131	55	155	3	50.02	2.67	2.64
130	18	131	55	155	3.3	50.94	2.46	4.98
130	18	131	55	155	3.3	52.13	2.48	2.89
130	18	131	55	155	3.3	51.01	2.58	3.12
130	18	131	55	155	3.3	46.24	2.58	2.83
130	18	131	55	155	3.3	50.22	2.41	2.88
100	16	135	60	160	3.3	48.36	2.73	3.05
100	16	135	60	160	3.3	45.28	2.54	3.18
100	16	135	60	160	3.3	48.37	2.5	3.99
130	18	131	55	155	3.3	52.15	2.46	3.28
145	21	131	55	155	3	47.66	2.70	3.15
145	21	131	55	155	3	51.43	2.74	2.65
130	18	131	55	155	3.3	50.75	2.57	2.83
130	18	131	55	155	3.3	52.39	2.56	2.88
145	21	131	55	155	3	52.87	2.66	2.83
130	18	131	55	155	3.3	47.89	2.35	2.88
100	16	135	60	160	3.3	46.67	2.76	3.21
100	16	135	60	160	3.3	54.31	2.48	2.80
130	18	131	55	155	3.3	48.15	2.71	2.82
130	18	131	55	155	3.3	46.49	2.69	2.77



100	16	135	60	160	3.3	51.24	2.55	3.14
130	18	131	55	155	3.3	45.53	2.39	2.97
130	18	131	55	155	3.3	46.21	2.34	2.94
130	18	131	55	155	3.3	42.01	2.38	2.76
130	18	131	55	155	3.3	49.13	2.75	2.89
130	18	131	55	155	3.3	47.9	2.33	2.84
130	18	131	55	155	3.3	51.94	2.25	3.05
110	16	135	60	160	3.3	77.99	1.79	3.17
110	16	135	60	160	3.3	53.1	2.44	3.35
110	16	135	60	160	3.3	53.25	1.87	4.04
165	22	129	55	155	3	41.73	2.86	2.59
110	16	135	60	160	3.3	52.15	2.35	3.15
110	16	135	60	160	3.3	52.88	2.38	3.53
130	18	131	55	155	3.3	44.82	2.63	2.89
110	16	135	60	160	3.3	44.33	2.53	2.95
130	18	131	55	155	3.3	44.33	2.53	2.74
110	16	135	60	160	3.3	46.01	2.31	3.18
130	18	131	55	155	3.3	50.24	2.29	2.64
130	18	131	55	155	3.3	59.04	2.3	2.78
110	16	135	60	160	3.3	51.2	2.37	3.37
110	16	135	60	160	3.3	51.68	2.41	2.90
130	18	131	55	155	3.3	58.08	2.27	2.72
110	16	135	60	160	3.3	43.87	2.71	2.97
110	16	135	60	160	3.3	50.26	2.51	2.98
130	18	131	55	155	3.3	43.87	2.71	2.88
130	18	131	55	155	3.3	42.42	2.49	2.87
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.45
110	16	135	60	160	3.3	50.98	2.48	3.52
110	16	135	60	160	3.3	49.08	2.49	3.40
165	22	129	55	155	3	40.8	2.91	2.58
110	16	135	60	160	3.3	54.51	2.46	3.46
110	16	135	60	160	3.3	50.97	2.25	3.54
130	18	131	55	155	3.3	42.23	2.47	4.21
110	16	135	60	160	3.3	44.12	2.67	3.35
130	18	131	55	155	3.3	44.12	2.67	1.73
110	16	135	60	160	3.3	40.29	2.54	3.39
130	18	131	55	155	3.3	40.29	2.54	2.72
110	16	135	60	160	3.3	53.12	2.45	3.11
130	18	131	55	155	3.3	41.75	2.32	2.99
110	16	135	60	160	3.3	38.66	2.17	3.39
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.36
130	18	131	55	155	3.3	52.62	2.6	3.10
130	18	131	55	155	3.3	53.59	2.4	3.47
190	16	136	60	160	3.3	47.17	2.7	5.28
130	18	131	55	155	3.3	47.17	2.7	3.07

110	16	135	60	160	3.3	51.42	2.4	3.52
110	16	135	60	160	3.3	53.12	2.43	3.04
130	18	131	55	155	3.3	47.18	2.57	2.91
130	18	131	55	155	3.3	54.48	2.42	2.99
130	18	131	55	155	3.3	50.03	2.56	2.82
130	18	131	55	155	3.3	43.86	2.55	2.79
130	18	131	55	155	3.3	44.84	2.8	2.74
110	16	135	60	160	3.3	53.84	2.53	2.94
130	18	131	55	155	3.3	44.05	2.7	2.77
110	16	135	60	160	3.3	49	2	3.35
130	18	131	55	155	3.3	49.28	2.28	2.97
110	16	135	60	160	3.3	56.89	2.11	3.11
145	21	131	55	155	3	44.59	2.95	2.81
130	18	131	55	155	3.3	49.07	2.33	2.86
145	21	131	55	155	3	43.38	2.93	2.73
130	18	131	55	155	3.3	47.9	2.56	2.75
145	21	131	55	155	3	39.35	2.77	2.80
110	16	135	60	160	3.3	48.6	2.35	3.03
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.99
130	18	131	55	155	3.3	50.02	2.56	2.85
140	19	136	60	160	3.2	49.32	2.37	7.65
130	18	131	55	155	3.3	49.32	2.37	3.50
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.66
130	18	131	55	155	3.3	48.8	2.77	2.96
140	19	136	60	160	3.2	45.56	2.57	8.97
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.45
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.24
130	18	131	55	155	3.3	45.56	2.57	2.98
130	18	131	55	155	3.3	49.09	2.35	2.76
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.25
130	18	131	55	155	3.3	47.17	2.63	3.17
130	18	131	55	155	3.3	29.07	2.62	2.92
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.14
130	18	131	55	155	3.3	44.37	2.35	2.78
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.50
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.40
130	18	131	55	155	3.3	44.54	2.68	3.01
130	18	131	55	155	3.3	46.69	2.49	3.19
190	21	136	55	155	3	55	2.66	3.85
130	18	131	55	155	3.3	55	2.66	3.02
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.40
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.95
130	18	131	55	155	3.3	46.22	2.65	3.18
145	21	131	55	155	3	46.22	2.65	2.83

145	21	131	55	155	3	44.56	2.69	2.90
130	18	131	55	155	3.3	49.55	2.57	3.28
110	16	135	60	160	3.3	46.94	2.37	3.74
110	16	135	60	160	3.3	52.4	2.85	3.68
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.31
130	18	131	55	155	3.3	50.28	2.57	3.06
145	21	131	55	155	3	43.17	2.68	2.94
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.65
130	18	131	55	155	3.3	44.8	2.26	3.16
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.15
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.52
130	18	131	55	155	3.3	44.58	2.45	3.26
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.57
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.36
110	16	135	60	160	3.3	48.36	2.52	3.18
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.36
130	18	131	55	155	3.3	50.03	2.75	2.94
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.64
130	18	131	55	155	3.3	47.62	2.83	2.93
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.38
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.47
110	16	135	60	160	3.3	54.06	2.24	3.87
110	16	135	60	160	3.3	51.7	2.33	3.86
110	16	135	60	160	3.3	52.89	2.46	3.42
110	16	135	60	160	3.3	48.63	2.54	3.71
110	16	135	60	160	3.3	51.19	2.37	3.83
110	16	135	60	160	3.3	56.43	2.33	3.72
165	22	129	55	155	3	37.91	2.87	2.72
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.69
165	22	129	55	155	3	42.93	2.79	2.66
165	22	129	55	155	3	46.51	3.028	2.63
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.93
165	22	129	55	155	3	33.1	3.17	2.63
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.02
165	22	129	55	155	3	39.37	2.73	2.60
165	22	129	55	155	3	40.52	3.15	2.74
165	22	129	55	155	3	48.83	3.04	2.72
110	16	135	60	160	3.3	48.85	2.39	3.25
110	16	135	60	160	3.3	51.23	2.32	3.40
165	22	129	55	155	3	41.5	2.67	2.75
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.98
165	22	129	55	155	3	38.66	3.26	2.56
145	21	131	55	155	3	43.81	2.87	2.87
145	21	131	55	155	3	48.80	2.80	3.09

165	22	129	55	155	3	42.23	2.19	2.67
110	16	135	60	160	3.3	51.42	2.48	3.55
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.00
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.14
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.40
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.37
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.57
130	18	131	55	155	3.3	46.61	2.45	2.77
130	18	131	55	155	3.3	46.71	2.5	2.86
130	18	131	55	155	3.3	39.83	2.52	3.19
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.56
130	18	131	55	155	3.3	37.47	2.68	2.84
130	18	131	55	155	3.3	47.2	2.7	3.21
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.98
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.12
165	22	129	55	155	3	42.91	3.26	2.70
130	18	131	55	155	3.3	39.82	2.88	3.01
130	18	131	55	155	3.3	36.52	2.68	2.98
110	16	135	60	160	3.3	60.94	2.45	4.02
130	18	131	55	155	3.3	47.17	2.48	3.22
130	18	131	55	155	3.3	47.18	2.63	3.25
130	18	131	55	155	3.3	40.31	2.63	3.16
110	16	135	60	160	3.3	48.6	2.16	3.55
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.35
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.13
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.73
130	18	131	55	155	3.3	45.99	2.83	3.05
110	16	135	60	160	3.3	47.18	2.44	3.87
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.09
130	18	131	55	155	3.3	34.37	2.71	3.51
165	22	129	55	155	3	39.35	3.21	2.64
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.63
110	16	135	60	160	3.3	45.77	2.68	3.50
130	18	131	55	155	3.3	37.68	2.73	2.99
110	16	135	60	160	3.3	46.68	2.41	3.57
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.36
130	18	131	55	155	3.3	48.59	2.44	2.81
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.37
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.40
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.36
165	22	129	55	155	3	39.1	3.18	2.62
165	22	129	55	155	3	38.89	3.32	2.55
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.99
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.48

130	18	131	55	155	3.3	41.52	2.63	3.02
140	19	136	60	160	3.2	34.62	2.63	8.57
130	18	131	55	155	3.3	34.62	2.63	2.86
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.31
110	16	135	60	160	3.3	45.53	2.43	3.47
130	18	131	55	155	3.3	44.57	2.51	2.97
140	19	136	60	160	3.2	56	3	8.96
130	18	131	55	155	3.3	55.96	2.57	2.77
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.43
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.25
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.29
110	16	135	60	160	3.3	53.12	2.24	3.49
110	16	135	60	160	3.3	51.91	2.09	3.90
165	22	129	55	155	3	42.19	3.11	2.49
165	22	129	55	155	3	34.87	3.23	2.63
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.09
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.57
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.75
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.56
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.94
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.65
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.68
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.74
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.26
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.52
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.96
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.98
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.79
130	18	131	55	155	3.3	50.49	2.59	2.98
130	18	131	55	155	3.3	42.69	2.66	3.04
130	18	131	55	155	3.3	36.76	2.59	2.87
190	18	131	55	155	3.3	0.00	0.00	4.31
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.13
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.44
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.62
130	18	131	55	155	3.3	53.32	2.28	3.73
130	18	131	55	155	3.3	45.51	2.52	2.94
130	18	131	55	155	3.3	51.66	2.40	3.74
110	16	135	60	160	3.3	51.22	2.13	3.84
130	18	131	55	155	3.3	36.48	2.61	2.90
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.39
130	18	131	55	155	3.3	41.48	2.54	2.80
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.09

190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.43
130	18	131	55	155	3.3	47.15	2.16	3.56
100	16	135	60	160	3.3	51.18	2.50	2.93
110	16	135	60	160	3.3	46.23	2.43	3.97
130	18	131	55	155	3.3	55.21	2.07	3.57
100	16	135	60	160	3.3	50.49	2.41	3.69
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.44
130	18	131	55	155	3.3	53.79	2.34	4.16
100	16	135	60	160	3.3	51.69	2.54	3.14
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.57
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.99
190	16	135	60	160	3.3	57.87	2.44	3.36
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.63
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.45
130	18	131	55	155	3.3	49.07	2.71	2.89
130	18	131	55	155	3.3	54.74	2.53	2.79
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.16
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.16
130	18	131	55	155	3.3	56.42	2.42	3.06
110	16	135	60	160	3.3	55.94	2.17	4.14
130	18	131	55	155	3.3	53.57	2.43	3.66
100	16	135	60	160	3.3	52.86	2.43	3.06
130	18	131	55	155	3.3	52.60	2.39	3.23
130	18	131	55	155	3.3	51.90	2.26	2.90
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.46
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.14
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.47
130	18	131	55	155	3.3	45.49	2.50	3.44
130	18	131	55	155	3.3	49.07	2.50	2.79
100	16	135	60	160	3.3	54.05	2.54	4.43
130	18	131	55	155	3.3	48.58	2.53	2.93
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.12
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.94
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.99
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.67
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.37
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.26
130	18	131	55	155	3.3	45.75	2.63	2.84
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.58
130	18	131	55	155	3.3	46.87	2.09	3.89
110	16	135	60	160	3.3	43.55	2.16	4.42
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.26
130	18	131	55	155	3.3	43.87	2.43	2.90

190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.65
130	18	131	55	155	3.3	0.00	0.00	3.11
130	18	131	55	155	3.3	44.35	2.40	2.69
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.64
130	18	131	55	155	3.3	42.91	2.40	2.71
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.37
130	18	131	55	155	3.3	37.47	2.41	3.05
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.93
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	9.07
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.31
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.78
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.88
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.73
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.41
130	18	131	55	155	3.3	40.33	2.17	3.42
130	18	131	55	155	3.3	39.38	1.98	3.54
110	16	135	60	160	3.3	37.45	2.07	4.01
110	16	135	60	160	3.3	43.40	2.08	3.90
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.08
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.20
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.48
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.25
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.79
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.40
130	18	131	55	155	3.3	36.99	2.17	3.35
130	18	131	55	155	3.3	40.30	2.20	3.76
110	16	135	60	160	3.3	35.82	1.97	4.33
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.19
130	18	131	55	155	3.3	44.12	2.24	3.50
130	18	131	55	155	3.3	40.79	2.15	3.49
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.38
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.93
130	18	131	55	155	3.3	47.66	2.73	2.91
110	16	135	60	160	3.3	41.01	2.17	4.99
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.76
110	16	135	60	160	3.3	37.44	2.25	4.50
130	18	131	55	155	3.3	49.07	2.52	2.99
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.43
130	18	131	55	155	3.3	40.79	2.65	3.32
130	18	131	55	155	3.3	43.10	2.46	2.99
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.02
165	22	129	55	155	3	36.52	3.03	2.19
110	16	135	60	160	3.3	37.88	2.24	3.80

165	22	129	55	155	3	37.69	3.29	2.15
110	16	135	60	160	3.3	44.58	2.21	3.63
130	18	131	55	155	3.3	46.24	2.34	3.81
130	18	131	55	155	3.3	43.38	2.44	2.80
110	16	135	60	160	3.3	46.96	2.17	3.31
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.25
165	22	129	55	155	3	42.68	3.02	2.18
110	16	135	60	160	3.3	36.54	2.24	4.65
100	16	135	60	160	3.3	49.08	2.42	4.20
130	18	131	55	155	3.3	46.49	2.45	3.10
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.54
130	18	131	55	155	3.3	49.42	2.55	2.80
165	22	129	55	155	3	39.53	3.11	2.32
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.55
130	18	131	55	155	3.3	37.66	2.56	3.79
130	18	131	55	155	3.3	40.49	2.49	3.07
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.66
165	22	129	55	155	3	40.06	2.77	2.10
110	16	135	60	160	3.3	44.82	2.18	3.84
165	22	129	55	155	3	38.65	2.80	2.16
110	16	135	60	160	3.3	37.10	2.04	3.82
130	18	131	55	155	3.3	45.62	2.51	3.56
130	18	131	55	155	3.3	47.04	2.62	4.59
130	18	131	55	155	3.3	39.73	2.52	2.45
110	16	135	60	160	3.3	43.30	2.28	3.36
130	18	131	55	155	3.3	45.86	2.64	3.90
130	18	131	55	155	3.3	43.87	2.38	3.69
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.29
130	18	131	55	155	3.3	50.96	2.38	3.44
110	16	135	60	160	3.3	56.43	2.22	3.41
130	18	131	55	155	3.3	54.51	2.09	3.23
110	16	135	60	160	3.3	28.47	2.05	3.29
130	18	131	55	155	3.3	40.43	2.33	3.47
100	16	135	60	160	3.3	51.99	2.43	2.87
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.65
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.63
165	22	129	55	155	3	41.48	2.95	2.11
110	16	135	60	160	3.3	44.06	2.12	2.99
110	16	135	60	160	3.3	37.75	2.28	4.55
130	18	131	55	155	3.3	37.89	2.48	3.25
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.73
130	18	131	55	155	3.3	39.69	2.25	3.05
130	18	131	55	155	3.3	38.82	2.54	3.07



190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.22
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.51
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.43
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.34
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.07
130	18	131	55	155	3.3	40.35	2.49	3.25
110	16	135	60	160	3.3	38.97	2.26	4.64
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.30
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.82
130	18	131	55	155	3.3	38.90	2.53	3.17
110	16	135	60	160	3.3	53.34	2.36	3.09
130	18	131	55	155	3.3	47.43	2.41	2.83
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.41
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.72
145	21	131	55	155	3	37.24	2.36	3.19
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.68
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.11
145	21	131	55	155	3	43.16	2.43	3.33
145	21	131	55	155	3	42.21	2.51	3.67
130	18	131	55	155	3.3	41.03	2.27	3.46
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.93
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.07
110	16	135	60	160	3.3	47.02	2.36	3.30
130	18	131	55	155	3.3	37.68	2.31	3.40
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.97
130	18	131	55	155	3.3	50.45	2.11	2.62
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.87
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.16
130	18	131	55	155	3.3	44.82	2.24	2.40
130	18	131	55	155	3.3	38.40	2.33	2.84
110	16	135	60	160	3.3	41.46	2.34	3.15
110	16	135	60	160	3.3	40.56	2.32	3.32
110	16	135	60	160	3.3	34.87	2.06	3.66
110	16	135	60	160	3.3	45.06	2.39	3.50
145	21	131	55	155	3	35.12	2.25	3.12
110	16	135	60	160	3.3	43.84	2.16	3.84
110	16	135	60	160	3.3	45.33	2.35	3.15
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.29
130	18	131	55	155	3.3	47.41	2.34	2.79
130	18	131	55	155	3.3	51.69	2.13	2.86
110	16	135	60	160	3.3	57.14	2.37	3.25
110	16	135	60	160	3.3	53.37	2.23	2.92
110	16	135	60	160	3.3	56.88	2.40	2.84

190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.49
130	18	131	55	155	3.3	46.25	2.77	2.81
130	18	131	55	155	3.3	46.23	2.55	3.36
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.16
130	18	131	55	155	3.3	38.14	2.54	2.63
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.86
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.94
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.35
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.19
130	18	131	55	155	3.3	46.95	2.57	2.37
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.67
110	16	135	60	160	3.3	52.40	2.10	4.17
110	16	135	60	160	3.3	36.99	2.11	4.08
110	16	135	60	160	3.3	52.85	2.28	3.42
130	18	131	55	155	3.3	45.76	2.50	3.19
110	16	135	60	160	3.3	52.88	1.98	3.12
145	21	131	55	155	3	46.00	2.36	3.09
110	16	135	60	160	3.3	50.03	2.25	3.30
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.05
130	18	131	55	155	3.3	49.55	2.14	2.59
110	16	135	60	160	3.3	52.85	2.28	3.42
130	18	131	55	155	3.3	45.76	2.50	3.20
110	16	135	60	160	3.3	50.03	2.25	3.31
145	21	131	55	155	3	46.00	2.36	3.09
110	16	135	60	160	3.3	52.89	1.98	3.12
110	16	135	60	160	3.3	44.12	2.11	3.87
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.48
110	16	135	60	160	3.3	50.19	2.19	3.64
110	20	136	55	160	3.5	44.52	2.17	3.51
110	20	136	55	160	3.5	43.42	2.09	3.58
110	16	135	60	160	3.3	38.43	2.38	3.06
110	16	135	60	160	3.3	45.68	2.34	3.64
110	20	136	55	160	3.5	40.08	2.00	4.00
110	20	136	55	160	3.5	39.79	2.10	3.54
110	16	135	60	160	3.3	47.38	2.42	3.76
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.64
110	16	135	60	160	3.3	38.03	2.19	3.56
130	18	131	55	155	3.3	0.00	0.00	3.17
130	18	131	55	155	3.3	47.89	2.53	2.85
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.17
110	16	135	60	160	3.3	54.77	2.30	4.00
130	18	131	55	155	3.3	45.77	2.56	3.34
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.07

110	16	135	60	160	3.3	50.74	2.38	3.27
110	20	136	55	160	3.5	61.43	2.17	4.09
110	16	135	60	160	3.3	48.62	2.22	3.34
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.47
110	16	135	60	160	3.3	46.89	2.13	3.49
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.41
130	18	131	55	155	3.3	41.95	2.56	3.43
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	6.17
190	16	136	60	160	3.3	63.24	2.06	3.73
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.82
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.49
110	16	135	60	160	3.3	54.07	2.32	4.08
110	20	136	55	160	3.5	55.23	2.20	3.88
110	20	136	55	160	3.5	63.77	2.13	3.76
110	20	136	55	160	3.5	47.19	2.09	3.65
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.89
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.30
110	16	135	60	160	3.3	57.16	2.33	3.63
130	18	131	55	155	3.3	47.90	2.19	3.39
110	20	136	55	160	3.5	41.49	2.04	3.84
130	18	131	55	155	3.3	43.61	2.66	2.79
130	18	131	55	155	3.3	42.19	2.79	2.56
130	18	131	55	155	3.3	43.87	2.71	2.88
130	18	131	55	155	3.3	49.65	2.62	3.54
130	18	131	55	155	3.3	46.22	2.31	3.47
145	21	131	55	155	3	46.55	2.63	2.68
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.06
145	21	131	55	155	3	36.62	2.73	2.68
110	16	135	60	160	3.3	46.93	2.44	3.38
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.20
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.15
140	20	136	55	160	3.5	52.74	1.99	3.67
110	20	136	55	160	3.5	0.00	0.00	3.85
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.41
110	20	136	55	160	3.5	42.47	2.07	3.91
110	16	135	60	160	3.3	45.50	2.31	3.41
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.37
145	21	131	55	155	3	42.69	2.49	3.56
145	21	131	55	155	3	36.76	2.28	3.44
130	18	131	55	155	3.3	44.57	2.93	3.92
110	16	135	60	160	3.3	47.42	2.39	2.94
130	18	131	55	155	3.3	44.59	2.19	3.53
130	18	131	55	155	3.3	40.07	2.13	3.15

130	18	131	55	155	3.3	44.35	2.20	3.47
110	20	136	55	160	3.5	51.84	2.16	3.36
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.34
130	18	131	55	155	3.3	52.64	2.29	3.55
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.01
110	16	135	60	160	3.3	51.44	2.29	3.37
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.21
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.37
300	22	136	55	155	2.8	0.00	0.00	4.38
130	18	131	55	155	3.3	39.36	3.26	3.28
110	16	135	60	160	3.3	48.82	2.21	3.70
110	16	135	60	160	3.3	51.23	2.16	4.01
110	16	135	60	160	3.3	52.14	2.18	3.25
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.56
110	16	135	60	160	3.3	45.52	2.44	3.16
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.16
145	21	131	55	155	3	45.51	2.38	3.21
110	16	135	60	160	3.3	47.99	2.12	3.59
110	16	135	60	160	3.3	33.91	1.91	3.14
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.48
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.80
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.89
140	20	136	55	160	3.5	42.59	2.02	3.50
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.78
110	16	135	60	160	3.3	46.48	2.33	2.96
110	16	135	60	160	3.3	50.95	2.23	3.96
165	22	129	55	155	3	43.16	2.92	2.63
110	16	135	60	160	3.3	44.34	2.23	3.65
110	16	135	60	160	3.3	50.27	2.32	3.03
110	16	135	60	160	3.3	43.86	2.21	3.72
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.61
100	16	135	60	160	3.3	46.95	2.36	3.09
100	16	135	60	160	3.3	44.35	2.32	3.87
110	16	135	60	160	3.3	52.62	2.37	3.30
110	16	135	60	160	3.3	46.95	2.24	3.28
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.41
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.45
165	22	129	55	155	3	46.49	2.62	2.55
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.98
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.87
110	16	135	60	160	3.3	50.04	2.42	3.83
100	16	135	60	160	3.3	53.13	2.41	2.90
100	16	135	60	160	3.3	51.00	1.23	2.81

190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.13
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.84
100	16	135	60	160	3.3	52.64	2.51	3.48
110	20	136	55	160	3.5	39.58	2.03	3.75
100	16	135	60	160	3.3	54.83	2.55	3.38
110	16	135	60	160	3.3	53.84	2.29	3.91
100	16	135	60	160	3.3	51.70	2.45	2.90
110	16	135	60	160	3.3	53.09	2.39	3.55
100	16	135	60	160	3.3	47.69	2.56	3.68
165	22	129	55	155	3	51.43	2.86	2.92
100	16	135	60	160	3.3	51.45	2.39	3.65
100	16	135	60	160	3.3	51.21	2.55	3.91
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.24
100	16	135	60	160	3.3	50.15	2.54	3.76
100	16	135	60	160	3.3	49.11	2.54	3.29
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.98
100	16	135	60	160	3.3	46.91	2.54	3.07
100	16	135	60	160	3.3	59.27	2.41	3.72
100	16	135	60	160	3.3	47.85	2.47	3.22
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.63
110	16	135	60	160	3.3	60.68	1.96	3.60
100	16	135	60	160	3.3	46.70	2.53	3.33
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.13
100	16	135	60	160	3.3	50.02	2.42	3.16
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.07
110	16	135	60	160	3.3	45.27	2.08	3.30
100	16	135	60	160	3.3	58.54	2.37	3.68
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.85
110	16	135	60	160	3.3	46.94	2.18	3.63
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.20
110	16	135	60	160	3.3	49.56	2.33	3.45
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.20
140	20	136	55	160	3.5	45.75	1.99	3.24
110	16	135	60	160	3.3	50.97	2.23	3.46
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.91
110	20	136	55	160	3.5	54.31	2.07	3.10
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.72
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.14
130	18	131	55	155	3.3	45.94	2.24	3.06
140	20	136	55	160	3.5	45.79	1.98	3.39
130	18	131	55	155	3.3	43.89	2.45	2.94
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	8.06
110	20	136	55	160	3.5	52.66	2.01	3.73

130	18	131	55	155	3.3	46.96	2.45	3.13
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.25
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.33
110	20	136	55	160	3.5	54.55	2.01	3.30
130	18	131	55	155	3.3	42.22	2.43	3.19
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.82
130	18	131	55	155	3.3	46.58	2.43	2.82
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.68
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.54
110	20	136	55	160	3.5	48.61	1.96	3.76
140	19	136	60	160	3.2	0.00	0.00	7.76
110	20	136	55	160	3.5	37.45	1.86	3.80
110	20	136	55	160	3.5	46.48	1.91	3.45
110	20	136	55	160	3.5	44.36	2.04	2.87
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.47
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.27
130	18	131	55	155	3.3	41.72	2.53	3.05
130	18	131	55	155	3.3	44.82	2.64	2.37
130	18	131	55	155	3.3	50.06	2.56	3.28
110	16	135	60	160	3.3	45.07	2.36	3.74
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.05
100	16	135	60	160	3.3	42.44	2.46	2.53
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.05
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.41
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	4.92
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.08
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.35
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.63
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.03
110	16	135	60	160	3.3	51.46	2.33	2.89
110	16	135	60	160	3.3	51.44	2.31	3.34
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.09
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	3.69
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.43
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.34
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.25
190	16	136	60	160	3.3	0.00	0.00	5.24
190	21	136	55	155	3	0.00	0.00	4.31

## Ek 2

*YSA Algoritması Test Aşamasında Kullanılacak Girdi ve Çıktı Değişken Verileri*

Final TPM	Soğutma sıcaklığı (°C)	Fikse Sıcaklığı (°C)	Fikse süre (sn)	Tekstüre sıcaklığı (°C)	Çekim Oranı (Duo2/Mono1)	Uzama ORT.	Muk. ORT.	Kıv. ORT.
300	36	136	55	146	3	0	0	3.2
190	21	136	55	155	3	0	0	4.97
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.46
190	21	136	55	155	3	0	0	4.57
130	18	131	55	155	3.3	45.98	2.46	3.61
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.13
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.01
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.09
190	21	136	55	155	3	0	0	4.38
190	21	136	55	155	3	0	0	4.28
190	21	136	55	155	3	0	0	4.91
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.83
110	16	135	60	160	3.3	48.39	2.09	4.07
110	16	135	60	160	3.3	50.99	2.07	3.9
130	18	131	55	155	3.3	46.11	2.34	4.08
110	16	135	60	160	3.3	42.1	2.32	4.11
110	16	135	60	160	3.3	45.12	2.29	3.59
130	18	131	55	155	3.3	44.7	2.33	3.59
110	16	135	60	160	3.3	46.49	1.98	3.13
110	16	135	60	160	3.3	47.8	2.23	3.29
110	16	135	60	160	3.3	42.25	2.28	3.51
190	21	136	55	155	3	0	0	4.52
190	21	136	55	155	3	0	0	5.02
190	21	136	55	155	3	0	0	4.59
100	16	135	60	160	3.3	47.91	2.35	4.76
100	16	135	60	160	3.3	44.82	2.4	4.66
110	16	135	60	160	3.3	49.29	2.2	4.26
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.23
110	16	135	60	160	3.3	48.61	2.22	3.15
110	16	135	60	160	3.3	54.04	1.92	3.87
110	16	135	60	160	3.3	48.36	2.04	3.31
110	16	135	60	160	3.3	48.85	2.31	3.19
110	16	135	60	160	3.3	52.18	2.26	3.4
110	16	135	60	160	3.3	55.48	2.22	3.01
110	16	135	60	160	3.3	47.41	2.2	3.25
110	16	135	60	160	3.3	43.41	2.3	3.18
130	18	131	55	155	3.3	41.01	2.37	3.78
130	18	131	55	155	3.3	43.6	2.46	3.87

100	16	135	60	160	3.3	52.33	2.37	4.85
110	16	135	60	160	3.3	52.38	2.03	3.66
110	16	135	60	160	3.3	44.81	2.21	3.32
300	36	136	55	146	3	37.27	3.19	3.02
300	36	136	55	146	3	45.86	3.18	2.92
300	36	136	55	146	3	45.28	3	3.08
300	36	136	55	146	3	38.44	3.03	3.15
110	16	135	60	160	3.3	45.07	2.14	3.19
100	16	135	60	160	3.3	47.94	2.32	4.35
300	36	136	55	146	3	42.42	3.27	2.92
300	36	136	55	146	3	42.7	2.96	3.26
100	16	135	60	160	3.3	47.9	2.37	4.24
100	16	135	60	160	3.3	47.21	2.36	4.52
100	16	135	60	160	3.3	35.09	2.04	3.9
100	16	135	60	160	3.3	54.07	2.45	4.04
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.53
130	18	131	55	155	3.3	44.58	2.41	3.84
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.84
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.03
300	22	136	55	155	2.8	0	0	4.55
300	22	136	55	155	2.8	0	0	3.65
110	16	135	60	160	3.3	57.62	2.29	3.68
100	16	135	60	160	3.3	51	2.47	4.02
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.96
110	16	135	60	160	3.3	45.97	2.48	3.46
110	16	135	60	160	3.3	46	2.45	3.4
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.78
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.22
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.54
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.64
130	18	131	55	155	3.3	41.71	2.16	2.82
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.59
130	18	131	55	155	3.3	50.03	2.68	3.02
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.48
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.26
190	21	136	55	155	3	0	0	4.72
190	21	136	55	155	3	0	0	4.34
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.17
130	18	131	55	155	3.3	50.97	2.72	3.13
130	18	131	55	155	3.3	54.75	2.09	3.55
130	18	131	55	155	3.3	45.75	2.93	3.15
165	22	129	55	155	3	40.76	2.96	2.45
130	18	131	55	155	3.3	47.19	2.71	2.81
130	18	131	55	155	3.3	47.89	2.56	3.4
190	21	136	55	155	3	0	0	4.26



190	21	136	55	155	3	0	0	4.19
100	16	135	60	160	3.3	53.8	2.15	4.04
100	16	135	60	160	3.3	59.72	2.14	4.08
165	22	129	55	155	3	42.68	3.25	2.15
100	16	135	60	160	3.3	48.6	2.55	3.14
110	16	135	60	160	3.3	51.91	2.38	3.47
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.65
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.57
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.79
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.1
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.01
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.29
110	16	135	60	160	3.3	53.13	2.37	3.8
100	16	135	60	160	3.3	51.2	2.52	3.6
130	18	131	55	155	3.3	42.19	2.62	3.12
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.78
100	16	135	60	160	3.3	48.83	2.64	3.36
100	16	135	60	160	3.3	49.35	2.62	4
100	16	135	60	160	3.3	52.65	2.48	3.45
100	16	135	60	160	3.3	53.37	2.57	3.65
100	16	135	60	160	3.3	51.44	2.34	3.52
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.77
130	18	131	55	155	3.3	44.33	2.6	3.07
110	16	135	60	160	3.3	47.9	2.36	3.65
110	16	135	60	160	3.3	53.14	2.39	3.54
110	16	135	60	160	3.3	50.73	2.42	3.38
110	16	135	60	160	3.3	59.95	2.21	3.48
110	16	135	60	160	3.3	52.62	2.35	3.5
110	16	135	60	160	3.3	38.7	2.41	3.66
110	16	135	60	160	3.3	43.9	2.29	3.44
110	16	135	60	160	3.3	49.58	2.44	3.48
110	16	135	60	160	3.3	47.35	2.34	3.48
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.61
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.63
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.74
100	16	135	60	160	3.3	50.48	2.49	3.73
100	16	135	60	160	3.3	44.12	2.35	3.6
100	16	135	60	160	3.3	45.77	2.55	3.49
100	16	135	60	160	3.3	48.6	2.53	3.52
110	16	135	60	160	3.3	50.5	2.45	3.32
110	16	135	60	160	3.3	58.78	2.12	3.28
100	16	135	60	160	3.3	52.4	2.39	3.72
100	16	135	60	160	3.3	46.35	2.53	3.68
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.53
100	16	135	60	160	3.3	45.99	2.52	3.67

190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.54
110	16	135	60	160	3.3	50.5	2.4	3.56
100	16	135	60	160	3.3	59.3	2.68	4.11
100	16	135	60	160	3.3	53.16	2.45	3.09
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.73
100	16	135	60	160	3.3	47.36	2.48	3.17
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.42
100	16	135	60	160	3.3	48.5	2.43	3.12
100	16	135	60	160	3.3	48.39	2.35	3.39
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.09
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.13
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.04
100	16	135	60	160	3.3	58.07	2.41	3.83
100	16	135	60	160	3.3	50.98	2.44	3.18
100	16	135	60	160	3.3	48.66	2.38	3.63
100	16	135	60	160	3.3	52.87	2.41	3.44
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.09
110	16	135	60	160	3.3	55.29	2.22	3.35
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.1
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.01
110	16	135	60	160	3.3	48.15	2.28	3.52
110	16	135	60	160	3.3	48.76	2.47	3.81
100	16	135	60	160	3.3	43.79	2.49	3.65
130	18	131	55	155	3.3	44.53	2.45	3.58
100	16	135	60	160	3.3	48.14	2.5	3.5
100	16	135	60	160	3.3	47.44	2.45	3.22
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.75
110	16	135	60	160	3.3	51.67	2.5	3.59
190	16	136	60	160	3.3	0	0	6.17
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.45
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.37
100	16	135	60	160	3.3	48.57	2.52	3.64
100	16	135	60	160	3.3	53.27	2.46	3.54
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.85
130	18	131	55	155	3.3	46.24	2.64	3.76
100	16	135	60	160	3.3	24.33	2.57	3.3
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.6
100	16	135	60	160	3.3	47.96	2.42	3.34
100	16	135	60	160	3.3	49.7	2.47	3.46
100	16	135	60	160	3.3	49.37	2.53	3.48
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.14
130	18	131	55	155	3.3	45.23	2.56	3.47
100	16	135	60	160	3.3	53.29	2.44	3.35
100	16	135	60	160	3.3	60.83	2.37	3.37
100	16	135	60	160	3.3	51.21	2.45	3.27

190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.37
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.29
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.93
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.04
110	16	135	60	160	3.3	0	0	5.33
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.13
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.33
190	16	136	60	160	3.3	0	0	5.24
190	16	136	60	160	3.3	1.5	0	5.35
100	16	135	60	160	3.3	42.36	2.65	3.5
100	16	135	60	160	3.3	36.45	2.62	3.16
100	16	135	60	160	3.3	44.76	2.6	3.21
190	21	136	55	155	3	0	0	4.4
190	21	136	55	155	3	0	0	4.46
190	21	136	55	155	3	0	0	4.69
190	21	136	55	155	3	0	0	4.36
165	22	129	55	155	3	40.79	3.03	2.18
130	18	131	55	155	3.3	42.69	2.42	2.61
130	18	131	55	155	3.3	47.65	2.6	2.94
130	18	131	55	155	3.3	46.21	2.6	2.75
190	16	136	60	160	3.3	0	0	4.77
130	18	131	55	155	3.3	51.93	2.25	3.17
130	18	131	55	155	3.3	33.62	2.26	3.07
130	18	131	55	155	3.3	49.48	2.28	3.23
130	18	131	55	155	3.3	50.2	2.26	3.18
130	18	131	55	155	3.3	44.39	2.29	3.09
130	18	131	55	155	3.3	45.6	2.26	3.03
130	18	131	55	155	3.3	51.14	2.57	2.84
190	21	136	55	155	3	0	0	4.07
190	21	136	55	155	3	0	0	4.15
130	18	131	55	155	3.3	49.32	2.28	3.16

## Ek 3

*Eğitim Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri*

DENEM NO	$R^2$			MSE			MAPE		
	Uz.	Mu.	Kıv.	Uz.	Mu.	Kıv.	Uz.	Mu.	Kıv.
FF1	0.90	0.66	0.67	52.42	0.32	0.36	0.10	0.19	0.10
FF2	0.90	0.78	0.86	52.42	0.32	0.36	0.10	0.19	0.10
FF3	0.90	0.78	0.86	52.31	0.31	0.36	0.10	0.19	0.10
FF4	0.90	0.78	0.86	52.31	0.31	0.36	0.10	0.19	0.10
FF5	0.89	0.11	0.01	55.32	1.36	13.23	0.11	0.30	0.76
FF6	0.89	0.03	0.66	57.51	1.94	1.38	0.11	0.37	0.26
FF7	0.89	0.06	0.66	54.35	1.85	0.89	0.11	0.39	0.21
FF8	0.50	0.69	0.53	0.25	0.47	0.28	0.83	0.25	0.82
FF9	0.89	0.11	0.02	57.15	1.28	3.69	0.11	0.35	0.20
FF10	0.89	0.07	0.45	58.91	2.48	2.11	0.11	0.44	0.34
FF11	0.89	0.31	0.05	58.97	3.67	5.24	0.11	0.91	0.42
FF12	0.89	0.31	0.05	58.97	3.67	5.24	0.11	0.91	0.42
FF13	0.89	0.77	0.84	59.37	0.35	0.47	0.11	0.21	0.16
FF14	0.90	0.80	0.90	54.12	0.33	0.25	0.11	0.20	0.10
FF15	0.90	0.80	0.90	53.65	0.33	0.25	0.10	0.20	0.09
FF16	0.90	0.80	0.90	53.65	0.33	0.25	0.10	0.20	0.09
FF17	0.89	0.27	0.30	59.42	3.53	2.48	0.11	0.78	0.33
FF18	0.89	0.53	0.40	58.38	0.65	2.34	0.11	0.18	0.34
FF19	0.22	0.87	0.33	789.17	0.40	6.97	0.55	0.24	0.56
FF20	0.22	0.87	0.32	788.46	0.40	6.93	0.55	0.24	0.55
FF21	0.89	0.57	0.69	54.92	0.60	0.91	0.11	0.20	0.23
FF22	0.25	0.46	0.55	1125.34	1.20	2.32	0.83	0.43	0.34
FF23	0.88	0.00	0.08	64.77	3.21	6.71	0.04	0.77	0.36
FF24	0.89	0.00	0.08	60.52	3.11	6.71	0.12	0.78	0.36
FF25	0.66	0.58	0.15	556.65	0.58	7.28	0.53	0.22	0.38
FF26	0.67	0.59	0.16	556.44	0.57	7.24	0.53	0.21	0.37
FF27	0.67	0.60	0.16	556.32	0.55	7.24	0.53	0.21	0.37
FF28	0.18	0.37	0.00	669.13	0.89	6.16	0.29	0.26	0.41
FF29	0.89	0.09	0.15	55.32	1.55	4.14	0.11	0.17	0.31
FF30	0.89	0.19	0.68	57.65	3.07	0.95	0.11	0.32	0.20
FF31	0.89	0.31	0.40	55.10	4.14	1.69	0.11	0.99	0.24
FF32	0.89	0.21	0.79	54.03	4.09	0.56	0.10	0.99	0.14
FF33	0.89	0.28	0.23	56.18	0.99	9.99	0.11	0.24	0.60
FF34	0.57	0.45	0.26	294.44	0.76	3.12	0.27	0.24	0.32
FF35	0.88	0.35	0.50	60.68	1.03	2.01	0.11	0.30	0.31
FF36	0.88	0.35	0.50	60.68	1.03	2.01	0.11	0.30	0.31
CF1	0.26	0.27	0.60	674.00	1.55	1.04	0.44	0.46	0.19

CF2	0.26	0.36	0.85	673.35	1.29	0.41	0.44	0.38	0.12
CF3	0.26	0.42	0.89	673.45	1.01	0.30	0.44	0.33	0.10
CF4	0.22	0.85	0.04	788.11	0.35	8.66	0.54	0.21	0.55
CF5	0.35	0.89	0.04	1087.06	0.68	8.71	0.52	0.36	0.57
CF6	0.66	0.54	0.66	561.55	0.64	0.90	0.53	0.24	0.19
CF7	0.22	0.01	0.32	743.61	2.62	1.94	0.50	0.17	0.30
CF8	0.22	0.05	0.52	742.52	1.96	1.30	0.50	0.30	0.26
CF9	0.25	0.09	0.42	673.94	2.62	1.50	0.44	0.28	0.22
CF10	0.06	0.13	0.40	1673.87	2.67	2.28	0.83	0.56	0.24
CF11	0.89	0.22	0.01	57.28	4.03	8.44	0.11	0.73	0.54
CF12	0.89	0.22	0.01	57.28	4.03	8.44	0.11	0.73	0.54
CF13	0.89	0.83	0.83	54.16	0.32	0.43	0.10	0.19	0.12
CF14	0.89	0.83	0.84	54.02	0.32	0.43	0.11	0.19	0.12
CF15	0.89	0.83	0.84	54.02	0.32	0.43	0.11	0.19	0.12
CF16	0.23	0.19	0.13	732.60	2.02	3.88	0.51	0.51	0.35
CF17	0.88	0.02	0.77	59.81	1.67	0.60	0.11	0.30	0.14
CF18	0.68	0.15	0.49	576.82	2.06	1.63	0.55	0.46	0.28
CF19	0.73	0.73	0.75	381.96	0.39	0.66	0.39	0.17	0.14
CF20	0.74	0.74	0.75	381.97	0.39	0.65	0.39	0.17	0.14
CF21	0.89	0.31	0.23	55.98	0.96	2.29	0.11	0.26	0.24
CF22	0.66	0.28	0.67	445.24	1.06	0.90	0.43	0.27	0.19
CF23	0.25	0.86	0.92	1117.88	0.20	0.22	0.83	0.11	0.09
CF24	0.25	0.86	0.92	1117.88	0.20	0.22	0.83	0.11	0.09
CF25	0.21	0.87	0.82	802.93	0.29	2.23	0.54	0.19	0.36
CF26	0.21	0.88	0.83	802.93	0.29	2.19	0.54	0.19	0.36
CF27	0.21	0.88	0.83	802.99	0.29	2.18	0.54	0.19	0.36
CF28	0.89	0.30	0.51	56.89	1.65	4.35	0.11	0.25	0.42
CF29	0.89	0.61	0.69	55.76	0.54	1.65	0.11	0.22	0.31
CF30	0.89	0.62	0.71	57.09	0.53	1.43	0.11	0.22	0.30
CF31	0.02	0.90	0.82	1492.68	0.15	0.88	0.97	0.08	0.21
CF32	0.02	0.91	0.92	1492.68	0.12	0.22	0.97	0.07	0.09
CF33	0.25	0.05	0.17	674.04	1.69	3.77	0.44	0.22	0.42
CF34	0.89	0.61	0.17	58.39	0.61	3.38	0.11	0.25	0.33
CF35	0.78	0.19	0.51	116.30	2.75	5.88	0.14	0.48	0.42
CF36	0.78	0.19	0.51	116.30	2.75	5.88	0.14	0.48	0.42
E1	0.90	0.60	0.86	53.78	0.66	0.37	0.11	0.16	0.14
E2	0.90	0.63	0.86	53.70	0.61	0.37	0.10	0.15	0.11
E3	0.90	0.82	0.89	53.30	0.37	0.31	0.10	0.13	0.10
E4	0.85	0.13	0.68	78.72	2.81	27.85	0.13	0.81	1.51
E5	0.89	0.10	0.35	57.76	1.94	2.75	0.11	0.28	0.39
E6	0.88	0.74	0.03	59.55	0.37	4.44	0.11	0.15	0.39
E7	0.89	0.22	0.49	57.38	1.11	1.39	0.11	0.26	0.23
E8	0.89	0.70	0.77	54.45	0.55	0.62	0.11	0.18	0.17
E9	0.89	0.66	0.67	57.26	0.53	0.86	0.11	0.18	0.16

E10	0.42	0.60	0.56	989.79	1.57	14.77	0.70	0.49	0.86
E11	0.89	0.25	0.58	56.77	1.33	1.15	0.11	0.45	0.19
E12	0.89	0.25	0.58	56.77	1.33	1.15	0.11	0.45	0.19
E13	0.94	-0.45	0.53	68.24	3.44	5.56	0.12	0.83	0.45
E14	0.48	0.63	0.56	738.96	1.48	14.96	0.50	0.43	0.88
E15	0.48	0.63	0.56	739.10	1.48	14.96	0.50	0.43	0.88
E16	0.88	0.00	0.01	65.63	3.31	27.43	0.12	0.25	1.50
E17	0.94	-0.60	0.11	57.30	2.47	3.44	0.11	0.25	0.30
E18	0.24	0.93	0.53	1673.87	0.36	13.18	0.83	0.21	0.82
E19	0.16	0.40	0.20	1370.59	1.21	4.45	0.87	0.32	0.44
E20	0.46	0.48	0.26	802.95	1.17	4.73	0.54	0.30	0.51
E21	0.95	-0.84	0.82	55.49	3.00	0.85	0.11	0.19	0.17
E22	0.94	0.43	0.90	57.31	2.57	0.66	0.11	0.31	0.18
E23	0.89	0.00	0.00	56.88	2.48	28.60	0.11	0.56	1.53
E24	0.89	0.00	0.00	56.88	2.48	28.60	0.11	0.56	1.53
E25	0.47	0.36	0.53	790.94	2.73	13.18	0.55	0.57	0.82
E26	0.47	0.36	0.53	790.61	2.73	13.18	0.54	0.57	0.82
E27	0.47	0.36	0.53	790.39	2.73	13.18	0.54	0.57	0.82
E28	0.26	0.68	0.86	675.31	0.48	0.38	0.44	0.18	0.12
E29	0.89	0.67	0.47	57.29	0.47	1.40	0.11	0.16	0.20
E30	0.41	0.37	0.56	997.92	3.96	14.94	0.71	0.35	0.88
E31	0.15	0.70	0.60	1492.68	0.70	1.64	0.97	0.21	0.20
E32	0.41	0.59	0.53	1000.02	1.12	13.03	0.71	0.38	0.81
E33	0.94	0.66	0.74	57.39	0.78	1.16	0.11	0.24	0.17
E34	0.15	-0.44	0.54	1439.41	3.43	16.08	0.94	0.29	0.97
E35	0.12	0.80	0.35	1390.33	1.12	6.81	0.44	0.09	0.39
E36	0.25	0.65	0.11	629.23	1.10	5.11	0.43	0.08	0.30

## Ek 3

*Eğitim Seti için YSA Modellerinin En İyi Sonuç Veren Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) ve Yüzde Doğruluk Ölçüt Değerleri (Devam)*

DENEM NO	MAE			MSPE			RMSPE			MPE		
	Uz.	Mu.	Kıv.	Uz.	Mu.	Kıv.	Uz.	Mu.	Kıv.	Uz.	Mu.	Kıv.
FF1	4.16	0.48	0.42	0.03	0.05	0.02	0.17	0.23	0.15	0.00	0.00	0.00
FF2	4.16	0.48	0.42	0.03	0.05	0.02	0.17	0.23	0.15	0.00	0.00	0.00
FF3	4.13	0.47	0.42	0.03	0.05	0.02	0.17	0.23	0.15	0.00	0.00	-0.01
FF4	4.13	0.47	0.42	0.03	0.05	0.02	0.17	0.23	0.15	0.00	0.00	-0.01
FF5	4.33	0.89	2.43	0.03	0.17	1.49	0.17	0.41	1.22	0.02	0.25	-0.68
FF6	4.50	1.08	0.96	0.03	0.24	0.09	0.17	0.49	0.30	0.00	0.28	0.15
FF7	4.19	1.02	0.79	0.03	0.30	0.06	0.17	0.55	0.24	0.02	0.37	0.01
FF8	26.77	0.73	3.05	0.73	0.10	1.02	0.86	0.31	1.01	-0.05	-0.20	-0.31
FF9	4.14	1.01	1.02	0.03	0.17	0.09	0.17	0.41	0.29	-0.01	0.35	0.03
FF10	4.54	1.09	1.33	0.03	0.38	0.14	0.17	0.61	0.37	0.01	0.31	0.16
FF11	4.76	1.73	1.73	0.03	0.83	0.21	0.17	0.91	0.46	0.01	0.91	0.27
FF12	7.00	1.73	1.73	0.03	0.83	0.21	0.17	0.91	0.46	0.01	0.91	0.27
FF13	5.03	0.50	0.56	0.03	0.06	0.04	0.17	0.25	0.21	0.00	-0.02	-0.09
FF14	4.02	0.48	0.36	0.03	0.06	0.02	0.17	0.24	0.13	-0.01	-0.06	0.00
FF15	4.03	0.48	0.36	0.03	0.06	0.02	0.17	0.25	0.13	0.00	-0.06	0.00
FF16	4.03	0.48	0.36	0.03	0.06	0.02	0.17	0.25	0.13	0.00	-0.06	0.00
FF17	4.48	1.71	1.28	0.03	0.66	0.13	0.17	0.81	0.37	0.04	0.78	0.08
FF18	4.61	0.61	1.28	0.03	0.07	0.15	0.18	0.26	0.39	-0.01	0.14	0.12
FF19	17.98	0.42	2.24	0.49	0.09	0.39	0.70	0.31	0.62	0.29	-0.17	0.32
FF20	17.95	0.41	2.20	0.49	0.09	0.39	0.70	0.30	0.62	0.28	-0.17	0.31
FF21	4.18	0.61	0.81	0.03	0.07	0.07	0.17	0.26	0.27	-0.01	0.12	0.01
FF22	26.77	0.75	1.28	0.73	0.31	0.15	0.86	0.56	0.38	-0.05	0.43	0.23
FF23	5.41	1.55	1.75	0.03	0.67	0.20	0.18	0.82	0.45	0.04	0.77	0.28
FF24	5.08	1.52	1.75	0.03	0.65	0.20	0.17	0.80	0.45	0.04	0.75	0.28
FF25	16.57	0.60	1.84	0.40	0.09	0.22	0.64	0.30	0.47	-0.38	0.15	0.31
FF26	16.56	0.59	1.81	0.41	0.09	0.22	0.64	0.30	0.47	-0.40	0.15	0.31
FF27	16.53	0.57	1.80	0.40	0.09	0.22	0.64	0.29	0.47	-0.39	0.15	0.30
FF28	18.24	0.76	1.90	0.39	0.15	0.20	0.62	0.39	0.45	0.29	0.26	0.39
FF29	4.42	0.81	1.25	0.03	0.05	0.24	0.17	0.23	0.49	-0.01	0.11	-0.23
FF30	4.48	1.42	0.78	0.03	0.13	0.06	0.17	0.36	0.24	0.01	0.15	0.04
FF31	4.10	1.70	0.91	0.03	0.98	0.12	0.17	0.99	0.34	0.02	0.99	-0.06
FF32	3.99	1.70	0.54	0.03	0.97	0.04	0.17	0.99	0.19	0.01	0.99	0.00
FF33	4.28	0.76	2.25	0.03	0.10	0.80	0.18	0.31	0.89	-0.01	0.22	-0.39
FF34	8.64	0.71	1.34	0.21	0.10	0.13	0.46	0.32	0.35	0.18	0.21	0.11
FF35	4.87	0.75	1.20	0.03	0.15	0.12	0.17	0.39	0.35	0.01	0.18	0.13
FF36	4.87	0.75	1.20	0.03	0.15	0.12	0.17	0.39	0.35	0.01	0.18	0.13
CF1	14.82	0.88	0.78	0.40	0.37	0.06	0.63	0.61	0.25	0.37	0.45	-0.01

CF2	14.78	0.72	0.47	0.40	0.32	0.02	0.63	0.56	0.16	0.38	0.35	-0.02
CF3	14.81	0.67	0.39	0.40	0.24	0.02	0.63	0.49	0.13	0.39	0.29	-0.01
CF4	17.80	0.45	2.43	0.49	0.07	0.33	0.70	0.27	0.57	0.27	-0.14	0.55
CF5	23.58	0.69	2.48	0.38	0.16	0.34	0.62	0.40	0.58	-0.44	-0.34	0.57
CF6	16.72	0.65	0.74	0.41	0.10	0.05	0.64	0.32	0.22	-0.38	0.14	0.00
CF7	16.50	1.15	1.16	0.45	0.05	0.13	0.67	0.23	0.36	0.33	-0.09	-0.03
CF8	16.44	1.12	0.97	0.45	0.12	0.09	0.67	0.34	0.30	0.32	0.05	0.01
CF9	14.92	1.23	0.88	0.40	0.10	0.07	0.63	0.31	0.27	0.37	-0.21	-0.03
CF10	33.80	1.22	1.09	0.73	0.44	0.09	0.85	0.67	0.29	-0.06	0.21	-0.01
CF11	4.63	1.76	2.39	0.03	0.63	0.32	0.17	0.79	0.56	0.00	0.73	0.52
CF12	4.63	1.76	2.39	0.03	0.63	0.32	0.17	0.79	0.56	0.00	0.73	0.52
CF13	3.98	0.45	0.48	0.03	0.06	0.03	0.17	0.25	0.17	0.00	-0.10	-0.01
CF14	4.03	0.45	0.48	0.03	0.06	0.03	0.17	0.25	0.17	0.01	-0.10	-0.01
CF15	4.03	0.45	0.48	0.03	0.06	0.03	0.17	0.25	0.17	0.01	-0.10	-0.01
CF16	16.89	1.09	1.43	0.45	0.37	0.23	0.67	0.61	0.48	0.32	0.20	-0.22
CF17	4.81	1.11	0.58	0.03	0.10	0.03	0.17	0.31	0.18	0.01	0.29	0.01
CF18	17.34	1.08	1.07	0.42	0.32	0.11	0.64	0.56	0.33	-0.41	0.18	0.06
CF19	12.77	0.49	0.58	0.27	0.06	0.04	0.52	0.23	0.19	-0.32	0.04	-0.01
CF20	12.75	0.49	0.57	0.27	0.06	0.04	0.52	0.23	0.20	-0.32	0.04	-0.01
CF21	4.07	0.80	1.06	0.03	0.13	0.10	0.17	0.36	0.32	0.01	0.21	0.02
CF22	14.04	0.81	0.76	0.31	0.15	0.05	0.56	0.39	0.22	-0.28	0.21	0.03
CF23	26.67	0.31	0.34	0.73	0.04	0.01	0.86	0.19	0.12	-0.05	0.01	-0.01
CF24	26.67	0.31	0.34	0.73	0.04	0.01	0.86	0.19	0.12	-0.05	0.01	-0.01
CF25	17.97	0.39	1.32	0.49	0.06	0.16	0.70	0.25	0.40	0.27	-0.13	0.25
CF26	17.97	0.39	1.31	0.49	0.06	0.16	0.70	0.25	0.40	0.27	-0.13	0.27
CF27	17.95	0.39	1.31	0.49	0.06	0.16	0.70	0.25	0.40	0.27	-0.13	0.27
CF28	4.41	1.02	1.76	0.03	0.08	0.21	0.17	0.29	0.45	0.00	-0.14	0.41
CF29	4.29	0.60	1.11	0.03	0.08	0.13	0.17	0.28	0.35	0.01	0.10	0.22
CF30	4.37	0.59	1.06	0.03	0.08	0.12	0.18	0.28	0.34	-0.02	0.10	0.19
CF31	31.48	0.26	0.72	0.96	0.02	0.08	0.98	0.14	0.28	0.74	0.02	0.12
CF32	31.48	0.20	0.34	0.96	0.02	0.01	0.98	0.14	0.12	0.74	0.02	0.00
CF33	14.86	0.93	1.64	0.40	0.09	0.20	0.63	0.30	0.45	0.39	0.15	0.18
CF34	4.67	0.70	1.35	0.03	0.08	0.18	0.17	0.29	0.42	0.02	0.00	0.05
CF35	5.16	1.47	1.67	0.07	0.27	0.37	0.26	0.52	0.61	0.06	0.46	-0.37
CF36	5.16	1.47	1.67	0.07	0.27	0.37	0.26	0.52	0.61	0.06	0.46	-0.37
E1	4.09	0.63	0.44	0.03	0.04	-0.01	0.17	0.20	0.02	0.00	0.11	0.11
E2	4.04	0.61	0.44	0.03	0.04	0.02	0.17	0.19	0.14	0.00	0.10	-0.01
E3	4.16	0.49	0.40	0.03	0.03	0.02	0.17	0.18	0.13	0.01	0.08	-0.02
E4	6.12	1.44	4.93	0.04	0.66	2.92	0.19	0.81	1.71	0.05	0.81	-1.50
E5	4.46	1.14	1.49	0.03	0.10	0.18	0.18	0.32	0.43	-0.01	0.27	0.16
E6	4.54	0.43	1.66	0.03	0.06	0.21	0.17	0.25	0.46	0.02	0.10	0.10
E7	4.47	0.92	0.93	0.03	0.09	0.08	0.17	0.29	0.28	0.03	0.26	0.01
E8	4.15	0.62	0.66	0.03	0.05	0.04	0.17	0.23	0.20	0.00	0.16	0.03
E9	4.41	0.59	0.67	4.41	0.59	0.67	0.03	0.05	0.04	0.01	0.14	-0.03
E10	22.04	0.85	3.19	0.67	0.41	1.12	0.82	0.64	1.06	0.66	0.28	-0.82



E11	4.69	0.97	0.78	0.03	0.29	0.05	0.17	0.53	0.23	0.00	0.45	-0.11
E12	4.69	0.97	0.78	0.03	0.29	0.05	0.17	0.53	0.23	0.00	0.45	-0.11
E13	5.73	1.67	1.92	0.03	0.73	0.22	0.17	0.85	0.47	0.04	0.83	0.45
E14	16.44	0.69	3.27	0.45	0.39	1.12	0.67	0.63	1.06	0.33	0.37	-0.48
E15	16.40	0.69	3.27	0.45	0.39	1.12	0.67	0.63	1.06	0.32	0.38	-0.48
E16	5.56	1.39	4.95	0.03	0.08	2.84	0.18	0.28	1.68	0.01	-0.25	-1.50
E17	4.49	1.24	1.30	0.03	0.08	0.13	0.17	0.29	0.36	0.02	0.17	0.00
E18	33.80	0.41	3.05	0.73	0.08	1.02	0.85	0.28	1.01	-0.06	-0.16	-0.31
E19	28.35	1.03	1.59	0.86	0.11	0.43	0.93	0.33	0.65	0.86	0.30	-0.16
E20	17.98	0.99	1.89	0.49	0.09	0.34	0.70	0.30	0.59	0.27	0.28	-0.04
E21	4.48	1.27	0.70	0.03	0.05	0.04	0.17	0.22	0.20	0.03	0.14	0.00
E22	4.49	1.21	0.66	0.03	0.12	0.05	0.17	0.34	0.23	0.00	-0.27	0.08
E23	4.57	1.34	5.09	0.03	0.40	2.90	0.17	0.64	1.70	0.00	0.55	-1.53
E24	4.57	1.34	5.09	0.03	0.40	2.90	0.17	0.64	1.70	0.00	0.55	-1.53
E25	17.90	1.24	3.05	0.49	0.45	1.02	0.70	0.67	1.01	0.28	0.20	-0.31
E26	17.83	1.24	3.05	0.49	0.45	1.02	0.70	0.67	1.01	0.27	0.20	-0.31
E27	17.83	1.24	3.05	0.49	0.45	1.02	0.70	0.67	1.01	0.27	0.20	-0.31
E28	14.97	0.55	0.47	0.40	0.06	0.03	0.63	0.24	0.16	0.41	0.15	0.00
E29	4.52	0.50	0.83	0.03	0.07	0.08	0.17	0.26	0.27	0.01	0.11	-0.02
E30	22.45	1.62	3.27	0.68	0.15	1.12	0.82	0.38	1.06	0.66	-0.35	-0.48
E31	31.48	0.64	0.84	0.96	0.08	0.08	0.98	0.29	0.29	0.74	0.17	-0.08
E32	22.55	0.79	3.02	0.68	0.24	1.01	0.82	0.49	1.01	0.66	0.37	-0.32
E33	4.48	0.70	0.70	0.03	0.12	0.06	0.17	0.34	0.24	0.00	0.21	-0.04
E34	30.34	1.41	3.53	0.92	0.16	1.27	0.96	0.40	1.13	0.78	0.03	-0.92
E35	30.38	0.72	1.90	0.27	0.02	0.21	0.52	0.13	0.45	-0.42	-0.06	0.39
E36	15.02	0.70	1.51	0.37	0.01	0.14	0.61	0.12	0.38	0.30	0.00	0.26

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLERİ

Adı ve Soyadı: Emine Çot  
Doğum Yeri: Osmaniye  
Adres: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi  
İletişim: [eminenurcot@gmail.com](mailto:eminenurcot@gmail.com)

### EĞİTİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim ve Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı, 2016-2019

Lisans: Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, 2010- 2014

### İŞ DENEYİMİ

22.04.2015- 31.11.2017: Kartal Halı ve Tekstil Firması, Kalite Kontrol Mühendisi

01.12.2017- 30.04.2019: Kartal Halı ve Tekstil Firması, Süreç ve İnovasyon Uzmanı

**OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

**OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA**

Tarih: 29/07/2019

Tez Başlığı: YAPAY SİNİR AĞI TEKNİĞİ KULLANILARAK POLİPROPİLEN BCF İPLİKLERİNİN UZAMA, MUKAVEMET VE KIVRIMLILIK DEĞERLERİNİN TAHMİNLEMESİ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 145 sayfalık kısmına ilişkin, 29/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme tiplerinden biri uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %11 'dir.

**Filtreleme Tip 1 (maksimum %30)**

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça dâhil,
- 3- Alıntılar dâhil.

**Filtreleme Tip 2 (maksimum %10)**

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar dâhil,
- 4- 5 Kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

29/07/2019

**Adı Soyadı:** EMİNE ÇOT

**Öğrenci No:** 1621507103

**Anabilim Dalı:** YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ

**Programı:** YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ

**Statüsü:**  Y.Lisans  Doktora

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

DR. ÖĞR. ÜYESİ EMRE YAKUT

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

**ENSTİTÜ ONAYI**

UYGUNDUR.

Arş. Gör. Erdem KÜRKÜLÜ

(Unvan, Ad Soyad, İmza)