

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

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İPLİK KALİTE KONTROLÜNDE YORUMSAL ANALİZLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PINAR ARSLAN

**HAZİRAN 2011
UŞAK**

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

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İPLİK KALİTE KONTROLÜNDE YORUMSAL ANALİZLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ


PINAR ARSLAN

UŞAK 2011

Pınar ARSLAN tarafından hazırlanan “İplik Kalite Kontrolünde Yorumsal Analizler” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. N. Gönül ŞENGÖZ

Tez Danışmanı, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı



01/06/2011

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


Prof. Dr. Ayşe OKUR

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Dokuz Eylül Üniversitesi




Yrd. Doç. Dr. N. Gönül ŞENGÖZ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi



Prof. Dr. M. Fikri ŞENOL

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

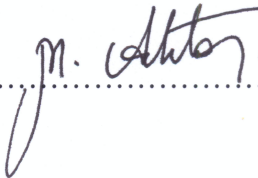


Tarih: 06/06/2011

Bu tez ile Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKTAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Pinar ARSLAN

İPLİK KALİTE KONTROLÜNDE YORUMSAL ANALİZLER
(Yüksek Lisans Tezi)

Pınar ARSLAN

UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2011

ÖZET

Tekstil üretimindeki ihtiyaçlardan en önemli bir tanesi, daha üretim yapılmadan, nihai üründe istenilen özelliklerin, eldeki hammaddenin özelliklerinden yola çıkılarak tahmin edilebilmesidir. Böylece hem istenilen kalite düzeyine ulaşmak hem verimli çalışmak hem de kaynak tasarrufu sağlamak mümkün olacaktır. Duyusal tekstil muayenelerinde kullanılan Kawabata yönteminin bir benzeri, burada, lif özelliklerinden iplik özelliklerine geçiş için uyarlanmış ve farklı bakış açıları ile incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada, belirtilen ana fikir doğrultusunda, eldeki hammaddenin özelliklerinden nihai ürünün özelliklerine ulaşmak için istatistiksel ve matematiksel yöntemler kullanılarak dönüşüm formülleri elde edilmiş ve doğruluk dereceleri belirlenmiştir. Yanıt yüzeyleri kullanılarak elverişli bölgeler belirlenmiş ve diskriminat analizi kullanılarak kops formundaki iplik ile bobin formundaki iplik birbirlerinden başarı ile ayırd edilmiştir.

Hammadde ve ürün özelliklerinin verileri olarak, pamuk ipliği üretimi yapan bir fabrikanın, kendi içinde düzenli olarak yaptığı ölçümler esas alınmıştır. Veri grafiği yöntemi, regresyon analizleri, yapay sinir ağları, temel bileşen analizi, merkezi bileşen deseni ve diskriminant analizi ile çalışmalar yapılmıştır. Hammadde özelliklerinin çok olması nedeni ile, Varimax yöntemi kullanılarak, etkili olan özelliklerden bileşen grupları elde edilmiş ve bunların doğrulukları, tüm özellikler kullanılarak yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Merkezi bileşen analizi ile, bir ürün özelliği için hammadde özellikleri kullanılarak yanıt yüzeyleri elde edilmiş ve bunların harita görünümleri çakıştırılarak elverişli bölgeler belirlenmiştir. Diskriminant analizi ile, iplik üretimi için, kops ve bobin yapıları birbirlerinden ayrı bir şekilde tanımlanabilmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda, kullanılan istatistiksel ve matematiksel yöntemler ile, hammadde özelliklerinden ürün özelliklerine geçiş için dönüşüm formülleri elde edilmiş ve bu formüllerin yüksek doğruluk derecesi ile tahminleme yaptıkları belirlenmiştir. Fabrikalarda kalite kontrol amaçlı kullanılacak bu formüller sayesinde, yukarıda belirtilen anafikir doğrultusunda hem kalitenin yükseltilmesi hem verimli çalışma hem de kaynak tasarrufu hedeflerine ulaşılmış olacaktır.

Bu araştırmanın amaçlarından biri olan duyuşal tekstil muayenelerinde kullanılan Kawabata yönteminin bir benzerinin, lif özelliklerinden iplik özelliklerine geçiş için uyarlanması amacına ulaşılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, veri grafiği metodu, regresyon analizi, yapay sinir ağları metodu ve varimax ile özellik azaltılması yöntemleri kullanılmıştır. Bu araştırmanın diğer bir amacı olan yanıt yüzeylelerinin kullanılması ile elverişli bölgelerin belirlenmesi ve diskriminant analizi kullanarak kops formundaki iplik ile bobin formundaki ipliğin birbirlerinden ayırd edilmesi amacına ulaşılmıştır.

Bilim Kodu : 621.01.05

Anahtar Kelimeler : Kalite kontrol, Kawabata, yapay sinir ağı, veri grafiği, regresyon analizi, varimax, diskriminant analizi, yanıt yüzeyleleri, merkezi bileşen deseni (CCD)

Sayfa Adedi : 208

Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr.N.Gönül ŞENGÖZ

INTERPRETATIONAL ANALYSIS FOR YARN QUALITY CONTROL
(M.Sc. Thesis)

Pınar ARSLAN

UŞAK UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 2011

ABSTRACT

One of the important requirements of textile production is the interpretation of the properties of the final product by the properties of the raw material. By this way, it will be possible to reach required quality level, work efficiently and save sources. The same of Kawabata's method is adapted for predicting yarn properties using fiber properties and searched by different perspectives. In this study, in the direction of indicated main theme, transformation equations were obtained to reach properties of final product from properties of raw material by using statistical and mathematical methods and reliability of these equations were determined. Feasible regions are determined by using response surfaces and yarns in the form of cone and bobbin are discriminated successfully by using discriminant analysis.

Regular measurements of a cotton yarn producing factory are taken into account as data of properties of raw material and final product. Studies by using data chart method, regression analysis, artificial neural network, principal component analysis, central composite design and discriminant analysis are performed. Because of the properties of raw material are very many, component groups that are composed of effective properties are obtained by using Varimax method and reliability of results of these studies are compared with reliability of results of studies that are performed with all properties included. Response surfaces for one property of the final product by using properties of raw material are obtained by central composite design method and feasible regions are determined by overlapping contour plots of these response surfaces. For the yarn

production, forms of bobbin and cone are discriminated separately by using discriminant analysis.

At the end of this study, transformation equations for predicting the properties of final product from the properties of raw material are obtained by using statistical and mathematical methods mentioned above and it is indicated that accuracy rate of interpretations made by these equations are high. By means of these equations, that would be used for the aim of providing quality control in factories, in the direction of indicated main theme, targets of reaching required quality level, working with efficiency and saving sources will be achieved.

One of purposes of this study, adaption of the same of Kawabata's method for predicting yarn properties using fiber properties, is reached. According to this purpose, data chart method, regression analysis, artificial neural network method and reduction of data by varimax are used. Another purpose of this study, determining of feasible regions by using response surfaces and discrimination of yarns in the form of bobbin and cone by using discriminant analysis is achieved.

Science Code : 621.01.05
Key Words : Quality control, Kawabata, artificial neural network, data chart, regression analysis, varimax, discriminant analysis, response surfaces, central composite design (CCD)
Page Number : 208
Adviser : Assis.Prof.Dr.N.Gönül ŞENGÖZ

TEŐEKKÖR

Tezimin hazırlanması sırasında başta büyük emeğini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr.N.Gönöl ŞENGÖZ olmak üzere, desteğini hiç eksik etmeyen aileme ve uygulama aşamasında kullanılacak olan verilerin temin edilmesinde yardımcı olan Kaynak İplik San. ve Tic. A.Ő. yönetimi ve çalıŐanlarına teŐekkürlerimi sunarım.

Pınar ARSLAN

UŞak, 2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. Materyal	22
3.1.1. Lif Verileri	24
3.1.2. İplik Verileri	24
3.2. Yöntem	24
3.2.1. İplik Veri Grafikleri	25
3.2.2. Faktör Analizi	25
3.2.2.1. Faktör Analizine Giriş	25
3.2.2.2. Faktör Analizinin Kullanım Amaçları	25
3.2.2.3. Faktör Analizinin Türleri	29
3.2.2.4. Faktör Analizinde Kullanılan Terimler	29
3.2.2.5. Faktör Analizinin Diğer İstatistiksel Metotlarla Karşılaştırması	30
3.2.2.6. Örneklem Büyüklüğü	31
3.2.2.7. Varsayımlar	32
3.2.2.8. Uygulama	32
3.2.2.9. Faktörleştirme	34
3.2.2.10. Döndürme Teknikleri	34
3.2.3. Regresyon Analizi	35
3.2.3.1. Basit Regresyon Analizi	38
3.2.3.2. Çoklu Regresyon Analizi	39
3.2.3.2.1. Çoklu Regresyon Metodları	41
3.2.4. Yapay Sinir Ağları Metodu	42
3.2.4.1. Yapay Sinir Ağları Hakkında Genel Bilgi	42
3.2.4.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihsel Gelişimi	43
3.2.4.3. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri	49
3.2.4.4. Yapay Sinir Ağlarının Gelenksel İşlemcilerden Farkları	51
3.2.4.5. Yapay Sinir Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları	53
3.2.4.6. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları	55
3.2.4.7. Biyolojik Sinir Sistemi ve Yapay Sinir Ağları	58

3.2.4.7.1. Biyolojik Nöron	58
3.2.4.7.2. Yapay Nöron	62
3.2.4.8. Ağ Yapıları	65
3.2.4.8.1. Tek Katmanlı Perseptron	65
3.2.4.8.2. Çok Katmanlı Perseptron	67
3.2.4.9. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	69
3.2.4.10. Transfer Fonksiyonları	70
3.2.4.10.1. Kesin-Limitli (Hard Limit) Transfer Fonksiyonu (Basamak Fonksiyonu)	71
3.2.4.10.2. Lineer Transfer Fonksiyonu	71
3.2.4.10.3. Logaritmik-Sigmoid Transfer Fonksiyonu	72
3.2.4.10.4. Tanjant-Sigmoid Transfer Fonksiyonu	73
3.2.4.10.5. Rampa Transfer Fonksiyonu	73
3.2.4.11. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme	74
3.2.4.11.1. Danışmanlı Öğrenme	75
3.2.4.11.2. Danışmansız Öğrenme	76
3.2.4.11.3. Destekleyici Öğrenme	76
3.2.5. Deneme Desenleri (Design of Experiments)	76
3.2.5.1. Yanıt Yüzey Desenleri (Response Surface Designs)	78
3.2.5.1.1. Merkezi Bileşen Deseni (Central Composite Design)	80
3.2.5.1.2. Box-Behnken Deseni (Box-Behnken Design)	84
3.2.6. Diskriminant Analizi	84
4. LİF ÖZELLİKLERİNDEN İPLİK ÖZELLİKLERİNİ TAHMİNLEME UYGULAMALARI VE ARAŞTIRMA BULGULARI	90
4.1. İplik Veri Grafikleri	90
4.2. Faktör Analizi	90
4.3. Regresyon Analizi	95
4.3.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops	95
4.3.1.1. Tüm Özellikler Dahil	95
4.3.1.2. Varimax ile Seçilen Özellikler	99
4.3.1.2.1. Birinci Bileşen Grubu	99
4.3.1.2.2. İkinci Bileşen Grubu	102
4.3.1.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu	105
4.3.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin	108
4.3.2.1. Tüm Özellikler Dahil	108
4.3.2.2. Varimax ile Seçilen Özellikler	112
4.3.2.2.1. Birinci Bileşen Grubu	112
4.3.2.2.2. İkinci Bileşen Grubu	115
4.3.2.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu	118
4.4. Yapay Sinir Ağları	121

4.4.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops	121
4.4.1.1. Tüm Özellikler Dahil	121
4.4.1.2. Varimax ile Seçilen Özellikler	124
4.4.1.2.1. Birinci Bileşen Grubu	124
4.4.1.2.2. İkinci Bileşen Grubu	126
4.4.1.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu	128
4.4.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin	131
4.4.2.1. Tüm Özellikler Dahil	131
4.4.2.2. Varimax ile Seçilen Özellikler	132
4.4.2.2.1. Birinci Bileşen Grubu	132
4.4.2.2.2. İkinci Bileşen Grubu	133
4.4.2.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu	135
4.5. Merkezi Bileşen Deseni (CCD)	136
4.5.1. Ne20-19,21 T/inç Kops	137
4.5.2. Ne20-19,21 T/inç Bobin	141
4.6. Diskriminant Analizi	145
5. DEĞERLENDİRMELER	151
5.1. İplik Veri Grafiklerinin Değerlendirilmesi	151
5.2. Faktör Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	151
5.3. Regresyon Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	152
5.3.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops	152
5.3.1.1. %U Biriminden Düzgünlük Özelliği	
İçin Karşılaştırma	153
5.3.1.2. %CVm Biriminden Düzgünlük Özelliği	
İçin Karşılaştırma	154
5.3.1.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma	154
5.3.1.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	155
5.3.1.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	155
5.3.1.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma	156
5.3.1.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma	156
5.3.1.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma	157
5.3.1.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği	
İçin Karşılaştırma	157
5.3.1.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma	158
5.3.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin	158
5.3.2.1. %U Biriminden Düzgünlük Özelliği	
İçin Karşılaştırma	159
5.3.2.2. %CVm Biriminden Düzgünlük Özelliği	
İçin Karşılaştırma	160
5.3.2.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma	160
5.3.2.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	161
5.3.2.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	161
5.3.2.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma	162
5.3.2.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma	162

5.3.2.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma	163
5.3.2.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği İçin Karşılaştırma	163
5.3.2.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma	164
5.4. Yapay Sinir Ağları Sonuçlarının Değerlendirilmesi	164
5.4.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops	164
5.4.1.1. %U Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma	164
5.4.1.2. %CVm Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma	166
5.4.1.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma	167
5.4.1.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	167
5.4.1.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	168
5.4.1.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma	168
5.4.1.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma	169
5.4.1.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma	169
5.4.1.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği İçin Karşılaştırma	170
5.4.1.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma	170
5.4.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin	171
5.4.2.1. %U Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma	172
5.4.2.2. %CVm Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma	173
5.4.2.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma	173
5.4.2.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	174
5.4.2.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma	174
5.4.2.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma	175
5.4.2.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma	175
5.4.2.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma	176
5.4.2.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği İçin Karşılaştırma	176
5.4.2.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma	177
5.5. Merkezi Bileşen Deseni Sonuçlarının Değerlendirilmesi	177
5.5.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops	177
5.5.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin	180
5.6. Diskriminant Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	181
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	184
KAYNAKLAR	205
ÖZGEÇMİŞ	208

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Adana yöresine ait pamuk partisinin HVI sonuçlarından elde edilen ortalama değerlerinden örnekler [Orijinal]	26
Çizelge 3.2. Ne20-19,21 T/inç kops formundaki ipliklerin özelliklerinin sonuçlarından örnekler [Orijinal]	27
Çizelge 3.3. Ne20-19,21 T/inç bobin formundaki ipliklerin özelliklerinin sonuçlarından örnekler [Orijinal]	28
Çizelge 3.4. Geleneksel algoritmalar ile yapay sinir ağları arasındaki farklar [32]	53
Çizelge 3.5. Biyolojik sinir sistemleri ve yapay sinir ağları [32]	60
Çizelge 4.1. Temel bileşenler tarafından açıklanan varyans miktarları [Orijinal]	93
Çizelge 4.2. Bileşen matrisi [Orijinal]	94
Çizelge 4.3. Döndürülmüş bileşen matrisi [Orijinal]	94
Çizelge 4.4. Her değişken için Wilks' Lambda değerleri ve ANOVA testinin sonuçları [Orijinal]	146
Çizelge 4.5. Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyonu katsayıları [Orijinal]	146
Çizelge 4.6. Yapı matrisi [Orijinal]	147
Çizelge 4.7. Grup içi matrisleri [Orijinal]	147
Çizelge 4.8. Kanonik diskriminant fonksiyonu katsayıları [Orijinal]	148
Çizelge 4.9. Sınıflandırma fonksiyonu katsayıları [Orijinal]	149
Çizelge 4.10. Ayırma fonksiyonuna ait özdeğer [Orijinal]	150
Çizelge 4.11. Ayırma fonksiyonuna ait Wilks' Lambda değeri ve Ki-Kare testinin sonuçları [Orijinal]	150
Çizelge 4.12. Sınıflandırma sonuçları [Orijinal]	150
Çizelge 5.1. Ne20-19,21 T/inç kops verilerine uygulanan regresyon analizinin sonuçları [Orijinal]	152

Çizelge 5.2. Ne20-19,21 T/inç bobin verilerine uygulanan regresyon analizinin sonuçları [Orijinal]	158
Çizelge 5.3. Ne20-19,21 T/inç kops verilerine uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonuçları [Orijinal]	165
Çizelge 5.4. Ne20-19,21 T/inç bobin verilerine uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonuçları [Orijinal]	171

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Diyarbakır pamuğu için veri grafiği [22]	17
Şekil 2.2. Amerikan pamuğu için veri grafiği [22]	17
Şekil 2.3. Urfa pamuğu için veri grafiği [22]	18
Şekil 2.4. Suriye pamuğu için veri grafiği [22]	18
Şekil 2.5. Ceyhan pamuğu için veri grafiği [22]	19
Şekil 2.6. Adana pamuğu için veri grafiği [22]	20
Şekil 3.1. İş akışı ve makine ayarları [Orijinal].....	23
Şekil 3.2. Temel bileşenlerin özdeğerlerini ve faktör seçimi için belirlenen kırılma noktasını gösteren iki faktörlü dağılım diyagramı [25]	30
Şekil 3.3. Dik ve eğik döndürme [25]	35
Şekil 3.4. Değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren iki faktörlü dağılım diyagramları [27]	37
Şekil 3.5. Basit regresyon modelinin grafik gösterimi [27]	39
Şekil 3.6. Biyolojik nöron/sinir hücresinin şematik yapısı [34]	44
Şekil 3.7. Perseptron modeli [34]	45
Şekil 3.8. XOR problemi [31]	46
Şekil 3.9. Biyolojik nöronun genel yapısı ve işlevleri [31]	59
Şekil 3.10. Sinir sisteminin blok diyagramı [31]	61
Şekil 3.11. Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir hücresi [32]	62
Şekil 3.12. Yapay nöronun genel yapısı [31]	63
Şekil 3.13. Tek girişli nöron modeli [32]	64
Şekil 3.14. Birden fazla girişi olan nöron modeli [32]	64
Şekil 3.15. Tek katmanlı perseptron yapısı [32]	65

Şekil 3.16. AND, OR, NOT problemleri [32]	66
Şekil 3.17. Katman transfer fonksiyonu logaritmik-sigmoid olan bir perseptron katmanı [32]	68
Şekil 3.18. Üç katmanlı bir çok katmanlı perseptron yapay sinir ağı yapısı [32]	68
Şekil 3.19. Geri beslemeli iki katmanlı ağ katman modeli [32]	70
Şekil 3.20. Bağlantı ağırlığındaki değişimlere bağlı olarak hata miktarında meydana gelen değişim [35]	70
Şekil 3.21. Hard-limit transfer fonksiyonu [32]	71
Şekil 3.22. Lineer transfer fonksiyonu [32]	72
Şekil 3.23. Log-sigmoid transfer fonksiyonu [32]	72
Şekil 3.24. Tan-sigmoid transfer fonksiyonu [32]	73
Şekil 3.25. Rampa transfer fonksiyonu [34]	74
Şekil 3.26. Yanıt yüzey çizimi [45]	79
Şekil 3.27. Elverişli bölgenin bulunması [46]	80
Şekil 3.28. Kontur (eş yükselti eğrileri) çizimi [45]	80
Şekil 3.29. İki faktörlü merkezi bileşen deseninin oluşumu [47]	81
Şekil 3.30. CCC deseni [41]	82
Şekil 3.31. CCI deseni [41]	82
Şekil 3.32. CCF deseni [41]	83
Şekil 3.33. Merkezi bileşen deseninin üç çeşidinin karşılaştırılması [47]	83
Şekil 3.34. Üç faktör için Box-Behnken deseni [47]	84
Şekil 4.1. Ne20 – 19,21 T/inç kopsa ait veri grafiği [Orijinal]	91
Şekil 4.2. Ne20 – 19,21 T/inç bobine ait veri grafiği [Orijinal]	92
Şekil 4.3. Temel bileşenlere ait özdeğerleri gösteren iki faktörlü dağılım diyagramı [Orijinal]	93

Şekil 4.4. Bütün lif özellikleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]	122
Şekil 4.5. Birinci varimax bileşen grubunu oluşturan değişkenler giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]	124
Şekil 4.6. İkinci varimax bileşen grubunu oluşturan değişkenler giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]	127
Şekil 4.7. Üçüncü varimax bileşen grubunu oluşturan değişkenler giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]	129
Şekil 4.8. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve olgunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	137
Şekil 4.9. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve uzunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	138
Şekil 4.10. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve lif boyu homojenliğine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	138
Şekil 4.11. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kısa lif indeksine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	138
Şekil 4.12. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma mukavemetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	139
Şekil 4.13. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma uzamasına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	139
Şekil 4.14. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve rutubetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	139
Şekil 4.15. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve parlaklığına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	140

Şekil 4.16. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve sarılığına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	140
Şekil 4.17. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde sayısına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	140
Şekil 4.18. Kopslarda %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde alanına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	141
Şekil 4.19. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve olgunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	141
Şekil 4.20. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve uzunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	142
Şekil 4.21. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve lif boyu homojenliğine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	142
Şekil 4.22. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kısa lif indeksine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	142
Şekil 4.23. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma mukavemetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	143
Şekil 4.24. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma uzamasına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	143
Şekil 4.25. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve rutubetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	143
Şekil 4.26. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve parlaklığına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	144
Şekil 4.27. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve sarılığına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	144

Şekil 4.28. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde sayısına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal].....	144
Şekil 4.29. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde alanına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]	145
Şekil 5.1. Kopslarda birinci elverişli bölgeyi veren kombinasyonların %U<% 11,25 için uygun olan alanları [Orijinal]	178
Şekil 5.2. Ne20-19,21 T/inç kops ipliği için bulunan birinci elverişli bölge [Orijinal]	178
Şekil 5.3. Kopslarda ikinci elverişli bölgeyi veren kombinasyonların %U<% 11,25 için uygun olan alanları [Orijinal]	179
Şekil 5.4. Ne20-19,21 T/inç kops ipliği için bulunan ikinci elverişli bölge [Orijinal]	179
Şekil 5.5. Bobinlerde elverişli bölgeyi veren kombinasyonların %U<% 12,20 için uygun olan alanları [Orijinal]	180
Şekil 5.6. Ne20-19,21 T/inç bobin ipliği için bulunan elverişli bölge [Orijinal]	181
Şekil 5.7. Ne20 numara ve 19,21 T/inç büküme sahip kops ve bobin ipliklerinin Z değeri aracılığıyla ayrımı [Orijinal]	183

1. GİRİŞ

Tekstil üretimindeki ihtiyaçlardan en önemli bir tanesi, hammadde-ürün ilişkisinin çeşitli yorumsal analizler aracılığıyla belirlenmesidir. Bu ilişkiyi belirlemek için yapılan araştırmalarda çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar ile çok ileri düzeylere ulaşıldığı halde, yapılacak daha çok araştırma vardır. Kullanılan yöntemler istatistiksel ve matematikselidir. Yapılan bu çalışmada da regresyon analizi, yapay sinir ağları metodu, temel bileşenler analizi, merkezi bileşen deseni, diskriminant analizi kullanılmıştır.

Uşak'ta pamuk ipliği üzerine faaliyet gösteren bir fabrikadan elde edilen hammadde ve iplik verilerine uygulanan bu yöntemlerin sonuçları yorumlanmış, birbiri ile karşılaştırılıp hangisinin diğerlerine göre daha etkin sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Hammadde ve iplik arasındaki bağlantı kurulduktan sonra, farklı hammadde parametreleri ile elde edilecek olan ipliklerin özelliklerini tahminlemesine geçilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, fabrikalar, üretime başlamadan önce nihai ürünün verilerinin nasıl olabileceğinin farkındalığında olacak ve o hammadde için uygun olan kararları alacaklardır. Bu uygulama, şimdilik, iplik üretimi yapan fabrikaların kalite kontrol alanında bir adım öne gitmelerini sağlayacak etkin bir yöntem olacaktır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasının amacı, eldeki pamuk partisine ait HVI ölçüm sonuçlarını kullanarak, o hammaddeden elde edilecek olan iplikteki parametrelerin hangi değerleri alacağıın belirlenmesidir. Bu sayede, belli bir pamuk partisinden, üretilmesi istenilen ipliğin üretilmesinin, işletme için verimli ve tasarruflu olup olmadığı yada üretilirse hangi özelliklere sahip olacağı ve hedeflenen kullanım amacına yönelik olup olmadığı konusunda karar verilmesi mümkün olacaktır. Bu uygulama doğrultusunda verilen karar, işletmenin rotasını doğru yöne çevirecektir. Bu durumda kalite yükselecek, optimizasyon sağlanacak, yanlış hammadde kullanımı önlenecek ve hem de genel anlamda ülke ekonomisi olumlu yönde etkilenecektir. Diğer yandan, iplik üretimine yararlı olması için yapılacak olan bu çalışmanın oldukça farklı olan bakış açısı, tekstil mühendisliği alanında yeni bir uygulama olduğu için önem taşımaktadır. Böyle bir çalışma, iplik üretimi konusunda çalışmalar yürüten ve araştırma yapan kişiler için aydınlatıcı, yeni fikirler verici ve çağın hızına uygun bilimsel bir çalışma olma niteliği taşımaktadır. Bu sayede, yeni çalışmaların önünü açarak tekstil biliminin ilerlemesine hizmet edecektir.

Bu çalışmada ele alınan lif özellikleri uzunluk, olgunluk, incelik, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi, kopma mukavemeti, kopma uzaması, rutubet, parlaklık, sarılık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanıdır. Bu özellikleri kullanarak elde edilecek olan iplik özellikleri ise, %U biriminden düzgünsüzlük, %CVm biriminden düzgünsüzlük, tüylülük, ince yer, kalın yer, neps, maksimum kopma kuvveti, Rkm biriminden kopma mukavemeti kopma uzaması ve kopma işidir.

Dönüşüm formüllerinin elde edilmesi için istatistiksel ve matematiksel yöntemler kullanılmıştır. Regresyon analizi, yapay sinir ağları metodu, temel bileşenler analizi, merkezi bileşen deseni, diskriminant analizi ile çalışmalar yapılmıştır. Regresyon analizi ile, pamuk lifinin özelliklerinden iplik özelliklerinin değerini hesaplayan dönüşüm formülleri oluşturulmuştur. Her iplik özelliği için bir dönüşüm formülü elde edilmiştir. Yapay sinir ağları metodu kullanılırken, şimdiki çalışmaya uygun olan katman sayısı ve hangi uygulamanın (geri yayımlı, ileri yayımlı, vb.) uygun olduğu, döngü sayısı, öğrenme kuralı gibi metoda özel koşulların kararları verilmiştir. Oluşturulan yapay sinir ağı sistemi, eldeki verilere göre sistemin öğrenme aşamasından geçirilmiştir. Giriş katmanına hammadde verileri girilmiş ve hedef çıktı olarak iplik verileri gösterilmiştir. Temel bileşenler analizi uygulamasında, iplik özelliklerini etkileyen hammadde parametreleri gruplar altında toplanmış ve belli bir bileşen sayısı elde edilmiştir. Bu bileşen gruplarından hangisinin hammadde-lif ilişkisini en yüksek yüzde ile açıkladığı belirlenmiştir. Bu sayede, iplik özellikleri üzerinde etkili hammadde özelliklerinin hangileri olduğu ortaya çıkarılmıştır. Merkezi bileşen deseni metodu uygulanarak hammadde ve iplik verileri arasındaki ilişkiyi açıklayan en iyi tahmin modeli belirlenmiştir. Diskriminant analizi yapılarak aynı ipliğin kops ve bobin formu, başarı ile birbirlerinden ayırd edilebilmiştir. Hammadde ve iplik verileri kullanılarak yapılacak olan bu analizlerin sonuçlarının doğru şekilde yorumlanması ile fabrikalarda gerek proses kontrol gerekse kalite kontrol işlemleri için oldukça yararlı uygulamaların yapılması mümkündür. Şimdilik, iplik üretiminde hammadde özelliklerinin belirlendiği daha ilk aşamadan, nihai olarak elde edilecek ipliğin özelliklerinin bilinmesi imkanına sahip olunacaktır. Bu da, karar verme ve planlama işlemlerinde işletmeler için optimum kararların alınmasına yardımcı olacaktır. Bu çalışma, daha sonra tekstilin diğer işlemlerine uyarlanmaya da müsaittir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yorumsal analizler, birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda, tekstilin çeşitli alanlarında farklı amaçlar için uygulanmıştır. Yapılmış olan bütün bu yorumsal analiz çalışmaları, amaçlarına ulaşmış ve tekstilde bilimsel çalışmaların önünü açmıştır. Duyusal tekstil muayenelerinde kullanılan Kawabata yöntemi, bu çalışmanın esin kaynağı olmuştur. Bu yöntemin liften ipliğe geçiş için uyarlanması, bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Sueo Kawabata 1980 yılında yayınladığı “The Standardization and Analysis of Hand Evaluation (2nd edn)” adlı kitabında çalışmalarını anlatmaktadır. Burada, kumaşların duyusal özelliklerini rakamsal olarak ifade edilmektedir. Duyusal özellikler kelimeler ile ifade edildikten sonra, değerlendirme grupları ile yapılan çalışmalar sonucunda, rakamsal değerlere dönüştürülmüştür. Sonra, kumaşların gerilme, eğilme, kesme, sıkıştırma ve yüzey özellikleri olan mekanik özellikleri ve kalınlık ile ağırlık olan fiziksel özellikleri cihazlar kullanılarak rakamsal olarak belirlenmiştir. En sonda da, deney gruplarının sonuçları ile, cihazlardan elde edilen sonuçlar arasında dönüşüm formülleri elde edilmiştir. Böylece, kumaşların mekanik ve fiziksel özelliklerinden yola çıkılarak kumaşın duyusal özellikleri belirlenebilmektedir. Bu dönüşüm formülleri, istatistiksel bir yöntem olan regresyon analizi ile sağlanmıştır. Kumaşların temel mekanik özelliklerinden, önce temel tutum değerlerine ulaşılmıştır. Temel tutum değerleri (PHV), koshi (sıkılık), numeri (pürüzsüzlük), fukurami (dolgunluk ve yumuşaklık), shari (hışır), hari (dökümllüğe karşı duruş), kishimi (hışırtılı tutum hissi), shinayakasa (yumuşak hisle birlikte esneklik) ve sofutosa (yumuşak) dır. Daha sonra da, toplam tutum değerine (THV) ulaşılmıştır, ancak doğrudan toplam tutum değerine de ulaşmak mümkün olmuştur. Ayrıca, kumaşların mekanik ve fiziksel özelliklerinin bulunduğu veri grafikleri oluşturularak, bu özelliklerin bir arada yorumlanması sağlanmıştır. Bütün bunların yanı sıra, Kawabata çalışmasında, diskriminant analizi yöntemini kullanarak farklı kumaşların birbirinden ayırt edilmesini sağlayacak değerleri hesaplayan diskriminant fonksiyonlarını saptamış ve pamuk, yn, keten, ipek gibi çeşitli kumaş türlerinin birbirinden ayırt edilmesini sağlamıştır [1].

Yüksek kalitedeki giysi üretimindeki temel faktörlerin üzerinde durulduğu başka çalışmalar vardır [2]. Burada, kullanılan faktörlerin giysiler için iyi kumaşların seçimi, giysi üretim işleminin kontrolü ve dişiş makineleri gibi üretim makinelerin performansı ve doğru ayarlanması olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar öncelikle bu üç faktörün ilk ikisi

üzerinde yaptıkları araştırmalar hakkında bilgi vermişlerdir. Yüksek kalitedeki giysilerin konforlu ve güzel bir görünüme sahip olması gerektiği, konforun ise kumaş kalitesine bağlı olduğu belirtilmişlerdir. Kaliteli kumaşların toplam tutum değerinin yüksek olması gerektiği konusuna değinmişler ve tutum konusunda daha önce yaptıkları çalışmalarının bir özeti sunmuşlardır. Ardından “Toplam Görünüm Değeri (TAV)” terimini ortaya atmışlar ve ideal bir kumaş için gerekli koşullardan bahsetmişlerdir. Ayrıca, dikim hattının mekanik kumaş özelliklerine dayanarak kontrol edilmesi için geliştirdikleri “Dikim Kontrol Diyagramı”nın işlevini anlatmışlardır. Dikiş büzülmesi problemi üzerine yapmış oldukları araştırmalarını tanıttıktan sonra iplik gerilimi, kumaşın mekanik özellikleri ve ipliğin mekanik özellikleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir denklem geliştirmişlerdir. Dikiş büzülmesi probleminin makine-materyal etkileşim problemi olduğunu, dikiş ipliğinin ve kumaşın mekanik özelliklerinin bu problemle yakından ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Tek kullanımlık petler için kullanılan üst yüzey materyallerinin mekanik ve yüzey özelliklerine dayalı olarak objektif tutum değerlendirmesi inceleme konularından bir başkasıdır [3]. Bu çalışmada, dokusuz yüzey olan üst yüzeylerin mekanik ve yüzey özellikleri, dokusuzlar için uygun koşullar altında KES-FB sistemi ile ölçülmektedir. Üst yüzeylerin temel tutum değerleri için erkek takım elbiselerindeki ile aynı denklemler, KN101W dizisi [1], çok küçük değişikliklerle elde edilmiş ve objektif temel tutum değerleri tespit edilmiştir. Tespit edilen üç temel tutum değerinden, dokusuz üst yüzeylerin THV değerleri elde edilmiştir. Daha sonra ticari amaçla üretilen tek kullanımlık petlerden sökülen dokusuz üst yüzeylerin tutumu bayan öğrenciler tarafından değerlendirilmiştir. Dokusuz üst yüzeylerin subjektif ve objektif tutum faktörleri arasında yüksek korelasyonlar olduğu görülmüştür. Ayrıca, petin tutumu ile petin dokusuz üst yüzeyinin mekanik özellikleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Dokusuz üst yüzeylere ait Numeri (pürüzsüzlük) temel tutum değerinin, petlerin tutumu için yararlı bir tahminleyici olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapay sinir ağları yöntemi ve iki metodun karşılaştırılması uygulanarak örme kumaşlarda toplam tutum değerinin objektif değerlendirmesi üzerine yapılan bir çalışmada [4], örme kumaşta toplam tutum hissini objektif değerlendirmesi için çeşitli atkılı örme ve özgümlü örme kumaşlar üretilmiştir. Uygulanan yapay sinir ağının, optimum yapısı, katman değişimi ve nöron sayısı araştırılmıştır. Araştırmaya en uygun yapay sinir ağı yapısı belirlenmiştir. Yapay sinir ağına yedi mekanik özellik girdi olarak verilmiş, ara katman sayısı iki olarak seçilmiş ve hedef çıktı olarak subjektif tutum değerleri kullanılmıştır. İki meto-

dun karşılaştırılması için subjektif bir test gerçekleştirilmiştir. Burada amaç, KES-FB sisteminin verdiği toplam tutum değeri ile yapay sinir ağının verdiği toplam tutum değerini karşılaştırmaktır. İki teknik, rastgele seçilen örme kumaşlar kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda, geri yayılma metoduyla çalışan sinir ağları tekniğinin subjektif test metoduyla KES-FB sistemine göre daha iyi uyuma sahip olduğu görülmüştür.

Adım adım (stepwise) regresyon ve yapay sinir ağları metodunu kullanılan [5] bir çalışmada, KES-FB cihazı ile ölçülen kumaşların temel mekanik özelliklerinden toplam tutum değerine ulaşmaya çalışılmıştır. Ancak Kawabata'nın çalışmasındaki gibi onaltı mekanik özelliğin hepsi hesaba katılmamıştır. Adım adım regresyon analizi ile bu onaltı temel mekanik özellik içinden dört tane önemli olanı seçilmiş ve regresyon denklemleri bu dört özelliği içerecek şekilde kurulmuştur. Hesaplanan tutum değerlerinin subjektif tutum değerleri ile çok iyi uyum ($R^2=0,92$) gösterdiği ortaya çıkmıştır. Aynı amaç için yapay sinir ağları da kullanılmıştır. Yapay sinir ağının giriş katmanına dört nöron yerleştirilmiş ve bu nöronlara önceden adım adım regresyon analizi ile belirlenen dört önemli temel mekanik özelliğin değerleri girdi olarak verilmiştir. Hedef çıktı olarak toplam tutum değeri belirlenmiştir. Yapay sinir ağları ile yapılan çalışmada objektif ve subjektif tutum değerleri arasında çok iyi bir uyum ($R^2=0,95$) olduğu gözlenmiştir. Aynı çalışmalar onaltı parametre ile de yapılmış ve dört parametre kullanılarak yapılanlarla karşılaştırılmıştır. Onaltı parametre kullanılan adım adım regresyon denkleminin değerlendirme kabiliyetinin, dört parametre kullanılarak oluşturulan adım adım regresyon denkleminde biraz daha iyi olduğu görülmüştür. Dört parametre kullanan yapay sinir ağları metodu ile onaltı parametre kullanan arasındaki R^2 değerlerinin istatistiksel anlamlı bir fark göstermediği anlaşılmıştır.

Kumaş özelliklerine dayalı olan duyuşal tutumun tahmin edilmesi için geri yayımlı bir yapay sinir ağı kullanılan bu çalışmada [6] alışılmamış bir yaklaşım yapılmaya çalışılmıştır. Burada amaçları, kumaşı üretenlerin kendi kumaşlarını müşteri beklentilerine yakınlaştırmak için değerlendirme imkanı sağlamaktır. Yapılan üç deneyin ilkinde, deneyde önemli kumaş özelliklerinin seçimi gerçekleştirilmiştir. Buradaki tutum özellikleri Kawabata tarafından belirlenen tutum özelliklerinden farklıdır. Araştırmacı, on dört duyuşal kumaş tutum özellik çifti ile çalışmıştır. Kumaşların mekanik özellikleri ise, hem KES-FB hem de FAST sistemi ile ölçülmüştür. Toplamda oniki mekanik özelliğin, sözkonusu on dört duyuşal kumaş tutum özellik çifti ile korelasyonunun istatistiksel önemli olduğu sonucuna varılmıştır. İkinci deneyde, duruma uygun bir yapay sinir ağı önerilmiştir. Öneri-

len ağ, bir girdi katmanı, iki ara katman ve bir çıkış katmanını içermektedir. Kumaş numunelerinden çıkarılan oniki fiziksel özellik giriş katmanındaki oniki nörona girdi olarak beslenmektedir. Normalleştirilmiş on dört kumaş tutum çifti değerleri çıkış katmanında on dört nöron tarafından üretilmektedir. Her katmanda logaritmik sigmoid aktivasyon denklemi kullanılmaktadır. Bu fonksiyonun aralığı $[0,1]$ olduğu için çıktı da $[0,1]$ şeklinde normalleştirilmiştir. Üçüncü deneyde ise, kurulan bu yapay sinir ağı doğrulanmaya çalışılmış ve önerilen sinir ağı tarafından tahmin edilen duyuşal tutum değerlendirmelerinin insanlar tarafından değerlendirilenler ile yakın uyum gösterdiği belirtilmiştir.

Kumaşlarının THV fonksiyonunun optimizasyonu [7] da araştırılmıştır. Kumaşta yüksek kalite için müşterilerin talebinin bir ölçüsü olan THV değerinin maksimize edilmesi gerektiğini belirten araştırmacılar, matematiksel yöntemler kullanarak farklı bir yaklaşım yapmaya çalışmışlardır. THV fonksiyonunun minimum veya maksimum sınır değerlerini bulmak için çeşitli metotlar uygulamışlar ve özel durumlar için sınır değerlerin elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermişlerdir. Temel tutum değerleri ile toplam tutum değeri arasındaki ilişkiyi görselleştiren yanıt yüzeyleri elde etmişlerdir. THV değerini optimize etmeye çalışan bu uygulama, hem tekstil kumaşlarının tasarımı hem de üretilmesi için önemlidir.

Diğer bir çalışmada, %100 yün ve yün karışım kumaşlar ile pamuklu kot kumaşların KES-F cihazında ölçülen düşük gerilim altındaki uzama, sıkıştırma, eğilme, kesme ve yüzey özellikleri olan mekanik özellikleri bakımından analiz edilmesi için istatistiksel bir yöntem olan çok değişkenli faktör analizi kullanılmıştır. Çok değişkenli faktör analizi, karmaşık ve çok boyutlu veri dizisinin ilişkilerinin analiz edilmesi için kullanılan bir tekniktir. Hem %100 yün ve yün karışımı kumaşlarda hem de pamuklu kot kumaşlarda uygulanan temel bileşenler analizinde, değişkenlerin ilk birkaç bileşende yoğunlaştığı görülmüştür. Böyle olduğunda veri yorumlanması nispeten zorlaşmaktadır. Veri yorumlanmasını kolaylaştırmak için, temel bileşenler analizinin varimax döndürme metodu kullanılmıştır. Varimax metodunun temel bileşenler analizinde dikey döndürmede çok yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Bu çalışmada yararlanılan teknik, %100 yün ve yün karışımı kumaşların veri dizisini yedi bileşene indirmiş ve popülasyon varyansının %86'sını açıklamıştır. Pamuklu kot kumaşlar için ise, veri dizisi beş bileşene indirilmiştir ve popülasyon varyansının %95'i açıklanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, iki çok farklı kumaş grubu için kumaşın me-

kanik ve yüzey özelliklerinin istatistiksel analiz teknikleri ile nasıl tedarik zincirinde kumaş kalitesinin kontrolü ve belirlenmesinde temel oluşturacağını göstermektedir [8].

Başka araştırmacılar, temel laboratuvar ölçümlerini kullanarak toplam tutum değerinin tahminlenmesine pratik bir yaklaşım yapmışlardır [9]. Toplam tutum değerini minimum sayıda parametre ile tahminleyecek uygun bir regresyon modeli seçmişlerdir. Öncelikle, seçilen jüri üyelerinin, kumaş numunelerinin hem temel tutum değerlerini hem de toplam tutum değerlerini (THV_{SUBJ}) subjektif olarak değerlendirmeleri sağlamışlardır. Daha sonra jüri üyelerinin karar verdikleri temel tutum değerlerinden toplam tutum değerini hesaplayan bir regresyon modeli oluşturmuşlardır. Bu modelin hesapladığı toplam tutum değerine ise THV_{SC} adını vermişlerdir. THV_{SUBJ} ve THV_{SC} arasındaki korelasyon katsayısına ($r=-0,62$) bakmışlar ve bu değer $\alpha=0,01$ seviyesinde istatistiksel önemli olduğunu görmüşlerdir. Daha sonra kumaş numunelerinin temel mekanik özelliklerini çeşitli laboratuvar ölçüm cihazları ile ölçmüşlerdir. Ölçüm sonuçları ile subjektif olarak değerlendirilen temel tutum değerleri, THV_{SUBJ} ve THV_{SC} arasındaki korelasyonları incelemişlerdir. Ölçülen bu mekanik özellik değerlerinden toplam tutum değerini (THV_{OBJ}) veren regresyon modellerini geliştirmişlerdir. Öncelikle THV_{SUBJ} değeri bağımlı değişken olarak alınarak regresyon analizi uygulamışlar, daha sonra THV_{SC} değerini bağımlı değişken olarak alıp regresyon analizi yapmışlardır. THV_{SC} değeri bağımlı değişken olarak alındığında düzeltilmiş R^2 değerlerinin daha yüksek olması sebebiyle çalışmalarına THV_{SC} değerini kullanarak devam etmişlerdir. Çalışmanın devamında bazı mekanik özelliklerin logaritmik değerlerinin dahil edildiği yeni bir regresyon modeli oluşturmuşlardır. Araştırmacıların bu regresyon modeli ile elde ettikleri düzeltilmiş R^2 değerleri daha da yüksek çıkmış ve sekiz parametre kullanarak düzeltilmiş $R^2=0,88$ değerine ulaşmışlardır. Son olarak, yapılan bütün analizlerden denklemlere önemli derecede katkıda bulunduğu düşünülen parametrelerle yeni bir regresyon analizi uygulamışlardır ve sadece iki parametre ile düzeltilmiş $R^2=0,813$ değerine ulaşmayı başarmışlardır. Araştırmacıların elde ettiği bu sonuç, kumaş kalınlığı ve eğilme rijitliği parametrelerinin kumaş tutumu ile çok yakından ilgili olduğu görüşündeki başka araştırmacıların [1] fikirlerini desteklemiştir. Ardından çeşitli modellerden elde edilen THV_{OBJ} değerleri ile daha önce hesaplanan THV_{SC} değerleri arasındaki korelasyon katsayılarını incelemişler ve karşılaştırma sonuçları oldukça yüksek çıkmıştır. Araştırmacılar, araştırma sonuçlarının genel olarak incelendiğinde, test metodlarının basit oluşu ve deneyler için harcanan zamanın az oluşunu da göz önüne alarak, toplam tutum değerinin

tahminlenmesi için iki veya üç parametreden oluşan regresyon denklemlerinin yararlı ve pratik olduğu sonucuna varmışlardır.

Yukarıda bahsedilen çalışmalar, kumaşlarda, Kawabata'nın çalışmaları esas alınarak yapılmıştır. Bunlardan apayrı bir bakış açısı olarak, lif özelliklerinden iplik özelliklerini tahminleme çalışmaları da yapılmış ve halen de yapılmaktadır. İplik özelliklerini lif özelliklerinden tahminlemeye yönelik çalışmalardan birkaçına aşağıda değinilmiştir. Böylece, bu tez çalışmasının amacı olan, kumaşlarda uygulanan metodun liften ipliğe geçiş için tahminlemelerin yapılması konuları arasındaki bağlantı sağlanmış olacaktır.

Yapılan bir araştırmada, HVI ve AFIS ölçüm cihazları ile ölçülen lif özellikleri ile ring pamuk iplik özellikleri arasındaki interaksiyonlar incelenmiştir. İplik özelliklerinin, iplik numarası ve bükümünden yüksek oranda etkilendiği göz önüne alınmış ve bu özellikler sabit tutularak kısmi korelasyon analizi yapılmıştır. Daha sonra eğri tahminlemesi analizleri ile iplik özellikleri ile lif özellikleri arasındaki ilişki biçimi incelenmiştir. HVI lif özelliklerinden incelik, kopma mukavemeti, kopma uzaması, üst yarı ortalama uzunluk (UHML), ortalama uzunluk (ML), lif boyu homojenliği, parlaklık, sarılık ve lif eğirilebilirlik indeksi (SCI) özellikleri ele alınmıştır. AFIS lif özelliklerinden ağırlık ağırlıklı uzunluk (L(w)), sayı ağırlıklı uzunluk (L(n)), ağırlık ağırlıklı kısa lif miktarı (SFC(w)), sayı ağırlıklı kısa lif miktarı (SFC(n)), ağırlık ağırlıklı üst çeyrek uzunluk (UQL(w)), sayı ağırlıklı üst çeyrek uzunluk (UQL(n)), %2,5 span uzunluğu, lif çapı, toz miktarı, döküntü miktarı, toplam yabancı madde miktarı, görünür yabancı madde miktarı (VFM (%)) ve neps miktarı özellikleri ele alınmıştır. İplik özellikleri olarak kopma mukavemeti, kopma uzaması, tüylülük ve düzgünsüzlük özellikleri ele alınmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen korelasyon değerleri, kopma uzaması dışındaki diğer iplik özellikleri ile lif özellikleri arasındaki ilişkinin doğrusallığının 0,001 seviyesinde önemli olduğunu göstermiştir. Bazı lif özelliklerinin kübik, kuadratik veya ters dönüşümlü ilişkilerinin daha kuvvetli olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun iplik özelliklerinin tahminlemesinin yapılacağı çalışmalarda dikkate alınması gerektiği de ifade edilmiştir [10,11].

Diğer bir çalışmada, HVI sisteminden elde edilen lif ölçüm sonuçları, iplik numarası (Ne), iplik bükümü ve fitil parametreleri kullanılarak iplik kopma mukavemeti, düzgünsüzlüğü, kopma uzaması ve tüylülüğü tahminlenmeye çalışılmıştır. İplik fabrikalarından elde edilen onbeş farklı pamuk harmanı ve bunlardan elde edilen Ne20, Ne25, Ne30 ve Ne35 numara, $\alpha_e=3,8$, $\alpha_e=4,2$ ve $\alpha_e=4,6$ büküm katsayısına sahip yüzseksen çeşit iplikler

üretmişlerdir. Ölçümler sırasında, her iplik çeşidi için on adet kops kullanılmıştır. HVI ölçümü sırasında materyal olarak makine parkında yer alan sonuncu cer makinesinden elde edilen şeritler kullanılmıştır. İplik kopma mukavemeti özellikleri Uster Tensorapid; iplik düzünsüzlüğü, iplik tüylülüğü ve fitil parametrelerinin ölçümü ise Uster Tester 3 ölçüm cihazında gerçekleştirilmiştir. Ön çalışma olarak, her iplik özelliği ile bütün tahminleyici değişkenler arasındaki ilişkiler tek tek incelenmiştir ve tüm ilişkilerin hemen hemen doğrusal olduğu kararlaştırılmıştır. Bu nedenle çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanmasına karar verilmiştir. Elde edilen tahminleme modelleri oldukça yüksek R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerlerine sahiptir ve iplik parametrelerinin tahminlenmesinde oldukça başarılı oldukları anlaşılmıştır. Bu çalışmada başarılı sonuçlar elde edilmiş olması, lif özellikleri ve iplik özellikleri arasındaki ilişkinin hemen hemen doğrusal olduğunu göstermektedir. Yazarlar, doğrusal olmayan etkilerin ve bağımsız değişkenler arasındaki otokorelasyon problemlerinin iplik özellikleri üzerindeki etkilerinin elimine edilebilmesi için daha ileri araştırmaların yapılabileceğini belirtmişlerdir [12].

Yukarıdakine benzer bir çalışma, HVI lif ölçüm sonuçları yerine AFIS lif ölçüm sonuçları kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada materyal, metot ve iplik üretim koşulları HVI lif özelliklerinin ele alındığı yukarıdaki benzer çalışma ile aynıdır. Lif özellikleri, iplik numarası (tex), iplik bükümü ve fitil parametreleri tahminleyici değişkenler olarak ele alınmıştır. Ancak bu çalışmadaki lif parametreleri AFIS ölçüm cihazı ile elde edilen lif parametreleridir. İplik kopma mukavemeti özellikleri Uster Tensorapid; iplik düzünsüzlüğü, iplik tüylülüğü ve fitil parametrelerinin ölçümü ise Uster Tester 3 ölçüm cihazında gerçekleştirilmiştir. Ön çalışma olarak, her iplik özelliği ile bütün tahminleyici değişkenler arasındaki ilişkiler, eğri tahminlemesi ve korelasyon analizi aracılığıyla, tek tek incelenmiştir ve tüm ilişkilerin hemen hemen doğrusal olduğu kararlaştırılmıştır. Bu nedenle çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanmasına karar verilmiştir. Regresyon analizine geçilmeden önce, her değişken arasındaki doğrusallık test edilmiştir. Ağırlık ağırlıklı ortalama uzunluk ve sayı ağırlıklı ortalama uzunluk değişkenleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu bulunmuştur. Ayrıca bütün uzunluk değişkenlerinin iplik özellikleri ile iyi korelasyona sahip oldukları görülmüştür. Ancak lif uzunluk özellikleri arasındaki otokorelasyonun, regresyon denklemlerindeki istatistiksel önemli değişkenlerde mantıksız işaretlere sebep olacağı, bu değişkenleri içeren regresyon denklemlerinin tutarlı olmayacağı ve bu değişkenlerin kullanımının hatalı sonuçlar verebileceği düşünülerek, sayı ağırlıklı

ortalama uzunluk, sayı ağırlıklı üst çeyrek uzunluk ve sayı ağırlıklı kısa lif miktarı (%) özellikleri çalışma dışında bırakılmıştır. Benzer şekilde, görünür yabancı madde miktarı (%) özelliği, yabancı madde miktarı özelliği ile yüksek korelasyonlu olması sebebiyle çalışma dışında bırakılmıştır. Elde edilen tahminleme modellerinin R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri yüksek, standart hata değerleri düşüktür. Dolayısıyla elde edilen regresyon modellerinin iplik parametrelerinin tahminlenmesinde oldukça başarılı oldukları anlaşılmıştır. İplik kopma uzaması özelliği için elde edilen R^2 değeri diğer iplik özelliklerine göre düşük çıkmıştır. Bu durumun, liflerdeki kopma mukavemeti ve kopma uzaması özelliklerinin AFIS ölçüm cihazı ile ölçülememesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Elde edilen regresyon denklemlerinin uygunluğunun test edilmesi amacıyla ANOVA testi uygulanmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bütün modellerin tahminleme gücünün çok yüksek olduğu ve $\alpha=0,01$ için istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışma, AFIS ölçüm cihazı ile elde edilen lif özelliklerinin iplik özelliklerinin tahminlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabilceğini ortaya koymuştur [13].

Başka bir araştırmada, HVI ölçüm cihazından elde edilen lif özellikleri (incelik, kopma mukavemeti, uzunluk (UHML), lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi, kopma uzaması, parlaklık ve sarılık), iplik numarası (Ne), iplik bükümü (T/inç) ve fitil özelliklerinden (numara(Ne), %U biriminden düzgünsüzlük, %CVm biriminden düzgünsüzlük, 1 metredeki %CVm biriminden düzgünsüzlük) ipliğin kopma mukavemeti ve kopma uzaması özellikleri hem yapay sinir ağları hem regresyon analizi yöntemi ile tahminlenmeye çalışılmış ve iki yöntemin karşılaştırması yapılmıştır. Onbeş farklı pamuk harmanı ve bunlardan elde edilen Ne20, Ne25, Ne30, Ne35 olmak üzere dört çeşit numara ve $\alpha_c=3,8$, $\alpha_c=4,2$, $\alpha_c=4,6$ olmak üzere üç çeşit büküm katsayısına sahip toplam yüzseksen çeşit iplik kullanılmıştır. Her iplik çeşidi için uygun olan çekim oranları ring eğirme makinesinde ayarlanmıştır. Diğer eğirme parametreleri sabit tutulmuştur. Her iplik çeşidinden on adet kops üretilmiştir. İplik numarası, iplik bükümü ve mukavemet özelliklerinin ölçümü sırasında her iplik çeşidi için elli test gerçekleştirilmiştir. İpliklerin mukavemet özellikleri Uster Tensorapid ölçüm cihazında, fitil özellikleri Uster Tester 3 ölçüm cihazında gerçekleştirilmiştir. Hem regresyon hem yapay sinir ağları analizinde tahminleyici değişken olarak aynı özellikler seçilmiştir. Bu özellikler, lif inceliği, lif kopma mukavemeti, lif uzunluğu (UHML), lif boyu homojenliği, lif kopma uzaması, iplik numarası, iplik bükümü, fitil numarası ve %CVm biriminden fitil düzgünsüzlüğüdür. Yapay sinir ağları uygulamasında, iki ara katmana sahip

ileri beslemeli geri yayılımlı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Ağın dokuz girişi bir çıkışı bulunmaktadır. Yapılan denemeler sonucunda maksimum korelasyon katsayısı ve minimum ortalama mutlak hatayı veren nöron sayıları belirlenmiştir. Buna göre, iplik kopma mukavemetinin tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağının her iki ara katmanındaki nöron sayıları yedi, iplik kopma uzamasının tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağının her iki ara katmanındaki nöron sayıları dokuz olarak seçilmiştir. [14].

Yukarıdakine benzer bir çalışma, ipliğin tüylülük ve düzgünlük özelliklerinin tahminlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada materyal, metot ve iplik üretim koşulları iplik mukavemet özelliklerinin tahminlendiği çalışma ile benzerdir, ancak çalışılan parametreler kısmen farklıdır. Hem regresyon hem yapay sinir ağı analizinde tahminleyici değişken olarak önceki çalışma ile aynı özellikler seçilmiştir. Bu özellikler, iplik bükümü (T/inç), lif kopma mukavemeti, %CV_m biriminden fitil düzgünlüğü, lif kopma uzaması, lif uzunluğu (UHML), kuadratik lif inceliği, iplik numarası (Ne), sarılık ve lif boyu homojenliğidir. Yapay sinir ağı uygulamasında, iki ara katmana sahip ileri beslemeli geri yayılımlı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Ağın dokuz girişi bir çıkışı bulunmaktadır. Yapılan denemeler sonucunda maksimum korelasyon katsayısı ve minimum ortalama mutlak hatayı veren nöron sayıları belirlenmiştir. Buna göre, iplik tüylülüğünün tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağının her iki ara katmanındaki nöron sayıları yedi, iplik düzgünlüğünün tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağının her iki ara katmanındaki nöron sayıları altı olarak seçilmiştir. [15].

Bazı araştırmacılar, lif özelliklerinden (%2,5 span uzunluk, lif boyu homojenliği, lif inceliği, demet lif mukavemeti, yabancı madde miktarı) iplik özelliklerini (kopma mukavemeti, iplik numarası ve kopma mukavemeti çarpım sonucu (CSP), iplik numarasının değişim katsayısı (%CV_N), kopma mukavemetinin değişim katsayısı (%CV_{KM}), iplik düzgünlüğü (%CV_m), noktasal hatalar (adet/km)) yapay sinir ağı ile tahminlemeye çalışmışlar ve daha sonra ağın tahminleme performansını arttırmak amacıyla girdi sayısının azaltılması ve temel bileşenler analizi yöntemi uygulamışlardır. Elde edilen sonuçları hem ring hem rotor iplikleri için karşılaştırmışlar ve en iyi performansın hangi durumda elde edildiğini belirtmişlerdir. İplik işletmesinde dört ay boyunca işlenmiş olan yirmi pamuk harmanına ait HVI ölçüm sonuçları ve bu harmanlardan elde edilen ring pamuk ipliklerinin kopma mukavemeti, kopma mukavemeti çarpım sonucu, iplik numarasının değişim katsayısı (%CV_N), kopma mukavemetinin değişim katsayısı (%CV_{KM}), iplik düzgünlüğü, nokta-

sal hatalar özellikleri için elde edilen ölçüm sonuçları ile çalışılmıştır. Uygulama için altı giriş ve altı çıkışa sahip ileri beslemeli bir yapay sinir ağı yapısı oluşturulmuştur. Girdilerin beş tanesi lif özellikleri, kalan bir tanesi ise iplik numarasıdır. İpliğin kopma mukavemeti, kopma mukavemeti çarpım sonucu, iplik numarasının değişim katsayısı ($\%CV_N$), kopma mukavemetinin değişim katsayısı ($\%CV_{KM}$), iplik düzgünsüzlüğü, noktasal hatalar özellikleri ise ağın çıktılarıdır. Toplamda yirmi adet olan veri setinin ondört adedi eğitim için rastgele seçilmiştir. Kalan altı veri seti ise test aşamasında kullanılmıştır. Girdiler -1 ile +1 aralığında normalleştirilmiştir. Ağın bütün birimlerinde hiperbolik tanjant transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Eğitim sırasında geri yayılım algoritması uygulanmıştır. Oluşturulan bu yapay sinir ağının eğitimi onbin döngü sonunda tamamlanmıştır. İkinci uygulama olarak, girdi sayısı azaltılarak ağdaki karmaşıklığın giderilmesi ve dolayısıyla ağ performansının geliştirilmesine çalışılmıştır. Bunun için, girdi değişkenleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. %2,5 span uzunluk ve yabancı madde miktarı özelliklerinin diğer bütün girdi değişkenleri ile korelasyonunun 0,8'in üzerinde olduğu görülmüştür. HVI ölçüm cihazının yabancı madde miktarı özelliğini, lif tutamının yüzeyini optik olarak tarayarak ölçtüğü ve bunun dolaylı bir yöntem olduğu gerekçesiyle, %2,5 span uzunluk özelliği girdi olarak seçilmiştir. Bu durumda, %2,5 span uzunluk ve iplik numarası olmak üzere iki girişli ve altı çıkışlı bir yapay sinir ağı ile çalışılmıştır. Bunun yanısıra, yapay sinir ağının performansının temel bileşenler analizi ile geliştirilmesine çalışılmıştır. Yazarlar, aynı çalışmayı rotor iplikleri için de uygulamışlardır. Rotor ipliklerinde yüzünbir adet veri setiyle çalışılmıştır. Bunların yetmişsekiz adedi eğitimde kullanılmak üzere rastgele seçilmiştir. Kalan otuzüç adedi ise test aşamasında kullanılmıştır. Burada da ring ipliklerle yapılan çalışmada olduğu gibi, yapay sinir ağının performansının temel bileşenler analizi ile geliştirilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla, önce ortogonal verilerle, daha sonra ortogonal ve azaltılmış verilerle yapay sinir ağı uygulamaları yapılmıştır. Ancak yapay sinir ağı, rotor ipliklerine ait bu verilerle yeterince eğitilememiştir. Çünkü eğitim sırasında elde edilen hata karelerinin ortalaması (MSE) değerleri çok yüksek (%25 ortalama hata) çıkmıştır. Bu durumun, girdi değişkenleri arasındaki korelasyon katsayılarının düşük olmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ring ipliklerde tüm korelasyon katsayıları 0,8'in üzerindeyken; rotor ipliklerde, bir tanesi hariç, tüm korelasyon katsayıları 0,5 ve altında çıkmıştır. Sonuç olarak, korelasyon katsayı değerlerine bakılarak girdi sayısının azaltılmasının, ağın karmaşıklığını azaltması sebebiyle, daha iyi bir ağ performansı sağlayabileceği anlaşılmıştır. Temel

bileşenler analizi yardımıyla girdilerin ortogonalleştirilmesi sonucu, ağ performansında bir geliştirme yapılmıştır. Girdi değişkenleri arasındaki korelasyonlar yüksek olduğunda, önemliliği az olan ortogonal bileşenlerin çıkarılmasının ağ performansında daha ileri bir gelişme sağlayacağı ifade edilmiştir [16].

Başka araştırmacılar, HVI ölçüm cihazı ile ölçülen lif özelliklerinden ipliğin kopma mukavemeti özelliğini yapay sinir ağları aracılığıyla tahminlemeye çalışmışlardır. Araştırmada kullanılan pamukların yetiştirildikleri bölgeler, Amerika'daki pamuk bölgelerini mümkün olduğu kadar çok kapsayacak şekilde toplam yüzaltmışdokuz adet pamuk balyasından numuneler almışlardır. Numunelerin ölçümleri HVI ölçüm cihazında gerçekleştirilmiştir. Ölçülen lif özellikleri, üst yarı ortalama uzunluk (UHML), lif boyu homojenliği (UI), kısa lif miktarı (SFC), kopma mukavemeti (STR), incelik (Fin), olgunluk (Mat), parlaklık (Rd) ve sarılık (+b) özellikleridir. İncelik ve olgunluk özellikleri Shirley IIC ölçüm cihazı ile de ölçülmüştür. Ancak, incelik özelliği bu araştırmada kullanılmamıştır. Verilerden seksendört adedi eğitim, seksenbeş adedi test sırasında kullanılmıştır. Bütün liflerden Ne22 ring pamuk iplikler elde edilmiştir. Yapay sinir ağına yukarıda bahsedilen lif özellikleri girdi olarak verilmiş, kopma mukavemeti ile iplik numarasının çarpım sonucu (CSP) hedef çıktı olarak alınmıştır [17].

Diğer bir çalışmada, lif inceliği (micronaire index), lif uzunluğu (UHML), lif boyu homojenliği (uniformity index), kısa lif indeksi, iplik bükümü (T/m) ve iplik numarası özelliklerinden ring pamuk ipliğinin tüylülüğü yapay sinir ağları metodu ve doğrusal regresyon analizi yardımıyla tahminlenmeye çalışılmıştır. Materyal olarak yüzaltı adet pamuk harmanı ve bunlardan üretilmiş olan iplikler kullanılmıştır. 47-99 tex aralığında dört çeşit ring pamuk ipliği ile çalışılmıştır. Verilerin yetmişyedi adedi eğitim, yirmidokuz adedi test aşaması için ayrılmıştır. Lif özellikleri HVI sistemi ile, ipliğin tüylülük özelliği Uster Tester 3 ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Yapay sinir ağları metodunda, altı nörona sahip bir giriş katmanı, üç nörona sahip bir ara katman ve bir nörona sahip bir çıkış katmanından oluşan ileri beslemeli geri yayımlı bir yapay sinir ağı yapısı kullanılmıştır. Veriler -1 ile +1 arasında ölçeklendirilmiştir. Ara katmandaki nöronlar hiperbolik tanjant, çıkış katmanındaki nöron ise lineer transfer fonksiyonu kullanmaktadır. Ağ, Levenberg-Marquardt algoritması ile eğitilmiştir. Yazarlar, bu çalışmanın hammadde seçimi ve harman oluşturulmasında, en iyi iplik kalitesini sağlayan karışımın belirlenmesinde yararlı olacağını ifade etmişlerdir [18].

Başka araştırmacılar, iplik numarası (Ne) ve HVI ölçüm cihazı ile ölçülen lif özelliklerinden (demet halinde lif kopma mukavemeti, kopma uzaması, üst yarı ortalama uzunluk (UHML), lif boyu homojenliği, incelik, parlaklık ve sarılık) ring ve rotor ipliklerinin kopma mukavemeti özelliğini yapay sinir ağı aracılığıyla tahminlemeye çalışmışlardır. Yazarlar, iplik kopma mukavemeti üzerindeki en etkili parametrelerin belirlenmesi amacıyla ayrı bir çalışma daha yapmışlardır. Her seferinde toplamda sekiz adet tahminleme parametresinden bir tanesi modelden çıkarılarak yedişer girdi ile denemeler yapılmış ve her deneme için hata karelerinin ortalaması (MSE) değeri elde edilmiştir. Pamuk lif özellikleri, hem ring hem rotor iplikleri için, hata karelerinin ortalamasındaki (MSE) değişim yüzdelere göre sıralanmıştır. Yazarlar, yapay sinir ağları metodunun ipliğin kopma mukavemeti özelliğinin HVI ölçüm cihazı ile ölçülen pamuk lif özelliklerinden tahminlenmesi için etkin bir araç olduğunu ifade etmişlerdir [19].

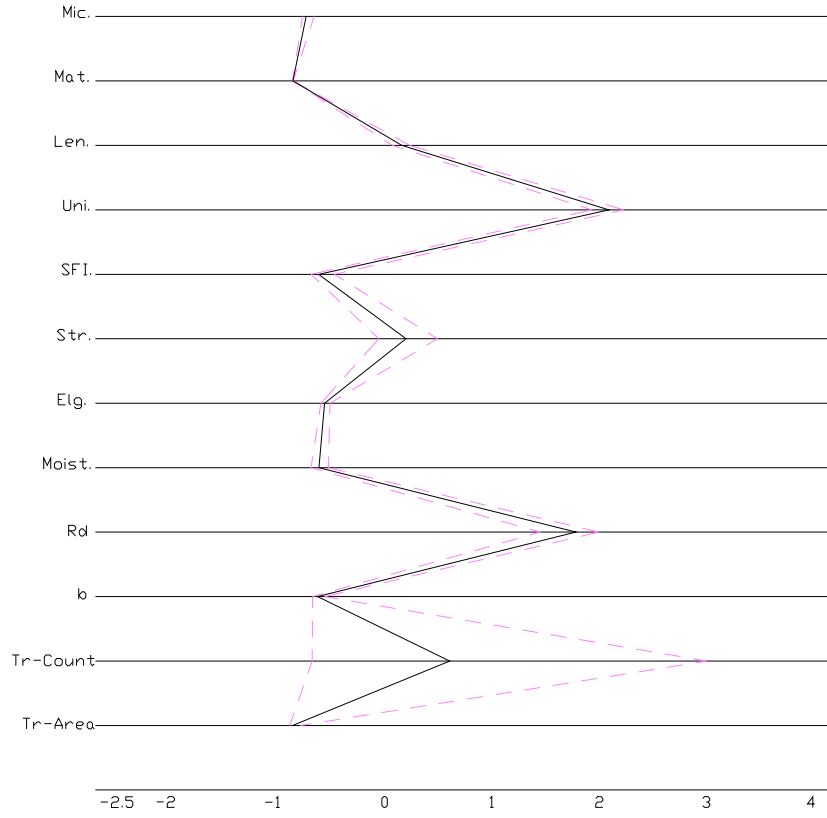
Yapılan bir araştırmada, ring pamuk ipliklerinin kopma uzaması özelliği üç farklı yöntemle tahminlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra bu üç yöntemin tahminleme güçleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, yapay sinir ağları modeli uygulamasında, HVI ölçüm cihazı ile ölçülen çeşitli lif özelliklerinin birbirlerine göre önemlilikleri incelenmiştir. Üç modelde de lif özellikleri ve iplik numarası girdi olarak kullanılmıştır. İlk olarak, Aggrawal tarafından geliştirilmiş olan ve lif kopma uzaması ile iplik kopma uzaması arasındaki ilişkiyi ifade eden bir matematiksel model dikkate alınarak, ipliğin kopma uzaması tahminlenmeye çalışılmıştır. İkinci olarak, verilere çoklu regresyon analizi uygulanmıştır ve ipliğin kopma uzamasını tahminleyen bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu denklemde yer alan tahminleyici değişkenler, iplik numarası (Ne), demet lif mukavemeti, lif kopma uzaması, üst yarı ortalama uzunluk (UHML), lif boyu homojenliği, lif inceliği, parlaklık ve sarılık özellikleridir. Üçüncü olarak, yapay sinir ağları ile çalışılmıştır. Regresyon analizinde kullanılan bağımsız değişkenlerin aynıları yapay sinir ağlarında girdiler olarak kullanılmıştır. Beş farklı yapay sinir ağı yapısı ile çalışılmıştır. Bu ağ yapılarının her biri birer ara katmana sahiptir. Ara katman nöron sayıları altı, sekiz, on, oniki ve ondört olarak belirlenmiştir. Yazarlar, tahminleme parametrelerinin birbirlerine göre önemliliklerinin incelenmesi amacıyla ayrı bir çalışma yapılmıştır. Her seferinde toplamda sekiz adet tahminleme parametresinden bir tanesi modelden çıkarılarak yedişer girdi ile denemeler yapılmış ve her deneme için hata karelerinin ortalaması (MSE) değeri elde edilmiştir. Yazarlar, benzer bir çalışmanın rotor iplikleri ile yapılabileceğini ifade etmişlerdir [20].

Başka bir çalışmada, pamuk ipliklerinin kopma mukavemeti özelliği, regresyon ve yapay sinir ağından farklı olarak, Fletcher-Reeves Update eğitim algoritması ile eğitilmiş bir Elman ağı modeli aracılığıyla tahminlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma için, Kenya’da faaliyet gösteren dört fabrikadan rotor ve ring eğirme sistemleri ile üretilmiş pamuk ipliklerinden oluşan dörtyüzon adet numune temin edilmiştir. Elman ağı, bir çeşit yinelenen ileri beslemeli yapay sinir ağıdır. Bu ağın ara katmandan elde edilen çıktıdan ağın girdisine doğru geri besleme bağlantısı bulunmaktadır. Bu geri besleme bağlantısı, ağın zamana bağlı geçici yapıları tanımayı ve oluşturmayı öğrenmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, Elman ağının farklı ara katman nöron sayıları için performans ve tahminleme kabiliyetine bakılmış ve ara katman nöron sayısının en az altı olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Elman ağına girdi olarak verilecek olan özellikler, pamuk liflerinin HVI ölçüm cihazından elde edilen özellikleri, iplik numarası (tex) ve iplik bükümü (T/inç) özellikleridir. İpliğin kopma mukavemeti özelliği ise çıktı olarak belirlenmiştir. [21].

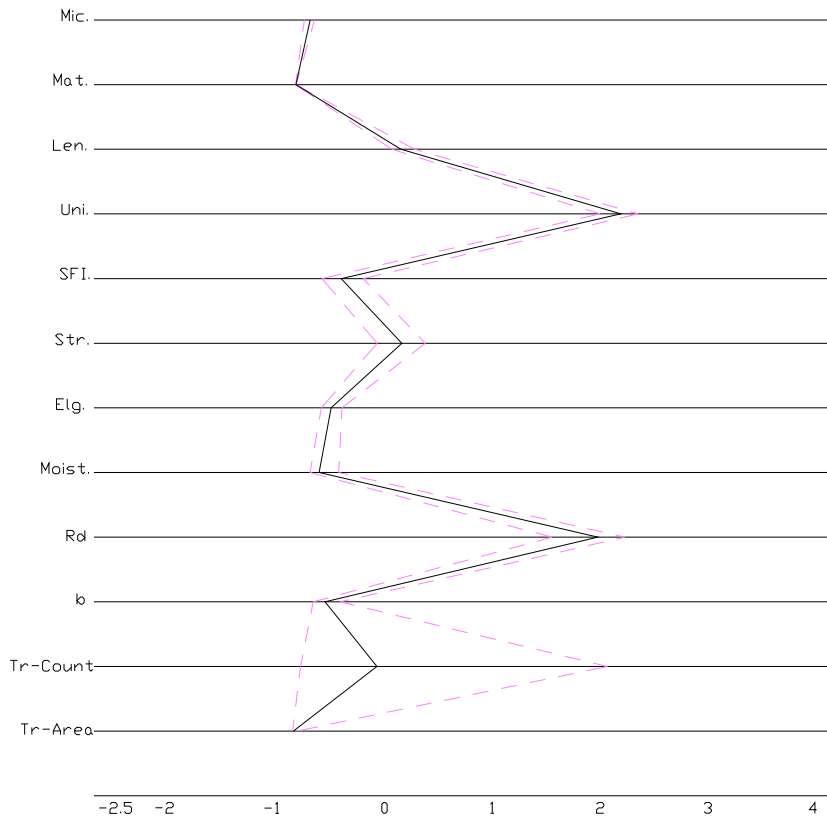
Kawabata’nın kumaşların mekanik ve fiziksel özellikleri için hazırlamış olduğu veri grafiğini elde ederken uyguladığı metodu, lif özelliklerine uyarlandığı başka bir çalışmada [22], Diyarbakır, Urfa, Ceyhan, Adana, Suriye ve ABD olmak üzere altı farklı bölgeye ait olan pamuk partilerinin HVI ölçüm cihazı ile elde edilmiş olan Mic (incelik), Mat (olgunluk), Len (uzunluk), Unf (lif boyu homojenliği), SFI (kısa lif indeksi), Str (kopma mukavemeti), Elg (kopma uzaması), Moist (rutubet), Rd (parlaklık), b (sarılık), Tr_Cnt (yabancı madde sayısı) ve Tr_Area (yabancı madde alanı) özelliklerini veri grafiği şeklinde belirtilmiştir. Her bölge için ayrı ayrı elde edilmiş olan veri grafikleri Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6’da görülmektedir. Araştırmacı, elde etmiş olduğu bu veri grafikleri sayesinde, lif özelliklerinin birbirlerine göre değerlendirmelerinin yapılmasını mümkün hale getirmiş, her bölge için en çok ve en az değişim aralığına sahip olan lif özelliklerinin neler olduğunu tespit etmiş ve pamuk liflerinin özelliklerinin bölgeler arasında ne gibi farklılıklar gösterdiğini irdelemiştir. Bu çalışma sonucunda, veri grafiklerinin şekil itibarıyla birbirine benzer olduklarını, ancak her özelliğin değişim aralıklarının bölgeden bölgeye farklılık gösterdiklerini belirtmiştir. En az değişim gösteren özelliğin nem, en çok değişim gösteren özelliğin ise döküntü olduğu ifade edilmiştir. Daha iyi iplik üretilmesi ve daha iyi karışımlar yapılması konusunda faydalı bir araç olacağı düşünülmektedir. Araştırmacı, bir iplik işletmesinde yeni satın alınmış olan parti için oluşturulan veri grafiğinin, o bölgeye ait genel veri grafiği ve geçmişteki veri grafikleri ile karşılaştırılması

halinde, aradaki farklılıkların net bir şekilde belirlenebileceğini, işletmenin karşılaşacağı sorunlara karşı önceden hazırlıklı olmasının sağlanacağını ve böylelikle iplik kalite kontrolünde bir basamak daha öne çıkılacağını ifade etmiştir. Bunların yanısıra, veri grafiklerindeki dikey eksene lif kohezyonu, kayganlık özellikleri, kıvrım, toz, şekerlenme vb. özelliklerin de eklenerek aynı çalışmanın yapılabileceğini ve lif partisi hakkında daha fazla bilgiye sahip olunacağını belirtmiştir. Ayrıca, bu çalışmanın devamında, aynı uygulamanın iplikler ve kumaşlar için yapılacağı, özellikler arasındaki geçişi sağlayacak olan dönüşüm denklemlerinin çeşitli istatistiksel ve matematiksel yöntemlerle elde edileceğini belirtmiştir. Yapılan bu yüksek lisans tezi de, bu çalışmaların yapıldığı bir araştırmadır.

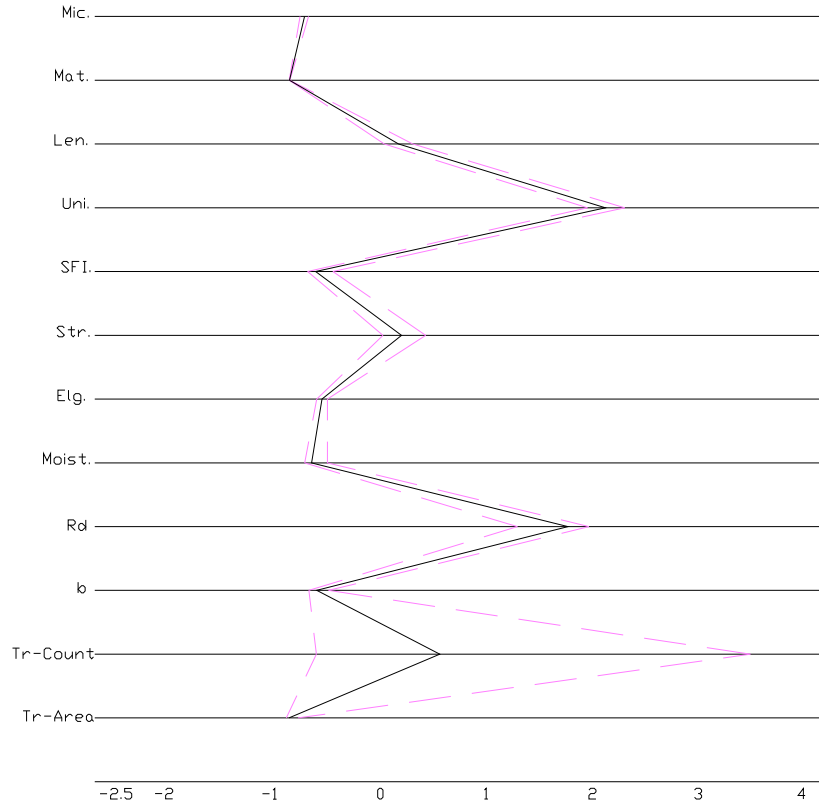
Açıklamaları yapılan literatür taramasında, kumaşların temel mekanik özelliklerinden toplam tutum değerinin tespit edilmesi için çeşitli istatistiksel ve matematiksel yöntemler uygulanmaktadır. Ayrıca, aralarındaki ilişkilerin yanıt yüzeyleri ile görsel olarak ifadeleri de yapılmaktadır. Araştırmacıların genel hedefi, bu yöntemlerin daha hızlı ve pratik olarak uygulanabilir hale getirilebilmesi olanaklarının araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda regresyon analizi ve yapay sinir ağları metodlarından yararlanmışlardır. Ayrıca, en iyi sonucu veren minimum parametre sayısını ve bu parametrelerin neler olabileceğini bulmaya çalışan araştırmacılar da olmuştur. Kumaşların toplam tutumunun tahminlenmesinde en etkin parametrelerin bulunabilmesi için temel bileşenler analizinden yararlanmışlardır. Kumaşların toplam tutum değerlerini başarı ile tahminleyen çalışmaların ardından, kumaşları tutumlarına göre birbirinden ayırt etmek için diskriminant analizleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalardan birinde kumaşların mekanik ve fiziksel özelliklerini, diğerinde ise liflerin özelliklerini içeren veri grafikleri oluşturulmuş ve kalite kontrol uygulamalarına yararlı olacak şekilde yorumlanmıştır. Kumaşlar için yapılan bu çalışmaların yanısıra, lif özelliklerinden iplik özelliklerinin tahminlenmesi için de çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda ağırlıklı olarak regresyon analizi ve yapay sinir ağı yöntemlerine başvurulmuştur. Uygulanan farklı yöntemlerin birbiriyle karşılaştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bazılarında hem ring hem rotor eğirme sistemleri ile eğirilmiş iplikler kullanılmış ve hangisinin özelliklerinin daha başarılı şekilde tahminlendiği incelenmiştir. Araştırmalardan birinde, temel bileşenler analizi yardımıyla en etkin lif özellikleri belirlenmeye ve böylece daha az sayıda lif özelliği ile de iyi bir tahminleme yapılabileceği araştırılmıştır. Başka bir araştırmada ise, regresyon analizi ve yapay sinir ağının dışında, önceden geliştirilmiş bir matematiksel modele dayalı olarak da tahminleme yapılmış ve bu üç yöntem



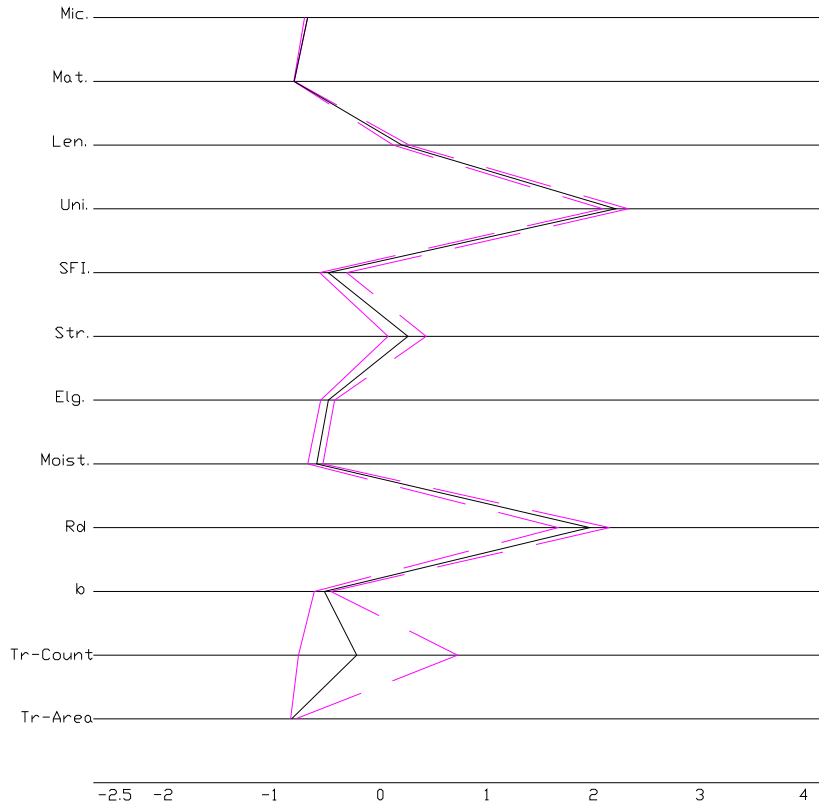
Şekil 2.1. Diyarbakır pamuğu için veri grafiği [22]



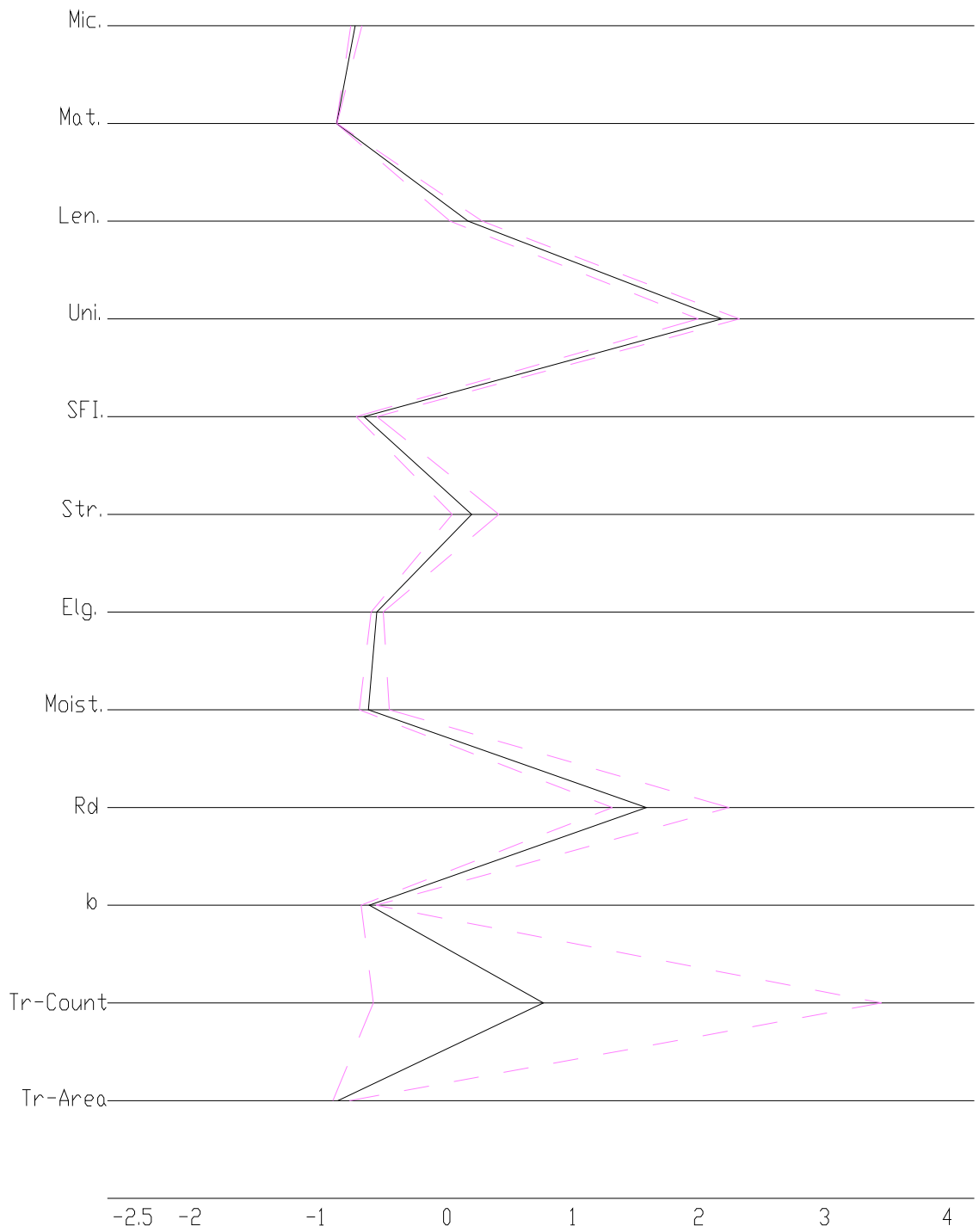
Şekil 2.2. Amerikan pamuğu için veri grafiği [22]



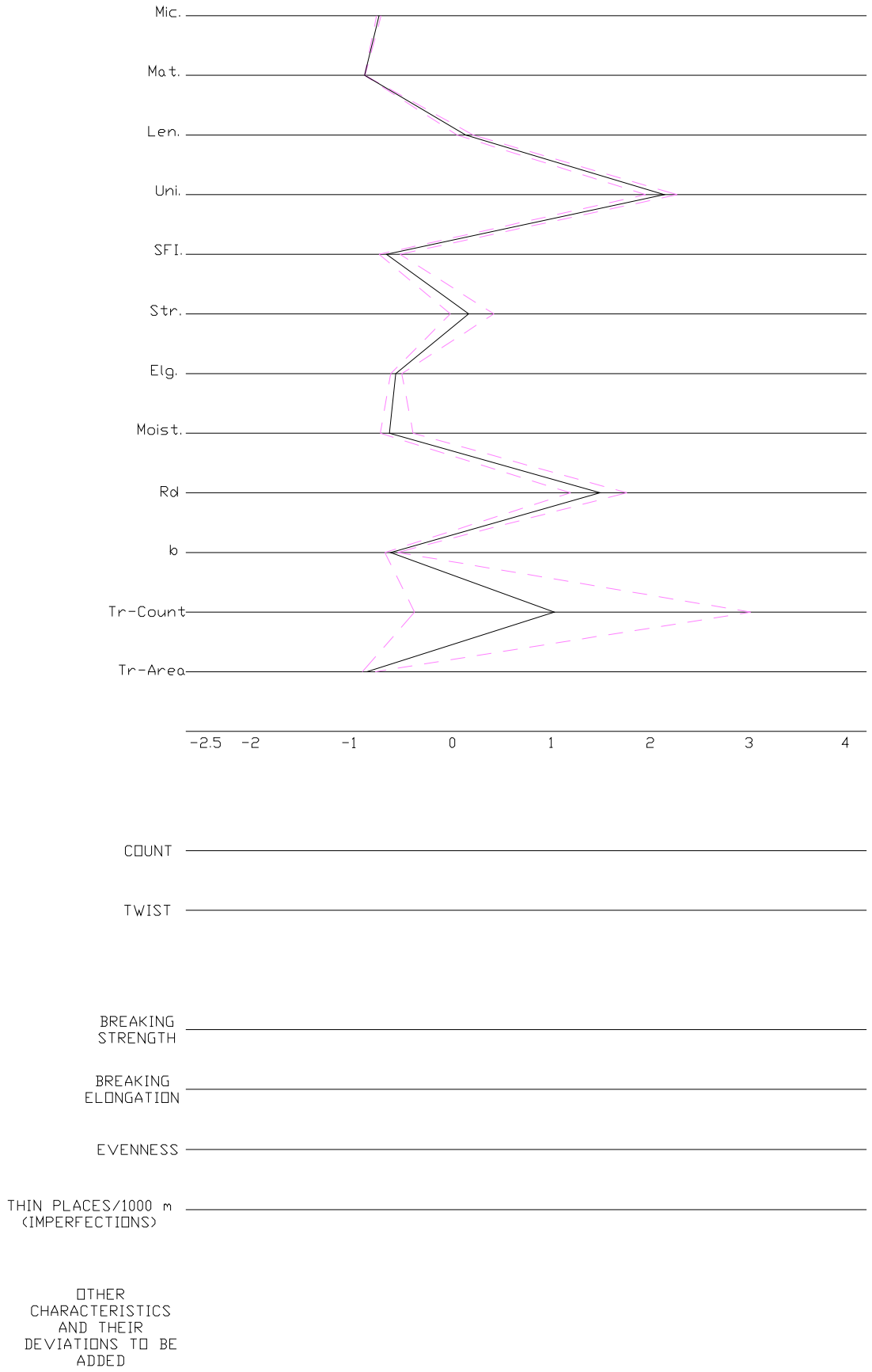
Şekil 2.3. Urfa pamuğu için veri grafiği [22]



Şekil 2.4. Suriye pamuğu için veri grafiği [22]



Şekil 2.5. Ceyhan pamuğu için veri grafiği [22]



Şekil 2.6. Adana pamuğu için veri grafiği [22]

birbiriyle kıyaslanmıştır. Kumaşta ve iplikte yapılan bu çalışmaların bakış açısından yola çıkarak yapılan bu tez çalışmasında, sözkonusu istatistiksel ve matematiksel yöntemler, iplik kalite kontrolüne uyarlanmaya çalışılmıştır. Farklı ipliklere ait veri grafikleri elde edilmiş ve iplik özelliklerinin hem birbirlerine göre hem de farklı iplikler arasında nasıl değişim gösterdikleri incelenmiştir. Lif partisinin özellikleri ile o lif partisinden elde edilen iplik partisinin özellikleri arasındaki ilişki, dönüşüm formülleri ile tanımlanmaya çalışılmıştır. Bunun yanısıra iplik özellikleri üzerinde en etkili olan lif özellikleri varimax yöntemi ile sınanmış, yanıt yüzeyleri metodu ile iplik özelliğinde en uygun sonucu veren lif özelliklerinin rakamsal değer aralıkları tespit edilmiş ve iplikleri birbirinden ayırt etmede en etkili olan iplik özellikleri diskriminant analizi ile tespit edilmiştir.

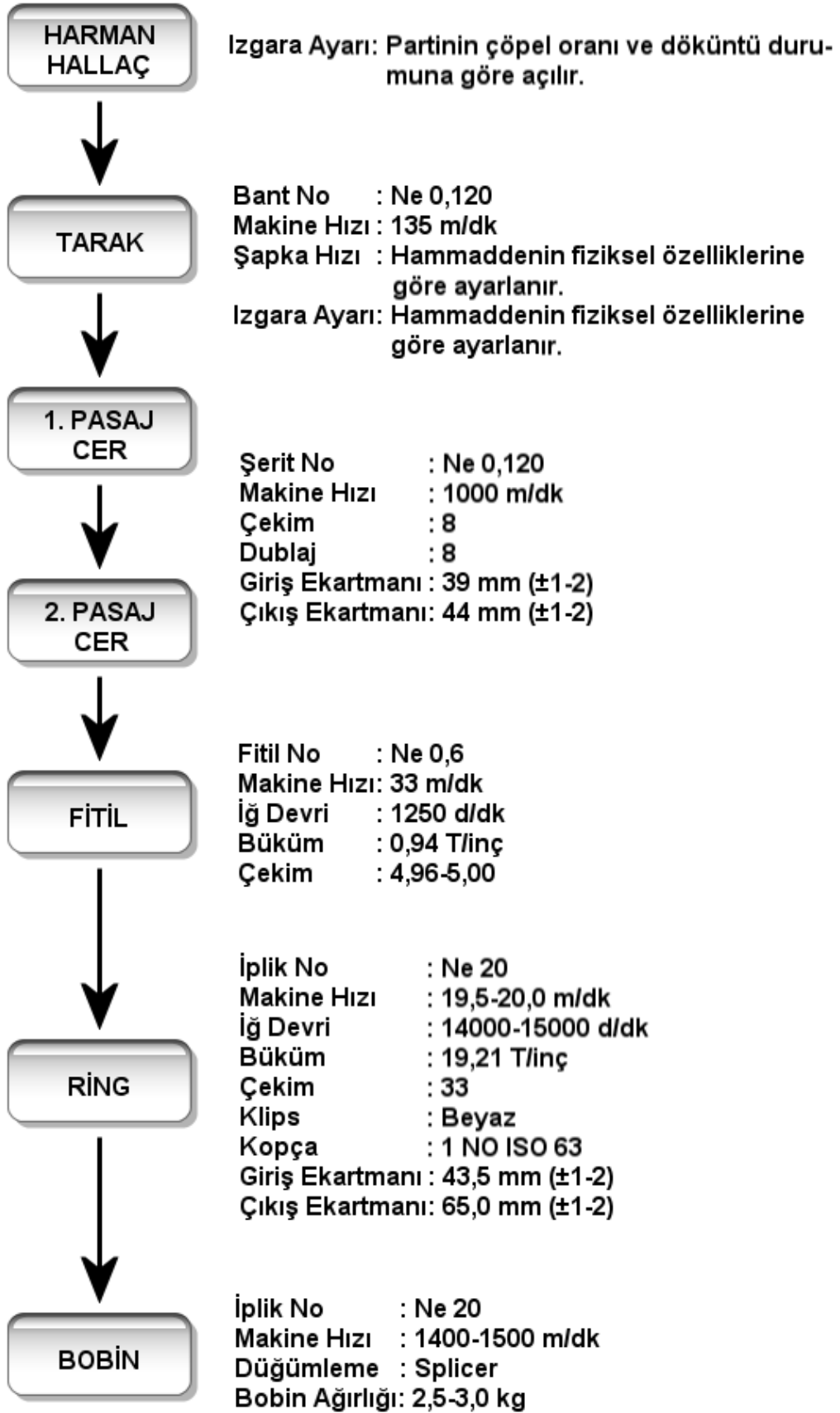
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Adana yöresine ait pamuk liflerini ve aynı liflerden elde edilen Ne20 numara, 19,21 T/inç büküme sahip kops ve bobin formundaki iplikleri tanımlayan özelliklerin rakamsal değerleri ile çalışılmıştır. İplik verileri kullanılarak her iki iplik formu için veri grafikleri elde edilmiştir. Faktör analizi yöntemlerinden varimax döndürme tekniği uygulanarak gerçekleştirilen temel bileşenler analizi ile, oniki lif özelliği temel bileşenlerine ayrılmıştır ve üç adet özellik kombinasyonu oluşmuştur. Hem oniki lif özelliğinden hem oluşan özellik kombinasyonlarından iplik özelliklerine ulaşmak için regresyon analizi ve yapay sinir ağları metodundan yararlanılmıştır. Merkezi bileşen deseni metodu ile iplikte en uygun düzensüzlük değerini sağlayan lif değer aralıkları tespit edilmiştir. Diskriminant analizi ile kops ve bobin formundaki ipliklerin sınıflandırılmasını sağlayan bir model oluşturulmuştur.

3.1. Materyal

Lif özelliklerinden iplik özelliklerini tahminlemek için yapılan bu çalışmada kullanılan veriler Uşak'ta pamuk ipliği üretimi yapan bir fabrikanın kendi içinde düzenli olarak yaptığı ölçümlerden oluşmaktadır. Lif ve ipliklere ait olan bu veriler 2005 yılına aittir. Fabrikanın artık kullanmayacağı bu ölçüm sonuçları, yapılan bilimsel çalışmada, gerçek üretimden alınan veriler ile çalışılması açısından önemlidir. Bu sayede, elde edilen sonuçların, fabrikada gerçek üretimde kullanılabilirliğinin de sağlanması düşünülmüştür. Fabrikada lif özelliklerinin ölçümünde USTER® HVI SPECTRUM cihazı kullanılmaktadır. Laboratuvarın atmosfer şartları, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%65\pm 2$ bağıl nem olacak şekilde laboratuvar tipi bir klima ile kontrol altına alınmıştır. Lif verileri olarak, Adana yöresi pamuk liflerinin HVI cihazının çıktısı olan incelik (Mic), olgunluk (Mat), uzunluk (Len), lif boyu homojenliği (Unf), kısa lif indeksi (SFI), kopma mukavemeti (Str), kopma uzaması (Elg), rutubet (Moist), parlaklık (Rd), sarılık (b), yabancı madde sayısı (Tr_Cnt) ve yabancı madde alanı (Tr_Area) değerleri ile çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında Adana yöresine ait rollergin pamukların verileri kullanılmıştır. Aynı bu lif partisinden elde edilen kops ve bobin formundaki Ne20 – 19,21 T/inç ring pamuk ipliklerin verileri ile çalışılmıştır. Bahsi geçen üretime esas olan iş akış şeması ve makine ayarları Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. İş akışı ve makine ayarları [Orijinal]

İplik verileri olarak, bu lif partisinden Zinser ve Suessen marka ring iplik makinelerinde ve Savio ve Schlafhorst marka bobin makinelerinde üretilen Ne20-19,21 T/inç kops ve Ne20-19,21 T/inç bobin formundaki ipliklerin özellikleri incelenmiştir. Bu özellikler %U biriminden düzgünlük, %CVm biriminden düzgünlük, tüylülük, ince yer (-%50), kalın yer (+%50), neps (+%200), maksimum kopma kuvveti, Rkm biriminden kopma mukavemeti, kopma uzaması ve kopma işidir. İplik özelliklerinin düzgünlük değerlendirmesi Uster Tester 4-SX ölçüm cihazında, kopma mukavemeti değerlendirmesi Uster Tensorapid 3 ölçüm cihazında gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Lif Verileri

Lif verileri, her biri beş tekrardan oluşan doksansekiz adet HVI ölçüm sonucundan oluşmaktadır. Yukarıda bahsedilen oniki özelliğin her biri için bu adetler sözkonusudur. Çizelge 3.1’de Adana yöresine ait pamuk partisinin HVI sonuçlarından elde edilen ortalama değerlerin örnekleri verilmiştir.

3.1.2. İplik Verileri

İplik verileri, Bölüm 3.1.1’de belirtilen pamuk partisinden üretilmiş olan Ne20-19,21 T/inç kops ve Ne20-19,21 T/inç bobin ipliklerin özelliklerinden oluşmaktadır. Kops formundaki iplikler için otuz adet, bobin formundaki iplikler için doksanbeş adet veri bulunmaktadır. Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de, sırası ile, Ne20-19,21 T/inç kops ve Ne20-19,21 T/inç bobin formundaki ipliklerinin özelliklerinin sonuçlarından örnekler verilmiştir.

3.2. Yöntem

Lif özelliklerinden iplik özelliklerinin tahminlenmesi için çeşitli istatistik ve matematiksel yöntemler mevcuttur. Yapılan araştırmalarda bu yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Literatür taramasında önemli bilgilere ulaşıldığı halde, bu çalışmada yapılması düşünülenler tarzında çalışmaların olmadığı görülmüştür. Bu boşluğu doldurmak için yapılan bu çalışmada faydalanılan yöntemler genel hatları ile açıklanmıştır.

3.2.1. İplik Veri Grafikleri

Veri grafikleri, farklı ölçeklere sahip özelliklerin aynı ölçek üzerinde gösterildiği ve bir araştırmacı için oldukça fayda sağlayan araçlardan biridir. Veri grafiği oluşturulmasındaki amaç, ölçekleri farklı olan bu özelliklerin bir arada yorumlanabilmesinin kolaylaştırılmasıdır. Veri grafiği oluşturulurken, eldeki tüm ölçüm değerleri z katsayısına çevrilir, böylece veriler normalleştirilmiş olur :

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (3.1)$$

Oluşturulan z_i değerlerinin, her özellik için ortalaması hesaplanır ve minimum ile maksimum değerleri belirlenir. Bu değerler, her özellik için ayrı bir yatay eksen üzerinde belirtilir ve alt alta dizilir. Böylece, dikey eksen de farklı özellikler yer almış olur.

3.2.2. Faktör Analizi

3.2.2.1. Faktör Analizine Giriş

Faktör analizi, gözlenen değişkenler arasındaki ilişkileri temel alan bir hesaplama mantığına sahiptir. Aralarında ilişki bulunan çok sayıda değişkenden az sayıda, maksimum varyansı açıklayan, kavramsal olarak anlamlı yeni değişkenler (temel faktörler) keşfetmekte ve bu faktörlerden her birinin değişkenlerden her birini açıklama derecesini göstermektedir. Diğer bir deyişle, araştırmada kullanılacak olan veri seti özetlenmektedir. Böylelikle, bu veri setini oluşturan değişkenler arasındaki ilişkilerin anlaşılması ve yorumlanması kolaylaştırılmaktadır [23,24,25]. Etkin bir faktör analizi sonucunda, toplam veri setinin en iyi şekilde temsil edilmesi ve mümkün olduğunca az sayıda faktörden oluşması gerekmektedir [23].

3.2.2.2. Faktör Analizinin Kullanım Amaçları

Faktör analizi, regresyon ya da diskriminant analizi gibi analiz yöntemlerindeki ilişkili değişkenlerin gruplanmasında, bağımlılığın ve veri setinin yapısının açıklanmasında, boyut indirgeyerek karışıklığın giderilmesinde, veriler arasında dönüşüm çalışmalarında, haritalama ve teori ortaya koymada kullanılan bir yöntemdir [25,26].

Çizelge 3.1. Adana yöresine ait pamuk partisinin HVI sonuçlarından elde edilen ortalama değerlerinden örnekler [Orijinal]

Mic-Ort	Mat-Ort	Len-Ort	Unf-Ort	SFI-Ort	Str-Ort	Elg-Ort	Moist-Ort	Rd-Ort	b-Ort	Tr_Cnt-Ort	Tr_Area-Ort
5,17	,92	29,34	86,00	6,60	29,80	9,90	7,10	67,90	8,10	64,00	1,78
5,00	,91	29,41	84,60	7,50	29,70	10,00	6,50	68,90	9,10	65,00	1,96
4,98	,91	28,26	85,20	7,80	28,30	9,80	6,10	67,20	7,80	69,00	1,63
5,04	,91	29,08	84,80	7,60	28,30	9,90	6,60	66,70	8,10	70,00	1,27
5,07	,93	29,76	86,50	7,00	31,50	9,60	7,80	68,20	8,70	54,00	1,50
5,33	,94	29,91	87,10	6,30	31,10	9,70	7,50	71,00	8,10	39,00	,89
5,03	,92	28,88	86,00	6,60	30,10	9,80	7,10	66,50	8,90	58,00	1,37
5,19	,92	28,94	84,40	7,70	30,00	9,80	7,60	68,00	8,90	77,00	1,68
5,17	,92	29,03	85,70	7,20	29,50	10,10	6,90	65,70	8,10	59,00	1,75
4,82	,91	29,51	85,70	7,20	30,90	9,90	6,70	66,10	8,40	55,00	1,12
4,85	,91	29,59	86,00	6,70	30,60	10,00	7,40	67,30	8,30	57,00	1,22
4,90	,91	29,91	86,50	6,60	31,10	10,00	7,50	68,10	7,70	55,00	1,56
4,78	,90	29,40	83,30	7,70	29,80	9,80	7,50	66,90	8,50	58,00	1,84
4,80	,91	29,75	84,70	7,30	30,40	9,80	8,00	65,50	7,90	76,00	2,47
4,81	,91	29,65	85,00	7,50	30,10	9,70	7,30	66,00	8,60	57,00	1,68
4,74	,91	30,24	86,20	6,80	31,10	9,60	8,10	65,60	8,20	69,00	1,83
4,88	,90	28,82	84,30	7,70	28,30	9,80	6,90	65,30	7,90	67,00	1,38
4,66	,90	29,99	85,50	7,30	29,30	9,90	7,00	66,00	9,00	50,00	1,21
5,14	,92	28,42	84,50	8,10	30,20	10,00	7,00	70,80	8,80	31,00	,61
5,00	,92	29,69	86,20	6,50	30,90	9,70	8,50	66,00	8,40	48,00	1,48
4,95	,92	29,66	84,50	7,70	28,90	9,20	7,50	65,40	8,40	67,00	1,54
5,13	,94	29,59	85,20	7,20	29,90	9,40	7,90	67,90	8,60	42,00	1,75
4,91	,91	29,42	84,90	7,20	29,10	9,70	7,20	66,30	8,90	44,00	1,11
4,73	,90	29,10	84,20	8,00	28,20	9,60	6,80	67,40	8,40	53,00	1,32
4,71	,90	29,46	84,30	7,40	30,40	10,10	6,90	67,40	8,40	57,00	1,48
4,85	,91	29,36	85,30	6,90	29,50	9,70	7,00	69,10	8,10	42,00	,78
4,91	,91	29,19	85,50	6,80	30,20	9,80	8,50	68,20	8,20	52,00	1,37
5,13	,94	30,14	85,20	6,50	30,70	9,40	8,90	68,20	7,70	51,00	1,94

Çizelge 3.2. Ne20-19,21 T/inç kops formundaki ipliklerin özelliklerinin sonuçlarından örnekler [Orijinal]

%U	%CVm	H	Thin50	Thick50	Neps200	BForce	Elongation	Rkm	BWork
11,19	14,39	5,90	,0	255,0	427,5	483,3	5,64	16,36	740,5
11,43	14,77	5,86	,0	292,5	427,5	458,2	5,34	15,52	677,8
11,33	14,59	5,84	,0	267,5	422,5	438,0	5,12	14,83	620,8
11,24	14,43	5,88	,0	245,0	417,5	474,2	5,84	16,06	742,2
11,40	14,68	5,81	,0	257,5	455,0	439,8	5,33	14,89	645,8
11,36	14,64	5,85	,0	252,5	422,5	436,6	5,22	14,78	624,7
11,03	14,26	5,86	2,5	282,5	410,0	473,8	5,55	16,04	706,5
11,26	14,43	5,99	,0	255,0	375,0	457,4	6,07	15,49	734,8
11,55	14,83	5,78	,0	265,0	442,5	431,9	5,30	14,63	635,7
11,34	14,57	5,75	2,5	270,0	477,5	449,7	5,36	15,23	668,2
11,52	14,74	5,82	2,5	245,0	360,0	437,6	5,08	14,82	598,1
11,10	14,21	5,87	,0	167,5	332,5	429,1	5,02	14,53	590,4
11,39	14,64	5,94	2,5	252,5	390,0	503,5	5,91	17,05	773,9
11,63	14,95	5,76	5,0	267,5	370,0	461,2	5,72	15,62	683,4
11,54	14,83	5,85	5,0	290,0	372,5	440,5	5,89	14,92	646,3
11,50	14,75	5,69	5,0	280,0	297,5	449,4	5,64	15,22	658,9
11,46	14,68	5,75	2,5	237,5	275,0	431,1	5,01	14,60	584,1
11,65	14,97	5,83	5,0	252,5	325,0	454,6	5,58	15,39	687,2
11,38	14,81	5,91	,0	265,0	347,5	445,3	5,72	15,08	677,8
11,40	14,72	5,75	2,5	297,5	362,5	441,5	5,34	14,95	632,6
11,07	14,11	6,33	2,5	107,5	90,0	429,4	5,00	14,54	565,2
11,47	14,57	6,72	,0	170,0	62,5	433,4	4,84	14,68	563,9
10,84	13,79	6,37	2,5	117,5	85,0	452,5	5,29	15,32	634,7
11,29	14,33	6,56	,0	135,0	62,5	415,8	4,92	14,08	548,3
10,85	13,84	6,31	2,5	112,5	105,0	437,2	4,86	14,80	571,7
11,05	14,03	6,30	2,5	110,0	100,0	427,7	4,60	14,48	533,3
11,06	14,03	6,37	2,5	107,5	82,5	391,0	4,19	13,24	447,6
10,96	14,02	6,26	5,0	140,0	102,5	389,4	4,28	13,19	456,6

Çizelge 3.3. Ne20-19,21 T/inç bobin formundaki ipliklerin özelliklerinin sonuçlarından örnekler [Orijinal]

%U	%CVm	H	Thin50	Thick50	Neps200	BForce	Elongation	Rkm	BWork
11,82	15,07	7,88	2,5	227,5	330,0	415,3	5,27	14,06	607,6
12,22	15,63	7,36	,0	327,5	375,0	405,7	5,34	13,74	591,0
15,76	19,74	7,39	5,0	257,5	267,5	441,2	5,54	14,94	663,6
12,21	15,61	7,36	5,0	317,5	380,0	447,4	5,36	15,15	659,6
12,19	15,57	7,04	2,5	297,5	482,5	430,8	5,64	14,59	666,3
12,22	15,67	7,12	12,5	277,5	295,0	400,6	5,61	13,56	613,2
11,35	14,54	7,03	,0	195,0	280,0	471,9	5,99	15,98	729,9
11,67	14,92	6,90	2,5	202,5	282,5	436,9	5,47	14,79	644,8
11,41	14,59	7,42	2,5	207,5	357,5	439,0	5,57	14,86	659,2
11,71	14,95	7,72	,0	232,5	302,5	434,8	5,14	14,72	614,7
11,90	15,25	7,24	2,5	257,5	350,0	437,8	5,25	14,82	625,8
11,84	15,10	7,69	2,5	222,5	365,0	444,6	5,60	15,06	667,0
11,72	14,97	7,04	,0	195,0	332,5	450,2	5,85	15,24	703,1
11,59	14,76	7,05	2,5	197,5	340,0	443,7	5,74	15,03	692,5
11,67	14,95	6,91	2,5	235,0	430,0	442,7	5,71	14,99	683,4
11,61	14,84	7,34	,0	220,0	400,0	456,4	5,46	15,45	692,1
11,91	15,21	7,15	7,5	227,5	292,5	418,8	5,18	14,18	603,0
11,59	14,86	7,23	2,5	240,0	425,0	402,7	5,07	13,64	574,8
11,80	15,08	7,10	5,0	262,5	327,5	428,0	5,74	14,49	674,7
12,06	15,42	7,59	5,0	227,5	362,5	418,2	5,43	14,16	636,4
11,60	14,82	7,01	,0	212,5	335,0	422,3	4,61	14,30	550,6
12,24	15,78	7,21	12,5	312,5	380,0	391,2	5,45	13,25	582,8
11,99	15,30	7,00	,0	230,0	357,5	413,5	4,99	14,00	580,0
11,95	15,28	7,83	10,0	277,5	415,0	426,1	5,72	14,43	648,1
11,70	14,94	7,05	,0	202,5	345,0	439,0	5,35	14,87	645,6
11,94	15,20	7,38	,0	225,0	217,5	418,3	5,47	14,16	623,9
11,78	15,02	6,76	2,5	222,5	242,5	436,4	6,41	14,78	719,9

3.2.2.3. Faktör Analizinin Türleri

Faktör analizi, ilk olarak 20. yüzyılın başlarında Spearman tarafından geliştirilmiştir. 1970'li yıllarda bilgisayar teknolojisinde yaşanan hızlı gelişme ile yaygın kullanılır hale gelmiştir. Açımlayıcı ve doğrulayıcı olmak üzere iki temel bölüme ayrılmaktadır. Açımlayıcı faktör analizi, değişkenler arasındaki ilişkilerden hareketle faktör bulmaya, teori üretmeye yönelik bir işlemdir [24]. Açımlayıcı faktör analizinde, ölçülen faktör sayısı ve değişkenler arasındaki ilişki bilinmemektedir. Sadece ölçülen faktörlerin yapısı hakkında bilgi edinilmekte ve değişkenler arasındaki muhtemel ilişki ortaya çıkarılmaktadır [23,25]. Doğrulayıcı faktör analizinde ise, öncelikle değişkenlerin faktörlerle ve faktörlerin birbirleriyle olan korelasyonlarının tanımlandığı hipotezler kurulmakta ve bu hipotezler test edilmektedir [24].

3.2.2.4. Faktör Analizinde Kullanılan Terimler

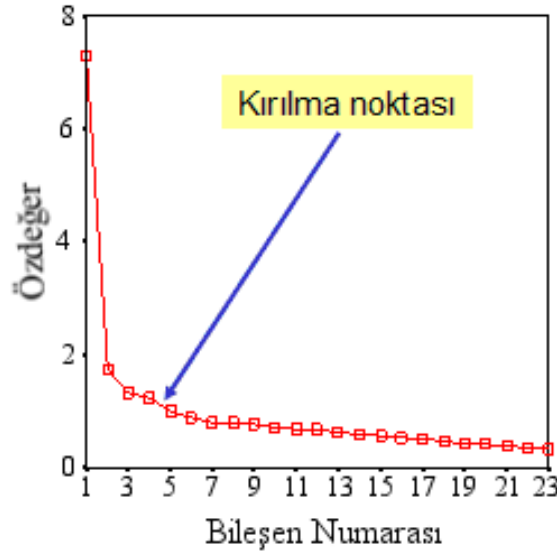
Gözlenen değişkenlerden üretilen korelasyon matrisine gözlenen korelasyon matrisi, faktörlerden üretilen korelasyon matrisine üretilmiş korelasyon matrisi adı verilmektedir. Bu iki matrisin arasındaki fark, hata korelasyon matrisi olarak isimlendirilmektedir. Hata korelasyon matrisi, önemli faktörlerce açıklanamayan varyansa ilişkindir. İyi bir faktör analizinde, hata matrisindeki korelasyonlar küçüktür [24].

Faktör yük değeri, maddelerin faktörlerle olan ilişkisini açıklayan bir katsayıdır ve yüksek olması beklenmektedir [24]. Bir değişkenin bir faktördeki varyansın ne kadarını açıkladığını bulmak için faktör yüklemesinin karesi alınmaktadır. Yani, bir değişkenin 0,30'luk faktör yükü, faktör tarafından açıklanan varyansın %9 olduğunu göstermektedir [25]. Örneklem büyüklüğü arttıkça, düşük korelasyon miktarlarının anlamlı çıkma olasılığı sözkonusudur [24,25]. Örneklem büyüklüğü 50 için 0,722, örneklem büyüklüğü 100 için 0,512, örneklem büyüklüğü 200 için 0,364, örneklem büyüklüğü 300 için 0,298, örneklem büyüklüğü 600 için 0,210, örneklem büyüklüğü 1000 için 0,162 ($p = 0,01$ için) anlamlıdır [25].

Faktör analizinde varyansın açıklanmasıyla ilgili olarak üç varyans söz konusudur. Ortak faktörlerce açıklanabilen varyansa ortak varyans, bir testte ya da değişkende gözlenen varyansı tanımlayan varyansa özgül varyans, veri setine ilişkin varyansın açıklanamayan kısmını gösteren varyansa ise hata varyansı denilmektedir. Ortak varyansı ile özgül varyansın toplamı, testin güvenilirliğini yorumlamada kullanılmaktadır. Bir değişkene iliş-

kin faktörlerin açıkladıkları ortak varyans, değişkenin faktör yük değerlerinin kareleri toplamına eşittir. Ortak varyansı, maddelerin faktörlerle olan çoklu korelasyonunun karesi ile de açıklanmaktadır. Ortak varyansının yüksek olmasının, modele ilişkin açıklanan toplam varyansı artıracağına dikkate alınması gerekmektedir [24].

Özdeğer, her bir faktörün faktör yüklerinin kareleri toplamı olup, her bir faktör tarafından açıklanan varyansın oranının hesaplanmasında ve önemli faktör sayısına karar vermede kullanılan bir katsayıdır [24]. Özdeğer yükseldikçe, faktörün açıkladığı varyans da yükselmektedir. Dolayısıyla, özdeğerleri büyük olan faktörlerin kullanılması gerekmektedir [24,25]. Şekil 3.2’de dikey eksen özdeğeri, yatay eksen faktörleri göstermektedir. Bazı araştırmacılar, özdeğeri 1’in üzerinde olan tüm faktörlerin kabul edilmesini önermektedir. Atılan her faktör, ortak varyansın daha azının açıklanması anlamına gelmektedir [25].



Şekil 3.2. Temel bileşenlerin özdeğerlerini ve faktör seçimi için belirlenen kırılma noktasını gösteren iki faktörlü dağılım diyagramı [25]

3.2.2.5. Faktör Analizinin Diğer İstatistiksel Metotlarla Karşılaştırması

Faktör analizi ile temel bileşenler yöntemindeki amaç aynıdır. Her ikisi de veri setinin boyutunun azaltılmasına çalışılmaktadır. Fakat bu iki teknik arasındaki en belirgin fark, temel bileşenler analizinin toplam varyansı ayrıştırmasıdır [26]. Faktör analizi, verilerdeki belirleyici boyutları ortaya çıkarmaktadır ve dolayısıyla ortak varyansla ilgilidir. Temel bileşenler analizi ise, özgün verileri bir dizi doğrusal değişken olarak kabul etmekte ve her değişkenin temel bileşene katkısını ortaya çıkarmaya çalışmaktadır [25].

Varyans analizi, çoklu regresyon ve diskriminant analizinde bir değişkeni bağımlı, diğer değişkenleri bağımsız olarak göz önünde tutmaktadır. Faktör analizinde böyle bir ayırım olmamaktadır. Faktör analizi, belli sayıda değişkenin sözkonusu olduğu bir olayda birbiri ile ilişkili olan değişkenleri bir araya getirerek az sayıda yeni ve ortak ilişkisiz değişken bulmayı amaçlamaktadır [26].

Temel bileşenler analizinde, varyansın hesaplanmasında, toplamları tek varyans olarak isimlendirilen hata ve özgül varyans birbirinden ayrılmamaktadır. Temel bileşenler analizini klasik faktör analizi tekniklerinden ayıran temel nokta, değişkenlere ait ortak faktör varyanslarının hesaplanmasında hata teriminin ihmal ediliyor olmasıdır. Faktör analizinde ortak faktörlerce açıklanmayan ve artık varyans olarak tanımlanan hata varyansı, modelde dikkate alınmaktadır. Temel bileşenler analizinde her bir değişkene ilişkin varyansın 1'e eşit olduğu kabul edilmektedir. Buna göre veri matrisindeki toplam varyans değişken sayısına, bu da faktörlerin öz değerlerinin toplamına eşit olmaktadır. Tek ve hata değişkenliği ile bozulmayan teorik çözümlerle ilgileniliyorsa, veri setinin deneysel özeti isteniyorsa, denklemsel işlemleri ve hesaplanması kolay olan temel bileşenler analizinin kullanılması önerilmektedir. Temel bileşenler analizini psikoloji ve sosyal bilimlerde elde edilen verilerin analizinde değerli kılan bir nokta, ölçeğin değişkenlerin çoğu üzerinde geniş pozitif yüklere sahip olan birinci faktörün açıklanmasına ilişkin olmasıdır. İlk temel bileşenin genel faktör olması, yöntemin getirdiği bir özelliktir. Birinci temel bileşenin, genel bir faktörün varlığının göstergesi olarak görülmesi uygun olmamaktadır [24].

3.2.2.6. Örneklem Büyüklüğü

Örneklem büyüklüğünün, ilişkilerin güvenilir bir şekilde kestirilebilmesini sağlayacak büyüklükte olması önemlidir, çünkü küçük örneklemden alınan korelasyon katsayıları az güvenilir olma özelliğine sahiptir [24,25]. Örneklem büyüdükçe korelasyon katsayılarının güvenilirliği artmaktadır [25]. Güvenilir faktörler çıkartmak için 200 kişilik örneklemin genellikle yeterli olacağı, faktör yapısının açık ve az sayıda olduğu durumlarda bu rakamın 100'e kadar indirilebileceği, ancak daha iyi sonuçlar için daha büyük örneklemlerle çalışmanın yararlı olacağı vurgulanmaktadır. Örneklem büyüklüğü için dikkate alınacak denek/değişken oranının ise 10:1 tutulması önerilmekle birlikte, bu oranın düşürülebileceği, ancak en az 2:1 olması gerektiği açıklanmaktadır [24]. Her değişken için en az 10-15 ölçüm gerekmektedir. Faktör analizinde örneklem büyüklüğü için 100 yetersiz, 300 idare

eder, 1000 mükemmel bir değerdir [25]. Örneklem yeterliliğini belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi yapılmaktadır. Bulunan katsayı değeri 1'e yaklaştıkça mükemmel olmakta, 0,50'nin altında ise kabul edilmemektedir. Değişkenler arası ve değişkenlerle faktörler arası ilişki doğrusal olmalıdır. Bu durum bütün değişken ve faktörleri kapsamaktadır [25].

3.2.2.7. Varsayımlar

Faktör analizinde, “tüm değişkenlerin ve bu değişkenlerin tüm doğrusal kombinasyonlarının normal dağıldığı” varsayılmaktadır [24]. Bu varsayım, Barlett testi ile kontrol edilmektedir. Eğer bu test yapılamıyorsa, değişkenler için basıklık ve çarpıklığa bakılarak bir karara ulaşılabilmektedir [25]. Bu varsayım karşılanıyorsa çözümün değeri artmaktadır. Çok değişkenli normallik varsayımı, değişken çiftleri arasındaki ilişkinin doğrusal olduğuna da işaret etmektedir. Değişken çiftleri arasındaki doğrusallık, saçılma diyagramları kontrol edilerek değerlendirilebilmektedir. Çalışmada bir ve sıfır gibi kategorik ölçümler kullanılmışsa, doğrusallık varsayımının ihlal edilmesi nedeniyle sonuçlar yanıltıcı olabilmektedir [24].

3.2.2.8. Uygulama

Faktör analizinin uygulanmasında ilk aşama olarak, problemin tanımlanması ve ardından uygun verilerin toplanması gerekmektedir. Bu aşama faktör analizi için gerekli olan hazırlık çalışmalarını kapsamaktadır. Bu aşamada faktör analizinin amacı ve faktör analizinde kullanılacak olan değişkenlerin teori, mevcut araştırmalar ve araştırmacının bilgi ve tecrübeleri veya yaptığı ön çalışmalar (kalitatif veya kantitatif türdeki çalışmalar) ışığında geliştirilmesi ve uygun ölçüm araçları ile ölçülmesi ve makul yöntemlerle verilerin toplanması işlemleri yapılmaktadır. İkinci aşamada, korelasyon matrisi oluşturulmaktadır. Bu aşama, analiz sürecinin başladığı aşamadır. Korelasyon matrisi faktör analizinde yer alan değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Üçüncü aşama olarak, faktör sayısına karar verilmektedir. Araştırma için hazırlanan veri seti için faktör analizinin uygun olduğuna karar verildikten sonra, oluşturulan korelasyon matrisi baz alınarak, uygun bir faktör çıkarma yönteminin seçilmesi gerekmektedir. Böylece başlangıç çözümünün oluşturulması gerçekleşmiş olmaktadır. Başlangıç çözümüne ulaşıldıktan sonra, ortaya çıkan faktörlerin yorumlanmasının ve isimlendirilmesinin kolaylaştırılması için faktörleri temsil eden eksenlerde

çeşitli manipülasyonlar veya eksen kaydırmaları yapılmaktadır. Faktör matrisi, faktörler cinsinden standardize edilmiş değişkenleri ifade eden katsayıları içermektedir. Bu katsayılar faktör yükleri olarak adlandırılıp, değişkenlerle faktörler arasındaki korelasyonları temsil etmektedir. Mutlak değer olarak faktör yükünün büyüklüğü arttıkça, değişken ve faktörün birbiriyle yakından ilişkili olduğu anlaşılmaktadır [23].

Faktör seçiminde özdeğerlerden yararlanılmaktadır. Özdeğer, faktör yüklerinin karelerinin toplamına eşittir. Değişken sayısı kadar özdeğer hesaplanmaktadır. Burada bilinen ve en basit olarak kullanılan yöntem Kaiser normalleştirilmesidir. Bu yöntemle göre özdeğeri 1'in üzerinde olan faktörler seçilmektedir [25]. Temel bileşenlerin bir genellemesi olarak ele alınabilecek bir yöntem olan faktör analizinde, kovaryans matrisi ya da korelasyon matrisinden yararlanılmaktadır, ancak daha çok korelasyon matrisi seçilmektedir. Eğer ham veri matrisinde yer alan değişkenlerin varyansları birbirlerinden çok büyük farklılıklar gösteriyorsa ve değişkenlerin ölçü birimleri farklı ise standardize veri matrislerinden elde edilen kovaryans ya da korelasyon matrislerine göre faktör analizi yapılmaktadır [25,26].

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi ile örneklem büyüklüğü test edilmektedir. Barlett testi ile normalliğin çok değişkenli test edilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Faktör analizinin uygulanmasında, temel bileşenler analizi, ağırlıksız en küçük kareler, geliştirilmiş en küçük kareler, maksimum olasılık, alfa factoring ve image factoring yöntemleri mevcuttur. [25]. Bir korelasyon matrisinde, değişkenler arasındaki ilişkinin en az birkaç değişken için belli bir büyüklükte olması gerekmektedir. Değişkenler arasındaki korelasyon 0,3-0,9 arası ise faktör analizi için uygundur [24,25].

Faktör analizi uygulaması yapıldıktan sonra, sonuçların yorumlanabilir olması için bazı koşulların sağlanmış olması gerekmektedir. Öncelikle, her faktörün en az bir tane sıfır değerine eşit faktör yük değerine sahip olması gerekmektedir. Faktör matrisinin her bir satırında en az bir tane sıfır değeri olmalıdır. Her faktörün, faktör yük değerleri sıfır olan bir değişken grubuna sahip olması gerekmektedir. Faktörlerin her bir çiftiyle ilgili olarak faktörlerden birinde faktör yük değeri sıfır olan, ancak ikinci faktörde sıfır olmayan birkaç değişkenin olması gerekmektedir. Çıkarılan faktör sayısı dört ya da daha fazla olduğu durumlarda, faktörlerin her bir çifti için faktörlerin her ikisinde de sıfır yük değerine sahip çok sayıda değişkenin olması gerekmektedir. Faktörlerin her çifti için, her iki faktörde de yük değeri sıfırdan farklı olan az sayıda değişkenin olması gerekmektedir [24].

3.2.2.9. Faktörleştirme

İyi bir faktörleştirmede, değişken azaltma olmalı, üretilen yeni faktörler arasında ilişkisizlik sağlanmalı ve elde edilen faktörler anlamlı olmalıdır. Faktörleştirmede kullanılan pek çok teknik vardır. Bu teknikler, klasik faktör çıkartma teknikleri ve temel bileşenler analizi olarak ikiye ayrılabilir [24].

Temel eksenler, maksimum olabilirlik ve çoklu gruplandırma teknikleri, klasik faktör analizi teknikleri içinde yer alan tekniklerden bazılarıdır. Varyansı en çoklayan ya da artık varyansı en aza indirgemeyi esas alan bir yaklaşım olan temel bileşenler analizi, faktörleştirme tekniği olarak çok sık kullanılmaktadır [24].

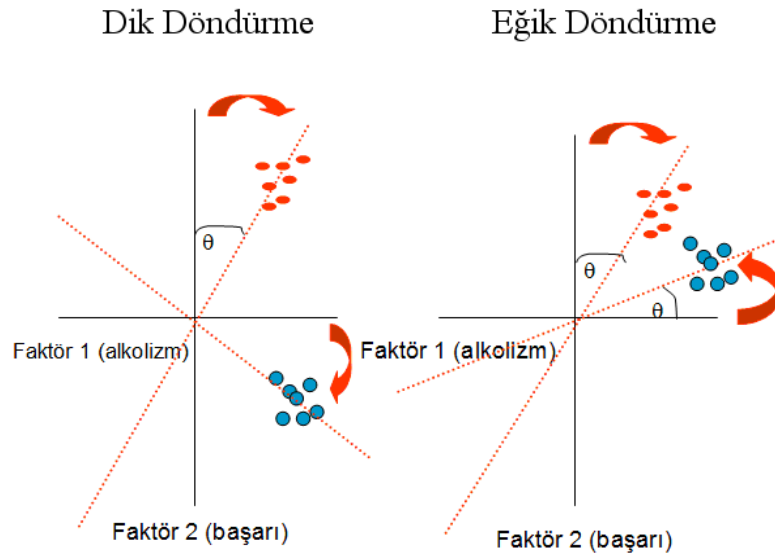
3.2.2.10. Döndürme Teknikleri

Kavramsallığın sağlanmasında, döndürme tekniklerinden yararlanılmaktadır [25]. Eksenlerin döndürülmesi sonrasında, maddelerin bir faktördeki yükü artarken diğer faktörlerdeki yükleri azalmaktadır. Böylece faktörler daha kolay yorumlanabilmektedir [24]. Dik ve eğik olmak üzere iki tür döndürme yaklaşımı vardır. Dik döndürmede, faktörler arasında ilişki olmadığı düşüncesi sözkonusudur ve eksenler konumları değiştirilmeksizin (aynı açıyla) döndürülmektedir. Eğik döndürmede ise, faktörlerin birbirleriyle ilişkili olduğu düşünce sözkonusudur ve eksenlerin döndürülmesinde farklı açılar kullanılmaktadır. Döndürme sonunda değişkenlerle ilgili açıklanan toplam varyans değişmezken, faktörlerin açıkladıkları varyanslar değişmektedir. Dik döndürmede ortaya çıkan yük matrisi, gözlenen değişkenler ile faktörler arasındaki korelasyonların matrisidir ve yüklerin büyüklükleri, ilişkinin büyüklüğünü verir. Eğik döndürmede yük matrisi ikiye bölünmektedir: faktörler ve değişkenler arasındaki korelasyonları gösteren yapı matrisi ve faktörle gözlenen değişkenler arasındaki eşsiz ilişkileri gösteren örüntü matrisi. Eğik döndürmede faktör örüntü matrisindeki faktör yük değerleri, çoklu regresyon analizindeki beta ağırlıkları gibi tanımlanmaktadır ve faktör yapılarını yorumlamada bu değerlerin dikkate alınması önerilmektedir. Faktör yapı matrisindeki yük değerleri ise, değişkenlerle faktör arasındaki ikili korelasyonları göstermektedir. Faktörler arasındaki ilişkinin düzeyi arttıkça, bu iki matrisin benzerliği azalmaktadır [24].

Genel bir kural olarak araştırmacı temelde verileri ile en uygun olan sonuçları almakla ilgileniyorsa eğik döndürme; araştırmacı daha çok sonuçların genellenebilirliği ile yani gelecek için en uygun çözümle ilgileniyorsa dik döndürme önerilmektedir [24]. Dik

döndürme yöntemleri içinde quartimax, varimax ve equamax en yaygın olarak kullanılanlarıdır. Eğik döndürmede, kullanılan yöntemler ise oblimax, quartimin, covarimin, oblimin, biquartimin ve binoramin yöntemleridir. Dik döndürmede, faktörler arası korelasyon değeri sıfırdır. Araştırmacıların uygulamada sıklıkla dik döndürme için varimax ya da quartimax; eğik döndürme için oblimin ya da promax tekniklerinden birini seçtikleri görülmektedir. Döndürmeden sonraki aşamada değişkenlerin toplandığı faktörlere isim verilmektedir. Bu adlandırma ilişkili faktör ile o faktörde toplanan değişkenlerin özel bir kombinasyonuna göre yapılmaktadır [25].

Şekil 3.3’de, akademisyenlerde alkolizm ve başarı ilişkisi görülmektedir. İlk faktör alkolizmle ilgili değişkenler (kadeh sayısı, bağımlılık ve obsesif kişilik) kümesidir. İkinci faktör ise, başarıyla ilgili değişkenler (maaş, statü ve yayın sayısı) kümesidir. Başlangıçta kırmızı noktalar başarı faktörüne, mavi noktalar ise alkolizm faktörüne yüklenmektedir. Eksenler döndürülünce (noktalı çizgiler), değişken kümeleri en ilgili oldukları faktörle keşismektedirler [25].



Şekil 3.3. Dik ve eğik döndürme [25].

3.2.3. Regresyon Analizi

Doğada birçok olayda sebep sonuç ilişkisine rastlamak mümkündür. Bazı durumlarda, bir değişkenin değerinin, diğer değişkenlerdeki değişimlere bağlı olarak nasıl etkilendiğinin incelenmesi gerekmektedir. Bir değişkenin değerine bakılarak diğerinin tahminlenebilmesi, değişkenler arasındaki ilişkinin bilinmesini gerektirmektedir. Bir ilişkiye etki eden faktörler kontrol altına alınabilirse, araştırmada ilgilenilen değişkenlerin de-

ğerlerinin optimum düzeye getirilmesi mümkün olmaktadır. Bu tür çalışmalar regresyon analizinin kapsamına girmektedir. Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkilerin istatistik analizlerle incelendiği bir yöntemdir. [27,28].

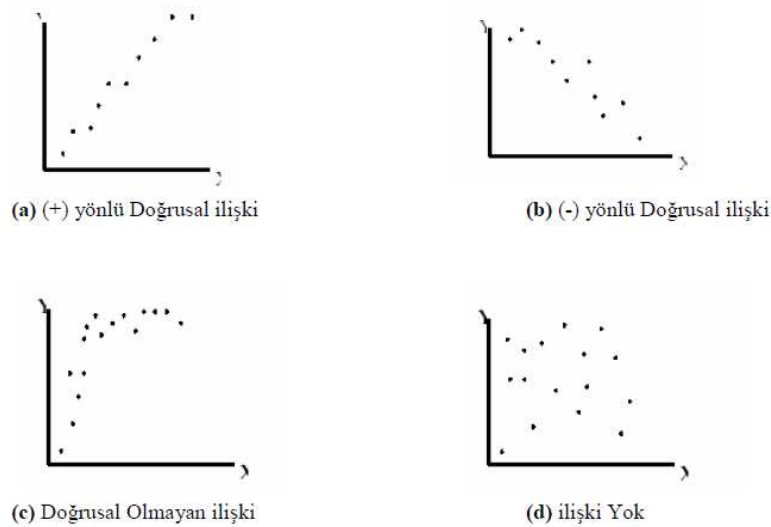
Değişkenler arasındaki ilişkiler belirleyici ilişkiler, yarı belirleyici ilişkiler ve deneysel ilişkiler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Aralarındaki ilişki matematiksel bir fonksiyonla kesin bir şekilde ifade edilebilen değişkenlerin ilişkisi belirleyici ilişkiler grubuna girmektedir. Bu ilişkiler genellikle çok sağlam bir teoriye dayanmaktadırlar ve geçerlilikleri kanıtlanmıştır. Örneğin, yere düşmekte olan bir cismin bırakıldığı yükseklik ile düşme zamanı arasında $t = \sqrt{2h/g}$ ile gösterilen ilişki vardır. Bu ilişki kesin bir ilişkidir ve belirleyici ilişkiler grubuna girmektedir. Değişkenler arasındaki ilişki teorik olarak bilinmesine karşın, ilişkinin matematiksel ifadesindeki bazı parametrelerin deneysel olarak saptanması gerekiyorsa, yarı belirleyici ilişki grubuna girmektedir, çünkü bu parametrelerin saptanabilmesi için deneyler yapılırken ölçüm aletlerinin hassasiyetlerinin tam olmayışı gibi çeşitli nedenlerle hataların yapılması söz konusudur. Dolayısıyla, gerçek ilişki ancak belli bir hata payı içinde açıklanabilmektedir. Örneğin, ideal gazların hacmi ile basıncı arasında $PV^\gamma = \text{sabit}$ şeklinde bir ilişki vardır ve ilişkinin tam olarak belirlenebilmesi için γ parametresinin deneysel olarak tahminlenmesi gerekmektedir. Bu ilişki yarı belirleyici ilişkiler grubuna dahil olmaktadır. Bu şekilde deneysel olarak parametrelerin tahminlenmesi regresyon analizi yöntemleri ile yapılmaktadır. Günlük hayatta sık sık karşılaşılan olaylar arasındaki ilişkileri açıklayan bir teori bulunmamaktadır. Bu durumda yapılması gereken, ilişkiyi açıklamaya yardımcı gözlemler yapılması ve ilişkinin bu gözlenen şekline uyan bir matematiksel model geliştirilmesidir. Elde edilen bu matematiksel model, daha sonra çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Bu ilişkiye örnek olarak, atılan gübre miktarı ile verim arasındaki ilişki verilebilmektedir. Bu ilişkiyi ifade eden matematiksel model, buğday veriminin tahminlenmesi amacı ile kullanılabilir. Bu ilişki deneysel ilişkiler grubuna girmektedir. Yarı belirleyici ve deneysel ilişkilerin incelenmesi, regresyon analizinin kapsamına girmektedir [28].

Regresyon analizinde değişkenler, bağımsız değişkenler ve bağımlı değişkenler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Bağımsız değişken, bağımlı değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılan açıklayıcı değişkendir. Bağımsız değişkenler, araştırmacının isteğine göre değerler alabileceği gibi, araştırmacının kontrolü dışında kendi kendilerine de

değer alabilmektedirler. Bir etüvün sıcaklığı veya tarlaya atılan gübre miktarı istenilen değerde olabilmektedir, ancak hava sıcaklığı veya rüzgarın hızı kontrol edilememektedir. Bağımsız değişkenler, bağımlı değişken olarak isimlendirilen diğer değişkenlere etki ederek onların değer değiştirmesine neden olmaktadır. Bağımlı değişken, regresyon modelinde açıklanan ya da tahmin edilen değişkendir. Örneğin, tarlaya daha fazla gübre atıldığında, verim artmaktadır. Regresyon analizinde, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki ve doğrusal eğri kavramı kullanılarak bir tahmin denklemi elde edilmektedir [27,28].

Regresyon analizinde, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişki olup olmadığı, bir ilişki varsa bu ilişkinin ne türde ve ne kadar güçlü bir ilişki olduğu, bağımlı değişkenin alacağı değerleri tahmin etmenin mümkün olup olmadığı, mümkünse nasıl gerçekleştirileceği, belirli koşulların kontrol edilmesi halinde özel bir değişken veya değişken grubunun diğer değişkenler üzerindeki etkisinin ne olduğu ve nasıl değiştiği araştırılmaktadır [27].

Değişkenler arasında doğrusal ilişki olabileceği gibi, doğrusal olmayan bir ilişki de olabilmektedir. Regresyon analizine karar verilmeden önce, dağılım diyagramı yapılması ve değişkenler arasında korelasyon olup olmadığına bakılması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlara göre tek değişkenli veya çok değişkenli, doğrusal veya doğrusal olmayan regresyon analizlerinden hangisinin uygulanacağına karar verilmesi gerekmektedir. Şekil 3.4'de doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkilere ait dağılım diyagramları (a, b ve c) ile ilişki olma durumuna ait dağılım diyagramı (d) görülmektedir [27].



Şekil 3.4. Değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren iki faktörlü dağılım diyagramları [27]

Regresyon analizi, bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla sayıda tahmin değişkeni arasındaki ilişkinin sayısal hale dönüştürülmesinde kullanılan istatistiksel bir analizdir. Temelde, değişkenler arasında ilişkinin niteliğinin saptanması amaçlanmaktadır. Tahmin değişkeni olarak bir tane değişken kullanıldığında basit regresyon analizi, tahmin değişkeni olarak iki veya daha fazla değişken kullanıldığında çoklu regresyon analizi adını almaktadır. Her ikisinde de amaç, tahmin değişkenlerinin bağımlı değişkendeki toplam değişime olan katkısının saptanması, saptanan bu katkı miktarlarına göre bir matematiksel denklem oluşturulması ve sonuç olarak bağımlı değişkenin değerinin tahmin edilmesidir [27].

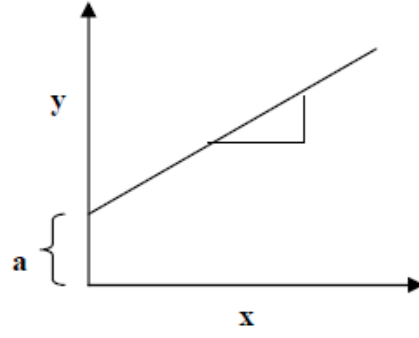
3.2.3.1. Basit Regresyon Analizi

Basit regresyon analizinde, biri bağımlı diğeri bağımsız olmak üzere iki değişken arasındaki ilişkinin açıklanması için:

$$y = a + bx + e \quad (3.2)$$

şeklinde matematiksel bir model kullanılmaktadır. Denklemi verilen bu basit regresyon modelinin gösterimi Şekil 3.5’de verilmiştir. y değerinin belli bir hataya sahip olduğu varsayılmaktadır ve denklemde e ile ifade edilmektedir. e , tesadüfi hata terimi olup; ortalaması sıfır, varyansı σ^2 olan normal dağılım gösterdiği varsayılmaktadır. Katsayıların önem kontrolü için bu varsayımın yapılması gerekmektedir. 3.2 numaralı denklemde x bağımsız değişken, y ise bağımlı değişken, a doğrunun y eksenini kestiği noktanın değeri, b ise doğrunun eğimidir. x değişkeni kendi birimi cinsinden 1 birim değiştiğinde, y değişkeninde kendi birimi cinsinden denklemdeki b değeri kadar değişmektedir. Bu nedenle b katsayısına regresyon katsayısı da denilmektedir [27].

Basit regresyonda birtakım varsayımlar sözkonusudur. Tahmin hataları tesadüfidir ve hata terimi normal dağılıma sahiptir Hata terimlerinin ardışık değerleri birbirlerinden bağımsızdır. Diğer bir deyişle, birbirini izleyen hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur. Hata teriminin varyansı X değerlerine göre değişmez yani sabittir. Yani bütün x değerleri için hata terimleri kendi ortalamaları etrafında aynı değişkenliğe sahiptir. Ayrıca hata teriminin varyansı, bağımlı değişkenin varyansına eşittir [27].



Şekil 3.5. Basit regresyon modelinin grafik gösterimi [27]

Bir regresyon modeli oluşturulurken genellikle en-küçük kareler ve en büyük olabirlik (maximum likelihood) teknikleri olarak bilinen iki yaklaşımdan biri kullanılmaktadır. Hata teriminin normal dağılım gösterdiği varsayılıyorsa en büyük olabirlik, hata teriminin dağılımı ile ilgili herhangi bir varsayım söz konusu değilse en-küçük kareler tekniği kullanılmaktadır. Hata, uydurulan regresyon doğrusu ile gözlem noktaları arasındaki fark olmaktadır. Regresyon doğrusuna ait parametrelerin, doğru ile gözlem noktaları arasındaki farkın, yani hatanın, en az olacağı şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Bunu sağlayan teknik ise, en-küçük kareler tekniğidir [27].

3.2.3.2. Çoklu Regresyon Analizi

Bir bağımlı değişken ve birden fazla bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon analizine “çoklu regresyon analizi” veya “çok değişkenli regresyon analizi” denilmektedir. Bağımsız değişkenler eşzamanlı olarak bağımlı değişkendeki değişimi açıklamaya çalışmaktadırlar. Örneğin, bir öğrencinin başarısını, zekası, çalışma süresi, çalışma ortamı, aile ortamı gibi birçok faktörler etkilemektedir. Bir hastanın iyileşme süresini, aldığı ilaçların dozu, yaşı, cinsiyeti, hastalığın ağırlık derecesi gibi birçok faktörler etkilemektedir. Bu gibi durumlarda çok değişkenli regresyon analizi uygulanmaktadır.

Basit regresyon analizindeki tüm varsayımlar çoklu regresyon analizinde de geçerlidir. Çoklu regresyon analizinde bu varsayımlara bir yenisi eklenmektedir. Bu varsayım, bağımsız değişkenler arasında basit doğrusal ilişkilerin olmaması şeklinde ifade edilebilmektedir. İstatistikte “çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity)” olmama durumu adı verilen bu varsayıma göre, bağımsız değişkenler arasındaki basit doğrusal korelasyon katsayılarının 0 veya 0’a çok yakın olması gerekmektedir [27].

Çoklu regresyon analizi, hesaplama ve yorum bakımından tek değişkenli regresyon analizine benzemektedir, ancak bazı farklılıklar mevcuttur. Çoklu regresyon analizinde, çoklu regresyon katsayısı mevcuttur ve “R” ile ifade edilmektedir. Çoklu regresyon katsayısı R, bir bağımlı değişkendeki değişim ile eş zamanlı ele alınan birden fazla bağımsız değişkendeki değişim arasındaki ilişkinin derecesini göstermektedir. Çok değişkenli regresyon analizi, sosyal bilimlerin birçok dalında kullanım alanı bulmaktadır. Pazarlama, sosyoloji ve psikoloji gibi bilim dallarında davranışsal hareketlerin belirlenmesinde, ekonomide zaman serisi türü ekonomik değişkenleri etkileyen faktörlerin tespiti ve geleceğe yönelik tahminlenmesinde kullanılmaktadır [27].

Çoklu regresyon analizinden olumlu sonuç alınabilmesi için, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin rakamsal olarak ve aynı ölçüm birimiyle ölçülmesi iyi sonuçlar verebilmektedir. Sınıflandırma ve aralıklı ölçümler sözkonusu olduğunda ve ölçüm birimleri değişik olduğunda, iyi yorumlanabilir sonuçlar alınamamaktadır. Niteliksel özellikler sayısal olarak gösterildiğinde, mesela zengine 1 yoksula 0 kodu verildiğinde, 1 ile 0 arasındaki farkın gerçekte zengin ile yoksul arasındaki farkı gösterip göstermediği tartışılabilmektedir. Zengin ile yoksul arasındaki fark 0 ile 1 arasındaki fark gibi değil, 0 ile 20, 30, 50 arasındaki fark gibidir. Diğer yandan, meslek gruplarını, mezun olunan okulları, cinsiyeti kodlamanın hiçbir anlamı yoktur. Bağımsız değişkeni seçerken de, kendi aralarında yüksek korelasyona sahip bağımsız değişkenlerden sadece birisinin alınması gerekmektedir. Mesela, kişinin yaşı, meslekteki kıdemi, aldığı ücret ayrı değişkenlermiş gibi görünmelerine rağmen, aslında her üçü de birbirleriyle sıkı sıkıya bağlantılıdır. Çoklu regresyon analizinde böyle değişkenlerden sadece birinin seçilmesi gerekmektedir. Bunun için de analize başlanmadan önce, bütün değişkenlerin korelasyon matrisine bakılması ve aralarında yüksek korelasyon olanlardan bir tanesinin seçilmesi uygun olmaktadır [27].

Çoklu regresyonda bazen hangi bağımsız değişkenin daha önemli olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle korelasyonlara bakılmaktadır. Yüksek korelasyon, daha güçlü doğrusal ilişkiyi göstermektedir. İkinci yol, bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni, ikili değişken formülünde ve çoklu regresyon içinde nasıl etkilediğine bakılmasıdır [27].

3.2.3.2.1.Çoklu Regresyon Metodları

Çoklu regresyon metodları, enter metodu, ileri doğru seçim (forward selection) metodu, geriye doğru eleme (backward elimination) metodu ve adım adım seçme (stepwise selection) metodudur [27].

Enter metodunda, bağımsız değişkenler bir blok olarak tek adımda girilerek değerlendirilmektedirler. Yani tüm bağımsız değişkenler eş zamanlı olarak regresyon modeline dahil edilmektedirler [27].

İleri doğru seçim metodunda, bağımlı değişken ile en yüksek pozitif veya negatif korelasyonu olan bağımsız değişken ilk önce seçilmektedir. Daha sonra girilen değişkenin katsayısının 0 olduğu hipotezi F testi ile yoklanmaktadır. Burada elde edilen F değeri, SPSS'in öngörülen F değerleri ile karşılaştırılmaktadır. SPSS'in iki F ölçütü mevcuttur. İlk olarak, F değeri sizin belirleyeceğiniz minimum bir F değeri ile karşılaştırılmaktadır ve normal ayarı 3,84'tür. İkinci olarak, F istatistiği ile bağlantılı ihtimalin (Probability of F-to-enter, PIN) ayarlanması söz konusudur ve normal ayar 0,05'tir. Eğer elde edilen F değeri bu değerlere eşit veya bu değerlerden küçükse, o bağımsız değişken regresyon değerlendirmesine alınmakta ve seçim ileri doğru devam etmektedir; yoksa işlem orada durdurulmaktadır. Bir değişken seçilip işleme alındığında, geride kalan bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki korelasyonlara bakılmakta ve en yüksek korelasyona sahip bağımsız değişken bir sonraki aday olmaktadır. Bu, aynı zamanda en büyük F değerine sahip değişkenin de seçimi olmaktadır [27].

Geriye doğru eleme metodunda, ileri doğru seçim metodundaki işlemin tersi uygulanmaktadır. Öncelikle bütün bağımsız değişkenler seçilmektedir, sonra sıra ile belli ölçütlere göre eleme yapılmaktadır. Burada da SPSS'in iki eleme ölçütü mevcuttur. Birinci ölçüt, değişkenin formülde kalabilmesi için en küçük kareler F değeridir (F-to-remove, FOUT) ve normal ayarı 2,71'dir. İkinci ölçüt, en büyük F ihtimalidir (Probability of F-to-remove, POUT) ve normal ayarı da 0,10'dur. İlk önce en küçük kısmi korelasyon katsayısına sahip değişken incelenmektedir. Öngörülen değerlerden, büyük değere sahip olan değişken elenmektedir [27].

Adım adım seçme metodunda, ilk olarak bağımsız değişken seçilmektedir, eğer ileri doğru seçme metodunda bahsedilen FIN veya PIN gereklerini yerine getiriyorsa, ikinci değişken seçilmektedir; yoksa işlem orada sona ermektedir. İkinci değişken olarak en yüksek kısmi korelasyona sahip değişken alınmaktadır. Seçimler en yüksek korelasyondan

başlayıp en düşüğe doğru yapılmaktadır. Bağımsız değişkenler ölçütlere uyuyorsa, regresyon analizine başlanmaktadır. İlk değişken seçildikten sonra adım adım seçme, ileri doğru seçmeden farklılaşmaktadır. İlk değişkenin, geriye doğru elemedeki gibi FOUT veya POUT ölçütlerine uyup uymadığı kontrol edilmektedir. Yani adım adım seçmede, hem ileri doğru seçme hem de geriye doğru eleme işlemleri yapılmaktadır [27].

3.2.4. Yapay Sinir Ağları Metodu

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir sisteminden esinlenilerek tasarlanmış bilgisayar sistemleridir. Bu sistemler, insan beyninde var olan öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarma gibi özellikleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacıyla geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları, olayların örneklerine bakmakta, onlardan ilgili olay hakkında genellemeler yapmakta, bilgiler toplamakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karışılışınca öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir [29,30,31].

3.2.4.1. Yapay Sinir Ağları Hakkında Genel Bilgi

Biyolojik sinir sisteminde yer alan sinir hücreleri, yapay sinir ağlarındaki nöronlara karşılık gelmektedir. Yapay sinir ağları, çok sayıda nöronun çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir. Bu nöronlar, eş zamanlı olarak çalışarak karmaşık işlevleri yerine getirmektedirler. Ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır [30,31,32].

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların ayarlanması ile olmaktadır. İnsan beyni, kişinin yaşam süresince elde ettiği deneyimler aracılığı ile sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşmaktadır. Bu sayede öğrenme gerçekleşmektedir. Bu durum, yapay sinir ağları için de geçerlidir. Yapay sinir ağının öğrenmesi, nöronlar arasındaki bağlantıların ağırlıklarının tekrar tekrar ayarlanmasıyla gerçekleşmektedir. Yapay sinir ağlarının, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de uygun tepkileri üretmesi genelleme olarak tanımlanmaktadır. Yapay sinir ağlarının karmaşık problemleri çözebilme kabiliyeti, hesaplama ve bilgi işleme gücü, sistemin paralellığı, toplamsal işlevin yapısal olarak dağılımı, öğrenme ve genelleme yeteneğinden ileri gelmektedir [30,31,32].

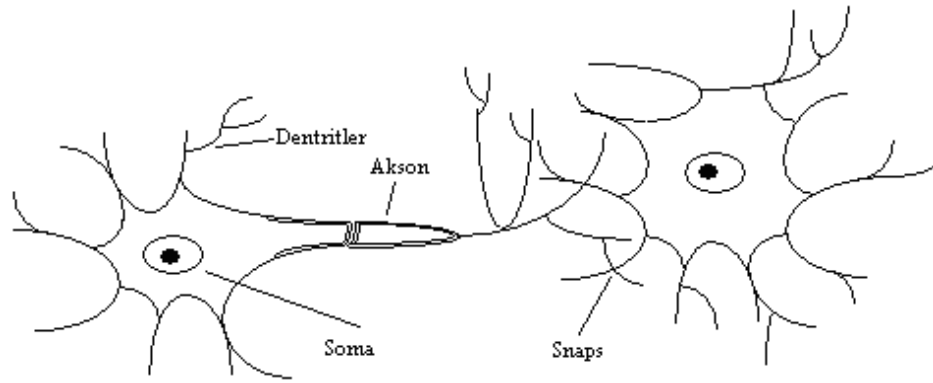
3.2.4.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihsel Gelişimi

Yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar 20. yüzyılın ilk yarısında, 1950'li yıllarda, başlamıştır. 1970 yıllarında daha önce aşılması imkânsız görünen pek çok problem aşılmıştır ve yapay sinir ağları için bir dönüm noktası olmuştur. Bu nedenle, yapay sinir ağları üzerine yapılan çalışmaları 1970 öncesi ve sonrası diye iki bölüme ayırmak mümkündür. 1980'li yılların ortalarında genel amaçlı kullanım için yeterli seviyeye gelmişler ve beynin yaptığı işlemleri yapabilecek sinir ağlarını oluşturabilmek mümkün hale gelmiştir. Yapay sinir ağları dijital işlemcilerin geliştirilmesinden sonra işlem yöntemi olarak önemli bir yeni yaklaşım olarak görülmektedir [31].

Yapay sinir ağları simülasyonları nispeten yeni bir gelişme olarak görülmektedir. Bununla beraber, bu alan bilgisayarın çıkışından önce ortaya çıkmıştır. Bilgisayarların yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, yapay sinir ağları alanında oldukça önemli gelişmeler olmuştur. Bu alandaki araştırmalar ve çalışmalar büyük bir ilgi ile başlamış fakat beklenen gelişmelerin gerçekleşmemesi sonucunda ilgi azalmış ve bir suskunluk dönemi başlamıştır. Profesyonel ve maddi katkının minimum olduğu bu dönemlerde, sadece birkaç araştırmacı tarafından katkı sağlanmıştır. Bocalama devresi geçtikten sonra yapay sinir ağları çalışmaları yeniden hız kazanmıştır. Son yıllarda ise, yapay sinir ağları alanı ilgi ve katkı olarak yeniden canlanmaktadır [31].

Yapay sinir ağları üzerine yapılan çalışmalara dair ilk girişimlerde, genel mantığı kullanan başlangıç simülasyonları yapılmıştır. 1940'larda sinir doktoru olan Warren Mc Culloch ve matematikçi olan Walter Pitts, bir biyolojik nöronun temel fonksiyonlarının basit bir başlangıç cihaz olarak modellenebileceğini göstermişler ve 1943 yılında ilk yapay sinir ağı modelini gerçekleştirmişlerdir. İnsan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlendikleri için, elektrik devreleriyle basit bir sinir ağı modellemiştirler. Mc Culloch ve Pitts, kendi nöroloji anlayışları çerçevesinde yapay sinir ağı modelleri geliştirmişlerdir. Bu modellerde, nöronların çalışma şekilleri hakkında bazı varsayımlarda bulunmuşlardır. Oluşturdukları ağlar, sabit eşiklere sahip ikili (binary) aletler olarak görülen basit nöronları baz almıştır. Modellerinin sonuçları, "a veya b" ve "a ve b" gibi basit mantıksal fonksiyonlardır. Yapay sinir ağlarının gelişmesinde tek etkisi olan bilim dalı nörobilim değildir. Psikologlar ve mühendisler de yapay sinir ağı simülasyonundaki ilerlemeye katkı sağlamışlardır [31].

1948 yılında matematikçi Norbert Wiener "Cybernetics" isimli kitabında, sinirlerin çalışması ve davranış özelliklerine değinmiştir [32,33]. 1949'da psikolog Donald O. Hebb ise "The Organization of Behaviour" adlı kitabında öğrenme ile ilgili temel teoriyi ele almış ve hücresel seviyede beyinin öğrenme mekanizmasından bahsetmiştir. Hebb, kitabında öğrenebilen ve uyum sağlayabilen sinir ağı modeli için temel oluşturacak "Hebb kuralı"nı ortaya koymuştur. Hebb kuralı; sinir ağının bağlantı sayısı değiştirilirse, öğrenebileceğini öngörmektedir. Hebb'in biyolojik öğrenme kuralına göre; bir nöronun dentrit (Şekil 3.6) yoluyla gelen ve bir akson yoluyla alınan giriş onun bir darbe üretmesine sebep olmaktadır. Sonraki aksonal girişlerin darbe üretme olasılığı artmaktadır. Böylelikle yapılan davranışın mükafatı ortaya çıkmaktadır [32,33,34].



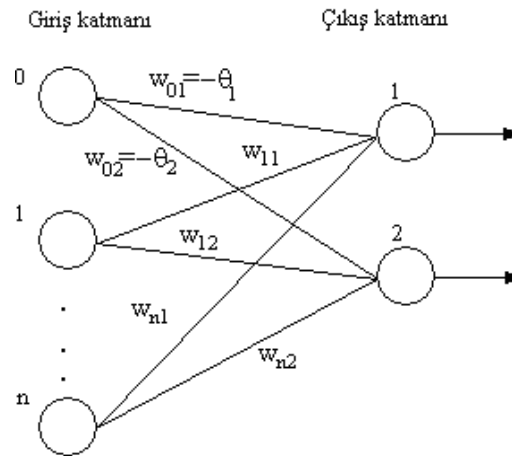
Şekil 3.6. Biyolojik nöron/sinir hücresinin şematik yapısı [34]

Yapay sinir ağları konusunda diğer bir girişim, bilgisayar simülasyonları kullanılarak yapılmıştır. Bu noktadaki katkılar Farley ve Clark (1954) ve Rochester, Holland, Haibit ve Duda (1956) olmak üzere iki farklı araştırmacı grubu tarafından yapılmıştır. IBM araştırmacıları olan Farley ve Clark, modellerini çalıştıramamışlar ve McGill Üniversitesi'nden nörobilimcilerle ortak bir çalışma yapmışlardır. Bu etkileşim, günümüze kadar süren, çok disiplinli bir trend oluşturmuştur [31].

Hızlı hesaplama yönelik ilk yapay sinir ağı çalışmaları 1950'li yıllarda başlamıştır. Basit nöron modellerine dayalı bir hesaplama modeli, 1950'lerde Frank Rosenblatt tarafından önerilmiş ve ardından 1957 yılında perseptron diye bilinen tek katmanlı ilk yapay sinir ağı modeli (Şekil 3.7) ortaya çıkmıştır. Perseptron, beyin işlevlerini modelleyebilmek amacıyla yapılan çalışmalar neticesinde ortaya çıkan tek katmanlı, eğitilebilen ve tek çıkışa sahip bir ağ modelidir. Bu ağ modeli, bir veri kümesine ait girdilerin bir rassal çıktıya bağlanma veya birleşme şeklini öğrenebilmektedir. Frank Rosenblatt'ın PERSEPTRON'u ge-

liştirmesinden sonra, yapay sinir ağlarına olan ilgi artmış ve bu konu ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır [31,32,34].

1959 yılında Bernard Widrow ve Stanford Üniversitesinden Marcian E. Hoff, bu basit nöron modellerini kullanarak öğrenebilen ilk adaptif sistemler üzerinde çalışmışlar ve delta öğrenme kuralı diye bilinen bir öğrenme kuralını ortaya koyarak ADALINE (Adaptive Linear Neuron) modelini geliştirmişlerdir. ADALINE, basit bileşenlerden oluşan bir analog elektronik alettir. En Küçük Ortalama Kareler (LMS – Least Mean Squares) yöntemine dayanmaktadır. Bu model Rosenblatt'ın Perseptron'una benzemektedir, ancak delta öğrenme kuralı diye bilinen daha gelişmiş bir öğrenme algoritmasını kullanmaktadır. Delta öğrenme kuralında, hata terimi (gerçek çıktı ile istenen çıktı arasındaki fark) kullanılarak bağlantı ağırlıkları değiştirilmektedir. ADALINE modeli, yapay sinir ağlarının mühendislik uygulamaları için başlangıç kabul edilmiştir. Bu model, uzun mesafelerdeki telefon hatlarındaki yankıları ve gürültüleri yok eden bir adaptif filtre olarak kullanılmış ve gerçek dünya problemlerine uygulanan ilk yapay sinir ağı olma özelliğini kazanmıştır. Bu yöntem günümüzde de aynı amaçla kullanılmaktadır [31,32,34,35].

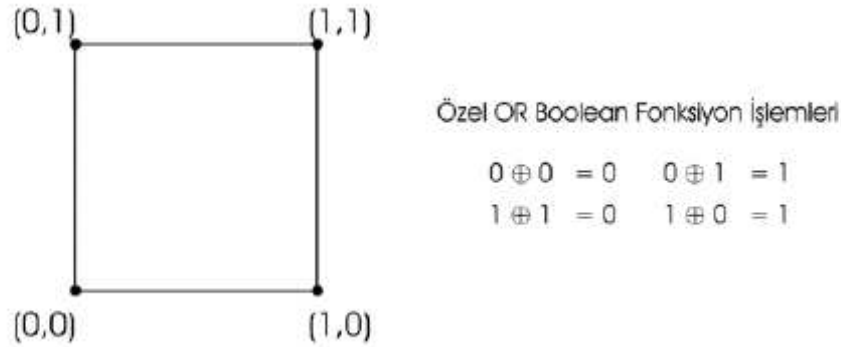


Şekil 3.7. Perseptron modeli [34]

1960'ların sonlarına doğru yapay sinir ağı çalışmaları durma noktasına gelmiştir. Bu duruma, 1969'da Marvin Minsky ve Seymour Papert tarafından yazılan "Perceptrons" adlı kitap sebep olmuştur. Minsky ve Papert, araştırmacılar arasında ön plana çıkan ve ekstra analiz yapılmadan kabul gören yapay sinir ağlarına karşı bazı olumsuzlukları bu kitapta toplamışlardır. Bu kitapta, basit perseptron modelinin yalnızca örnek sınıflarının lineer bir sınırla ayrılabilirdiği örneklemeleri sınıflandırabilirdiği, bu modelle klasik XOR (Exclusive

OR) problemine çözüm bulmanın imkansız olduğu gösterilerek perseptronların sahip olduğu sınırlamalar ortaya koyulmuş ve yapay sinir ağlarının doğrusal olmayan problemleri çözemediği ispatlanmıştır. Kitabın anafikri, çok tabakalı sistemlere genişlemenin verimsiz olduğu yönündedir. Minsky ve Papert, yapay sinir ağları yardımı ile öğrenme ve hesaplama aşılması zor engeller olduğunu iddia etmişler ve bu iddiaları ile yapay sinir ağları konusundaki çalışmaları önemli derecede yavaşlatmışlardır. Sonuç olarak, yapay sinir ağları simülasyonlarına yönelik araştırmalar hem ilgi hem de kaynak kaybına uğramıştır ve yapay sinir ağlarına karşı önemli bir önyargı oluşmuştur [31,32,33,34].

Tek tabakalı perseptron (ileri besleme ağ) gizli nöronlar içermemektedir, sadece çıktı tabakasına sahiptir. Bu yüzden, doğrusal olarak ayrıştırılamayan girdi yapılarını sınıflandıramamakta, doğrusal olmayan yapıları belirleyememektedir. Halbuki, doğrusal olmayan yapılar ile hemen hemen her konuda karşılaşılabilir. Bu durum, XOR probleminin basitleştirilmiş bir hali ile örneklenebilmektedir. Bu basitleştirilmiş yapı Şekil 3.8’de gösterilmiştir [31] :



Şekil 3.8. XOR problemi [31]

Burada açıklanan fonksiyon, doğrusal olarak ayrıştırılamayan bir yapı içermektedir. 1969 yılında Minsky ve Papert, yazdıkları kitapta bu tür bir yapının tek tabakalı perseptron ile modellenemediğini ve dolayısıyla sorunlu olduğunu göstermişlerdir. Yapay sinir ağı literatüründe “XOR problemi” olarak adlandırılan bu sorun yapay sinir ağları üzerine çalışmaları durma noktasına getirmiştir [31]. Tüm bu yaklaşımlara rağmen Anderson, Amari, Cooper, Fukushima, Grossberg, Kohonen, Hopfield gibi bilim adamları yapı tanımlama (pattern recognition) gibi problemlerin çözümüne yönelik çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Bu araştırmacılar, Minsky ve Papert tarafından tanımlanan sınırlamaları etkisiz kılan bir teknoloji geliştirmişlerdir [31,32,33].

1960'ların sonlarına doğru Grossberg ile Carpenter Adaptif Rezonans Teorisini (ART) geliştirmiştir. Onların çalışmaları, yankı (resonating) algoritmaları araştıran bir düşünce okulunun temellerini atmıştır. 1967 yılında Shun-ichi Amari, teorik gelişmelerle ilgilenmiştir ve adaptif yapı (pattern) sınıflandırması konusu üzerine bir makale yayınlamıştır ve bu makalede bir öğrenme temeli (error-correction method – hata düzeltme metodu) için bir matematiksel teori oluşturmuştur. 1972’de Teuvo Kohonen ve James A. Anderson “associative memory” konusunda benzer çalışmalar yayınlamışlardır. Henry Klopff, 1972 yılında, yapay nöronlarda öğrenme işlemi için, “heterostasis” olarak adlandırılan ve nöronsal öğrenmenin biyolojik prensiplerine dayanan bir temel oluşturmuştur [31,32,33].

Paul Werbos, 1974 yılında, backpropagation öğrenme metodunu geliştirmiş ve kullanmıştır. Birkaç yıl sonrasında bu metot oldukça popüler hale gelmiştir. Backpropagation ağlar, bugün en çok bilinen ve kullanılan yapay sinir ağlarıdır. Backpropagation ağ aslında, yapay nöronunda farklı bir eşik fonksiyonuna sahip, daha sağlam (robust) ve yetenekli bir öğrenme kuralı olan çok katmanlı perseptrondur. Kunihiko Fukushima, el yazısı karakterlerini yorumlamak için bir adım adım eğitilmiş çok tabakalı yapay sinir ağı oluşturmuştur. Bu model NEOCOGNITRON olarak adlandırılmaktadır ve 1975 yılında Fukushima tarafından tanıtılmıştır. Bu model şekil ve örüntü tanıma amaçlı geliştirilmiştir. Teuvo Kohonen 1982 yılında Kendi Kendini Düzenleyen Nitelik Haritaları (Self Organizing Feature Maps - SOM) konusundaki çalışmasını yayınlamıştır [31,32,33].

1970’li yılların sonlarında ve 1980’li yılların başlarındaki ilerleme, yapay sinir ağları alanına ilginin yeniden canlanması bakımından önemlidir. Bu hareketi birkaç faktör etkilemiştir. Örneğin, ayrıntılı kitaplar ve konferanslar çok farklı alanlarda uzmanlaşmış insanlarla bir forum imkanı ve dolayısıyla bir etkileşim sağlamıştır. Akademik programlar oluşturulmuş ve birçok üniversitelerde dersler açılmıştır. Artan ilgi ile beraber bu alandaki araştırmalara yönelik fonlar da artmış ve enstitüler ortaya çıkmıştır [31].

1969-1982 yılları arasındaki çalışmalarda ise teori artık oturmuş ve 1982’de John Joseph Hopfield tarafından yayınlanan “Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities” adlı çalışma ile çağdaş yapay sinir ağları devri başlamıştır. Bu çalışmada Hopfield, nöronların karşılıklı etkileşimlerine dayanan bir nöral hesaplama modeli önermiştir. Bu model, bir enerji fonksiyonunun, alabileceği en az değerine indiren, 1. mertebe lineer olmayan diferansiyel denklemlerden oluşmuştur. Hopfield, ağ seviyesinde, tek tek nöron seviyesinde varolmayan hesaplama kapasitesinin

bulduğunu öne sürmüştür. Bu tür yapay sinir ağına, “Hopfield Ağı” denilmektedir [33, 34].

1982-1984 yıllarında Hopfield, yayınladığı çalışmalar ile yapay sinir ağlarının genelleştirilebileceğini ve çözümü zor problemlere çözüm üretebileceğini göstermiştir. Geleneksel “seyyar satıcı problemi”ni çözmüştür. Bu çalışmaların neticesi Geoffrey E. Hinton ve arkadaşlarının geliştirdiği Boltzman Makinesi'nin doğmasına yol açmıştır. Hopfield' in geri beslemeli yapay sinir ağı modelini ortaya atması ve 1985’de David W. Tank ile birlikte yayınladığı “Neural Computation of Decisions in Optimization Problems” adlı çalışmada bu modelin pratik optimizasyon problemlerinde kullanılabilirliğini göstermesi, yapay sinir ağları konusundaki çalışmaları yeniden hızlandırmıştır [32,33,34].

1986’da David E. Rumelhart ve arkadaşları “Parallel Distributed Processing (Paralel Dağılımlı İşleme)” adlı kitaplarında, ileri beslemeli ağlarda yeni öğrenme modeli olan hatanın geriye yayılması algoritmasını (backpropagation algorithm) geliştirerek, daha önce bu konuda Minsky ve arkadaşları tarafından iddia edilen aksaklıkların aşılabileceğini göstermişlerdir. Bugün endüstride birçok yapay sinir ağı uygulamasında bu öğrenme yöntemi ile bunun değişik varyasyonları kullanılmaktadır. Back-propagation algoritması, kullanımı çok yaygın olan ve öğrenilmesi kolay bir ağıdır. Ayrıca biyolojik işaretlerin sınıflandırılmalarında tercih edilen bir ağ yapısıdır. İççe girmiş konveks yapıdaki kümelerin sınıflandırılmasını rahatlıkla yapmaktadır [33,34].

1988 yılında, Dave S. Broomhead ve David G. Lowe “RBF (Radyal Tabanlı Fonksiyonlar - Radial Basis Functions)” modelini geliştirmişler ve özellikle filtreleme konusunda başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Daha sonra Donald F. Specht, bu ağların daha gelişmiş şekli olan “PNN (Probabilistik ağlar)” ve “GRNN (Genel Regresyon Ağları)”nı geliştirmiştir. 1989 yılında, Touretzky ve Pomerleau, XOR probleminin yapay sinir ağlarında gizli nöronlar kullanılarak, diğer bir deyişle çok tabakalı ağlar yardımıyla, aşılabildiğini göstermişlerdir. Bu şekilde, yapay sinir ağı teknolojisi ile doğrusal olmayan yapıların da sınıflandırılabilir oldukları ortaya konulmuştur [31,32].

Yapay sinir ağlarının geliştirilmesinden günümüze kadar sayısız çalışma ve uygulama yapılmıştır. Yapay sinir ağlarının tarihi gelişimine yıllara göre daha kapsamlı bir şekilde göz atıldığında [32] :

- 1890:** İnsan beyninin yapısı ve fonksiyonları ile ilgili ilk yayının yazılması
- 1911:** İnsan beyninin sinir hücrelerinden oluştuğu fikrinin benimsenmesi
- 1943:** Yapay sinir hücrelerine dayanan hesaplama teorisinin ortaya atılması ve eşik değerli mantıksal devrelerin geliştirilmesi
- 1949:** Öğrenme prosedürünün bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilecek şekilde geliştirilmesi
- 1956-1962:** ADALINE ve WİDROW - HOFF öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi
- 1957-1962:** PERSEPTRON'un geliştirilmesi
- 1965:** İlk makine öğrenmesi kitabının yayınlanması
- 1967-1969:** Bazı gelişmiş öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi
- 1969:** Tek katmanlı algılayıcıların yetersizliklerinin ispatlanması
- 1969-1972:** Doğrusal ilişkilendiricilerin geliştirilmesi
- 1972:** Korelasyon matris belleğinin geliştirilmesi
- 1974:** Geriye yayılım modelinin geliştirilmesi
- 1978:** ART modelinin geliştirilmesi
- 1982:** Çok katmanlı algılayıcıların geliştirilmesi
- 1984:** Boltzman Makinesi'nin geliştirilmesi
- 1988:** RBF modelinin geliştirilmesi
- 1991:** GRNN modelinin geliştirilmesi

Sağlanan önemli ilerleme, yapay sinir ağları alanında daha ileri araştırmalar için gerekli ilgi ve bilgi birikimini sağlamıştır. Günümüzde sinir sistemi tabanlı işlemciler oluşmakta ve karmaşık problemlerin çözümüne yönelik uygulamalar gelişmektedir ve bu durum yapay sinir ağları için bir geçiş dönemini teşkil etmektedir [31].

3.2.4.3. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay sinir ağları, uygulanan ağ modeline göre değişik belirgin özellikler göstermelerine karşın temel birkaç ortak özelliğe sahiptirler. Bu özellikleri sayesinde, günümüzde birçok bilim alanında etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur [30,32].

1. Doğrusal Olmama:

Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan nöron doğrusal değildir. Dolayısıyla nöronların birleşmesinden meydana gelen yapay sinir ağları da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Doğrusal olmama, yapay sinir ağlarının en önemli özellik-

lerinden biridir. Ağ fonksiyonları da doğrusal olmayabilir. Yapı üzerinde dağılmış belli tipteki non-lineer alt birimler, özellikle istenen eşleştirmenin denetim ya da tanımlama işlemlerinde olduğu gibi non-lineer olması durumunda, işlevin doğru biçimde yerine getirilebilmesini matematiksel olarak olanak sağlamaktadır. Bu sebeplerden dolayı yapay sinir ağları, gerçek hayattaki olası doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli bir araçtır [30,31,32].

2. Öğrenme:

Öğrenme, esin kaynağı insan beynini çalışma sistemi olan yapay sinir ağlarının en önemli özelliğidir ve bu özelliği sayesinde geleneksel teknikler için çok karmaşık kalan problemlere çözüm sağlayabilmektedirler. Öğrenme özelliği yapay sinir ağları için önemli bir avantajdır. Ayrıca, insanların kolayca yapabildiği ama geleneksel metotların uygulanamadığı basit işlemler için de oldukça uygundur. Yapay sinir ağları karmaşık bir yapıya sahip oldukları için, bağlantı ağırlıkları önceden ayarlanmış şekilde tasarlanamamaktadır. Yapay sinir ağlarının arzu edilen davranışı gösterebilmesi için, sistemin amaca uygun olarak ayarlanması gerekmektedir. Bu amaçla, sistemin ilgilenilen problemde alınan eğitim verilerini kullanarak nöronlar arasındaki bağlantıları ve ağırlıklarını tekrar tekrar ayarlaması sağlanmaktadır ve problem sisteme öğretilmektedir [31,32].

3. Genelleme:

Genelleme, ağ yapısının ilgilenilen probleme ait nümerik bilgileri kullanarak eşleştirmeyi betimleyen kaba özellikleri çıkardıktan, diğer bir deyişle ilgilenilen problemi öğrendikten sonra, eğitim sırasında kullanılmayan girdiler için de anlamlı yanıtlar üretebilmektedir. Bir sistemin eğitilmiş yapay sinir ağı modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de, sistemle aynı davranışı gösterebilmektedir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir yapay sinir ağı, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilmektedir. Buradan, yapay sinir ağlarının hatalı (noisy) veya kayıp veriler için de çözüm üretebildikleri anlaşılmaktadır. Yapay sinir ağları, tanımlanmamış girdi verileri hakkında karar verirken genelleme yapabildikleri için iyi birer örüntü tanıma aracı ve sağlam sınıflandırıcıdır (robust classifier) [30,31,32].

4. Uyarlanabilirlik:

Belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağları, ilgilendikleri problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlamaktadır. Problemdeki değişimlere göre tekrar tekrar eğitilebilmektedirler, değişimler devamlı ise, gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir.

mektedirler. Yapay sinir ağıları, uyarlanabilirlik özelliği sayesinde, uyarlamalı örüntü tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılmaktadırlar [32].

5. Hata Toleransı:

Yapay sinir ağıları, çok sayıda nöronun çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir. Bu nöronlar, eş zamanlı olarak çalışarak karmaşık işlevleri yerine getirmektedirler. Ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir yapay sinir ağının bazı bağlantılarının hatta bazı nöronlarının etkisiz hale gelmesi, ağın doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilememektedir. Sistem, güven sınırları içerisinde çalışmasına devam edebilmektedir. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir [30,32].

6. Donanım ve Hız:

Sayısal ortamda tasarlanan yapay sinir ağıları, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile donanımsal olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu özellik, yapay sinir ağlarının hızlı bilgi işleme yeteneğini artırmaktadır ve gerçek zamanlı uygulamalarda arzu edilmektedir. Bu durum, yapay sinir ağlarının günlük hayatta yaşamımızın içine daha fazla gireceğinin bir göstergesidir [30,32].

7. Analiz ve Tasarım Kolaylığı:

Yapay sinir ağının temel işlem elemanı olan nöronun yapısı ve modeli, bütün yapay sinir ağı yapılarında hemen hemen aynıdır. Yapay sinir ağlarının farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşmaktadır. Dolayısıyla farklı uygulama alanlarında kullanılan yapay sinir ağıları, benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilmektedirler. Bu özellik, problemlerin yapay sinir ağıları ile çözümünde önemli bir kolaylık sağlamaktadır [32].

3.2.4.4. Yapay Sinir Ağlarının Geleneksel İşlemcilerden Farkları

Yapay sinir ağı modellerini klasik sistemlerden ayıran çeşitli özellikler vardır. Bu özellikler, ağın algoritmik olmayan, paralel ve yayılı bilgi işleme yeteneklerine dayanmaktadır. Bu yetenekler, yapay sinir ağlarının herhangi bir zorlukla karşılaşmaksızın karmaşık ve lineer olmayan hesaplamaları yürütmesini ve hızlı bir şekilde yanıt vermesini sağlamaktadır. Sözü edilen özelliklerden bazıları şunlardır [36] :

1. Örneklerden Öğrenme : Yapay sinir ağları, sadece öğrenmek zorunda olduğu probleme ilişkin girdi-çıkı örneklerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu örnekleri kullanarak genellemeler yapmaktadırlar.

2. Örnekleri Tanıma ve Sınıflandırma : Yapay sinir ağları, bir örneğe ait girdiyi almakta ve eğitim sırasında probleme ilişkin girdi-çıkı örneklerini kullanarak oluşturduğu eşleştirmeler ile ilgili bilgiyi depoladığı yerdeki yayılı belleğini kullanarak karşılık gelen çıkıyı üretmektedir.

3. Örnekleri Yeniden Oluşturma : Yapay sinir ağları, eksik bir örneği yeniden oluşturma yeteneğine sahiptirler. Ağ, eksik bir örneği almakta ve eksik örnekteki kayıp olan bilgiyi eğitim sırasında eksiksiz örneklerle belleğinde oluşturduğu bilgilerden yararlanarak bulabilmektedir.

4. Kendi Kendine Adapte Olabilme : Bazı yapay sinir ağları, kendi kendine organize olabileme ve öğrenme yeteneğine sahiptir. Bu tür sinir ağları, ortamda bazı değişiklikler olduğunda, bu yeni duruma kendilerini kolaylıkla adapte edebilmektedirler.

5. Hata Toleransı : Yapay sinir ağları, geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem elemanı her hareketi sırasıyla gerçekleştirmektedir. Yapay sinir ağı modelleri, her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen çok sayıda basit işlem elemanlarından oluşma ve bağlantı ağırlıklarının ayarlanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı önemli derecede esnek bir yapıya sahiptirler. Dolayısıyla, bazı işlem elemanlarının bazı nedenlerle ağdan çıkarılması, zarar görmesi veya yok edilmesi ve bunun sonucu bazı bilgilerin kayıp oluması, yapay sinir ağı modelinin işlevini tamamen yitirmesine ve sistemin toplam performansının tamamen başarısız olmasına neden olmamaktadır. Böyle bir durum çok kötü sonuçlar doğurmayacak şekilde yeteneklerin azalmasına yol açmasına rağmen, sadece modelde performans düşüklüğü yaratmaktadır. Bunun sebebi, bilginin bütün ağ boyunca yayılı vaziyette olmasıdır. Yapay sinir ağlarının bu özelliğinin, hesaplama ekipmanındaki ufak bir eksikliğin faciaya yol açacağı uzay araştırmaları, enerji üretimi, askeri konular vb. gibi kritik ortamlarda çok yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısı, sinirsel hesaplamanın temel güç kaynağıdır. Bu yerel işlem yapısı sayesinde, yapay sinir ağları metodu en karmaşık problemlere bile uygulanabilmekte ve tatminkar çözümler sağlayabilmektedir.

6. Bulanık Girdilere Direnç : Yapay sinir ağlarının bu özelliği de oldukça önemlidir. Bulanık veya eksik bilgiler ağa sunulduğu zaman, yayılı bellek girdi için en uygun veya bağdaşır olan çıktıyı seçmektedir. Bu özelliğe en güzel örnek, el yazısı karakterleri tanımadır. Yapay sinir ağları, eksik girdideki önemli özellikleri saptayabildiği için el yazısı karakterleri tanıyabilmektedir.

Bu özellikler, yapay sinir ağlarının araştırmacılar tarafından kullanımını cazip hale getirmektedir. Özellikle, polinom karakterli zamanda çözüm bulunamayan problemlere yakın-optimal çözüm bulma çabalarına öğrenme yeteneği yüzünden büyük katkısı olabileceği düşünülmektedir. Çizelge 3.4’de geleneksel algoritmalar ile yapay sinir ağları arasındaki farklar belirtilmiştir [32,36].

Çizelge 3.4. Geleneksel algoritmalar ile yapay sinir ağları arasındaki farklar [32]

Geleneksel Algoritmalar	Yapay Sinir Ağları
Çıkışlar, koyulan kurallara girişlerin uygulanması ile elde edilir.	Öğrenme esnasında giriş çıkış bilgileri verilerek, kurallar koyulur.
Hesaplama; merkezi, eş zamanlı ve ardışıdır.	Hesaplama; toplu, eş zamansız ve öğrenmeden sonra paraleldir.
Bellek paketlenmiş ve hazır bilgi depolanmıştır.	Bellek ayrılmış, ve ağa yayılmıştır. Dahilidir.
Hata toleransı yoktur.	Hata toleransı vardır.
Nisbeten hızlıdır.	Yavaş ve donanıma bağımlıdır.
Bilgiler ve algoritmalar kesindir.	Deneyimden yararlanır.

3.2.4.5. Yapay Sinir Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları

Yapay sinir ağları, karmaşık veya sorunlu verilerden bile anlam çıkarabilmektedirler. Bu nedenle, insanlar veya bilgisayarlar tarafından anlaşılması zor trendleri belirlemek veya yapıları (pattern) çıkartmak için kullanılmaktadırlar. Tam eğitilmiş bir yapay sinir ağı modeli, analiz ettiği veri tabanı üzerinde uzmanlaşmaktadır. Bu sayede, değişik durumlar ve ‘... olsa ne olur?’ türündeki simülasyon problemlerine çözümler bulabilmektedir [31].

Yapay sinir ağlarının pek çok avantajı vardır. Burada çok temel bazı avantajlardan bahsedilmektedir. Yapay sinir ağları, makine öğrenmesi gerçekleştirebilmektedirler. Bir yapay sinir ağının temel işlevi, zaten bilgisayarın öğrenmesini sağlamaktır. Bu nedenle, geleneksel programlamanın getirdiği birçok olumsuzluk ortadan kaldırılabilir. Yapay sinir ağlarının işlem elemanları arasındaki ağırlıklı bağlantılar sayesinde dağıtılmış hafızada bilgi saklayabildikleri söylenebilir. Yapay sinir ağları, dağıtık belleğe sahiptirler.

Bilgiler, geleneksel programlamada olduğu gibi veri tabanları ya da dosyalarda belli bir düzende tutulmamakta, ağın tamamına yayılarak değerler ile ölçülen ağ bağlantılarında saklanmaktadır. Hücrelerin bağlantı ve ağırlık dereceleri, ağın bilgisini göstermektedir. Tek bir bağlantının kendi başına anlamı yoktur. Dolayısıyla, nöronlardan bazılarının işlevini yitirmesi, anlamlı bilginin kaybolmasına neden olmamaktadır. Yapay sinir ağları, örnekleri kullanarak öğrenmektedirler. Yapay sinir ağlarının öğrenebilmesi için örneklerin belirlenmesi, bu örneklerin ağa gösterilerek istenen çıktılara göre ağın eğitilmesi gerekmektedir. Ağın başarısı, seçilen örnekler ile doğru orantılıdır, olay ağa bütün yönleri ile gösterilemezse ağ yanlış çıktılar üretebilmektedir. Yapay sinir ağları, daha önce görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilmektedirler. Eğitimleri sırasında kendilerine verilen örneklerden genellemeler çıkarmakta ve bu genellemeler ile yeni örnekler hakkında bilgi üretebilmektedirler. Yapay sinir ağları, algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler. Yapay sinir ağlarının en başarılı oldukları alanlar, algılamaya yönelik uygulama alanlarıdır ve bu alanlardaki başarıları kanıtlanmıştır. Yapay sinir ağları, örüntü (pattern) ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilmektedirler. Kendilerine örnekler halinde verilen örüntüleri kendisi veya diğerleri ile ilişkilendirebilmektedirler. Ayrıca kendisine verilen örneklerin kümelenmesi ile, bir sonraki verinin hangi kümeye dahil olacağına karar verilmesi konusunda kullanılabilirler. Yapay sinir ağları, örüntü tamamlama yapabilmektedirler, eksik bilgilerin tamamlanması konusunda oldukça başarılıdırlar. Geleneksel sistemlerin aksine, eğitildikten sonra veriler eksik bilgi içerse dahi, çıktı üretebilmektedirler. Bu durum bir performans kaybı yaratmamaktadır. Performans kaybı eksik bilginin önemine bağlıdır. Bilgilerin önem dereceleri eğitim sırasında öğrenilmektedir. Yapay sinir ağları, verilere göre kendi ilişkilerini oluşturmaktadırlar. Kendi kendine öğrenebilme ve organize etme yetenekleri vardır. Yapay sinir ağları, online olarak da öğrenebilmektedirler. Yapay sinir ağları, hesaplamaları paralel olarak yürütülebildiğinden gerçek zamanlı işlem yapabilmektedirler. Yapay sinir ağları, hata toleransına sahiptirler. Yapay sinir ağlarının eksik bilgilerle çalışabilmeleri ve bazı hücreleri bozulsa dahi çalışabilmeleri, onları hatalara karşı toleranslı yapmaktadır. Bir yapay sinir ağı, zaman içerisinde yavaş ve göreceli bir bozulmaya uğramaktadır. Ağlar problemin ortaya çıktığı anda hemen bozulmamaktadır. Yani dereceli bozulma (graceful degradation) göstermektedirler. Yapay sinir ağı modelleri, sınırsız sayıda değişken ve parametre ile çalışabilmektedirler. Bu sayede mükemmel bir öngörü doğruluğu ile genel çözümler sağlanabilmektedir [31,32].

Yapay sinir ağlarının, pek çok avantajının yanında, göz önünde bulundurulması gereken bazı dezavantajları da vardır. Öncelikle, yapay sinir ağlarının eğitilebilmesine ve test edilebilmesine yetecek genişlikte kapsamlı bir veri grubuna gereksinim duyulmaktadır. Yeterli veri grubu genişliği için kesin bir kriter bulunmamakla birlikte, bir noktada, uygulamaya bağlıdır. Dezavantaj sayılabilecek diğer bir nokta ise, basit olarak görülebilecek modelleme yapılarına rağmen uygulamanın zor ve karmaşık olabilmesidir. Bazı durumlarda, bir yakınsama sağlamak bile imkansız olabilmektedir. Ancak bu durum da uygulama alanına bağlıdır ve genellikle çok karmaşık problemlerde ortaya çıkmaktadır. Yapay sinir ağlarının en önemli sorunlarından bir tanesi, donanım bağımlı olmalarıdır. Yapay sinir ağlarının paralel işlem yapabilme yeteneği, paralel çalışan işlemciler ile performans göstermektedir. Yapay sinir ağlarında, probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi için geliştirilmiş bir kural bulunmamaktadır. Uygun ağ yapısı deneyim ve deneme yanılma yolu ile belirlenmektedir. Benzer şekilde, öğrenme katsayısı, hücre sayısı, katman sayısı gibi parametrelerin belirlenmesinde de belirli bir kural yoktur. Bu değerlerin belirlenmesi için belirli bir standart olmamakla birlikte her problem için farklı bir yaklaşım sözkonusu olabilmektedir. Yapay sinir ağlarında eğitimin ne zaman bitirilmesi gerektiğine ilişkin belli bir yöntem bulunmamaktadır. Ağın örnekler üzerindeki hatasının belirli bir değerin altına indirilmesi eğitimin tamamlandığı anlamına gelmektedir. Burada optimum neticeler veren bir mekanizma henüz yoktur ve yapay sinir ağları ile ilgili araştırmaların önemli bir konusunu oluşturmaktadır. Öğrenilecek problemin ağa gösterimi de önemli bir problemdir. Yapay sinir ağları nümerik bilgiler ile çalışabilmektedirler. Problemler yapay sinir ağlarına tanıtılmadan önce nümerik değerlere çevrilmek zorundadırlar. Burada belirlenecek gösterim mekanizması ağın performansını doğrudan etkileyecektir. Bu da kullanıcının yeteneğine bağlıdır. Yapay sinir ağlarının davranışlarının açıklanamaması, en önemli sorunlardan birini teşkil etmektedir. Yapay sinir ağları bir probleme çözüm ürettiği zaman, bunun neden ve nasıl olduğuna ilişkin bir ipucu vermez. Bu durum, ağa olan güveni azaltıcı bir unsurdur [31,32].

3.2.4.6. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları

Uygulama alanları konusunda bir sınırlama yoktur, ancak başta sınıflandırma, modelleme, öngörü ve tahmin uygulamaları olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadırlar. Yapay sinir ağları, tanımlanmamış girdi verileri hakkında karar verirken genelleme yapabildikleri için, verideki eğilimi veya yapıyı oldukça iyi tanımlayabilmekte ve sağlıklı sı-

nıflandırma yapabilmektedirler. Bu nedenle, tahmin ve öngörü işlemleri için çok uygundur. Fonksiyonel tahmin ve sistem modelleme gibi fiziksel işlemin anlaşılacağı veya aşırı karmaşık olduğu problemlerin yanı sıra, konuşma, karakter ve sinyal tanımlama gibi çeşitli sınıflandırma problemleri için de çözüm yolları sağlamaktadırlar. Ayrıca, kontrol problemlerinde de uygulama sahası bulmaktadırlar.

Gerçek hayatta karşılaşılan ve sayısı giderek artan ciddi problemlerin çözümünde yapay sinir ağlarından yararlanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının gerçek hayattaki yaygın uygulama alanlarına şu örnekler verilebilir : Kalite Kontrol, Finansal Öngörü, Ekonomik Öngörü, İflas Tahmini, Kredi Derecelendirme, Konuşma ve Yapı Tanımlama, İşlem Modelleme ve Yönetimi, Laboratuvar Araştırmaları, Petrol ve Gaz Arama, vb. Başarılı uygulamalar incelendiğinde, yapay sinir ağlarının çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek sensör verilerinin olması ve problemi çözmek için matematiksel modelin ve algoritmaların bulunmadığı, sadece örneklerin var olduğu durumlarda yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş ağlar genellikle şu fonksiyonları gerçekleştirmektedirler : Muhtemel fonksiyon kestirimleri, sınıflandırma, ilişkilendirme veya örüntü eşleştirme, zaman serileri analizleri, sinyal filtreleme, veri sıkıştırma, örüntü tanıma, doğrusal olmayan sinyal işleme, doğrusal olmayan sistem modelleme, optimizasyon, kontrol. Yapay sinir ağları uzay, otomotiv, bankacılık, savunma, elektronik, eğlence, finans, sigortacılık, üretim, sağlık, petrokimya, robotik, dil, telekomünikasyon, güvenlik gibi pek çok sektörde değişik uygulama alanları bulmuştur [31,32].

Dil alanında sözcük tanıma, yazı ve konuşma çevrimi, dil tercüme gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Metni konuşmaya çevirme, makineler için sesli komutlar, otomatik dil çevirme, sesle kilitlenmiş güvenlik sistemleri, sağır ve bedensel engelliler için yardımcı uygulamalar üzerinde geniş çaplı çalışmalar yapılmıştır. Konuşma algılayıcılarının çip haline getirilmesine çalışılmaktadır. Karakter tanıma konusunda daha çok optik karakterler ile çalışmalar yapılmıştır. Resimlerin eş zamanlı (real-time) sıkıştırılması ve tekrar açılması gerçekleştirilebilmektedir. Sekiz bitlik veriler üç bite dönüştürülebilmektedir, ancak kaybolma riski mevcuttur. Örüntü tanıma özelliği sayesinde, bagajlarda bomba bulunup bulunmadığını sezen sistemler tasarlanmıştır. Tıpta doku ve organ incelemek için laboratuvarlarda kullanılmaktadır. Göğüs kanseri erken teşhis ve tedavisi, EEG, ECG, MR, kalite ar-

tırımı, ilaç etkileri analizi, kan analizi sınıflandırma, kalp krizi erken teşhis ve tedavisi gibi oldukça önemli konularda yapay sinir ağları ile uygulamalar mevcuttur.

Mali konularda kullanımları da sözkonusudur. Bankacılık sektöründe kredi uygulamalarının geliştirilmesinde, müşteri analizinde ve kredi müracaat değerlendirmelerinde, bütçe yatırım tahminlerinde yapay sinir ağlarından yararlanılmaktadır. Ayrıca kiralama için onay vermede, kredi kartları için kredi risklerinin hesaplanmasında, birçok market ve mağazalarda kullanılmaktadır. Finans sektöründe kıymet biçmede, pazar performans analizinde, bütçe kestiriminde ve hedef belirlemede yapay sinir ağlarından yararlanılmaktadır. Sigortacılıkta ürün optimizasyonu, uygulama politikası geliştirme gibi amaçlar için uygulanmaktadır. Üretimde üretim işlem kontrolü, ürün dizaynı, makine yıpranmalarının tespiti, dayanıklılık analizi, kalite kontrol, iş çizelgeleri hazırlanması gibi birçok konuda yapay sinir ağları devrededir. Ayrıca, petrol rafinerilerinde rafine işlemleri esnasında kontrol amaçlı kullanılmaktadır. Petrokimya alanında arama ve verim analizi için kullanılmaktadırlar.

Uzay endüstrisinde uçuş simülasyonlarında, otomatik pilot uygulamalarında, komponentlerin hata denetimlerinde kullanılmaktadır. NASA, uzay araçlarının uçuş esnasındaki manevraları kendisinin düzeltmesi için bir sistem tasarımı üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bir hidroelektrik şirketi yapay sinir ağlarını, enerji dağıtım şebekesini kontrol etmek amacıyla kullanmıştır. Savunma sanayisinde silah yönlendirme, hedef seçme, radar, sensör sonar sistemleri, sinyal işleme ve görüntü işleme gibi konularda destek alınmaktadır. Otomotivde otomatik yol izleme, rehber, garanti aktivite analizi, yol koşullarına göre sürüş analizi amaçlı kullanımı sözkonusudur [32].

Elektronik alanında kod sırası öngörüsü, çip bozulma analizi, non-lineer modelleme gibi uygulamalar için yapay sinir ağları kullanılmaktadır. Robotikte yörünge kontrol, forklift robotları, görsel sistemler, uzaktan kumandalı sistemler, optimum rota belirleme gibi farklı amaçlarla kullanımları sözkonusudur. Telekomünikasyon alanında görüntü ve data karşılaştırma, filtreleme, eko ve gürültü sönmümlendirilmesi, ses ve görüntü işleme, trafik yoğunluğunun kontrolü ve anahtarlamada kullanımı sözkonusudur. Sinyal işleme alanında, seslerden gürültüyü ayıklama için kullanılmaktadırlar. Widrow'un MADALINE'i ilk kez gerçek hayatta uygulanan ses işlemedir. Telefon hattında gürültüleri ayırmakta kullanılmaktadır. Motorların seslerinden iyi çalışmadığını algılayıp haber vermek için de kullanılmaktadırlar. Eğlence sektöründe animasyonlarda, özel efektlerde ve pazarlama ön-

görüsü için kullanımı sözkonusudur. Güvenlik alanında ise parmak izi tanımada, kredi kartı hilelerinin saptanmasında, retina taramada ve yüz eşleştirmede kullanılmaktadırlar.

Görüldüğü gibi, yapay sinir ağları günlük hayatımızda farkında olmadığımız pek çok alanda kullanılmaktadır. Gün geçtikçe uygulama alanları genişlemekte ve gelişmektedir. En yaygın kullanım alanı, kalite kontrol birimleridir. Ayırt etmesi insanlar için zor ve sıkıcı işlerde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları, yoğun bağlantılı ve komplike işlem yapıları nedeniyle çalışabilecekleri özel ortamlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu yüzden, yapay sinir ağları, bu amaca yönelik olarak hazırlanmış özel yazılımlar ile bilgisayarlarda çalıştırılmaktadırlar. Günümüzde ise, gittikçe artan oranda yoğun ve karmaşık sinir ağlarını çalıştırmak ve daha hızlı işlem yapabilmek için özel donanımlar geliştirilmektedir [31,32].

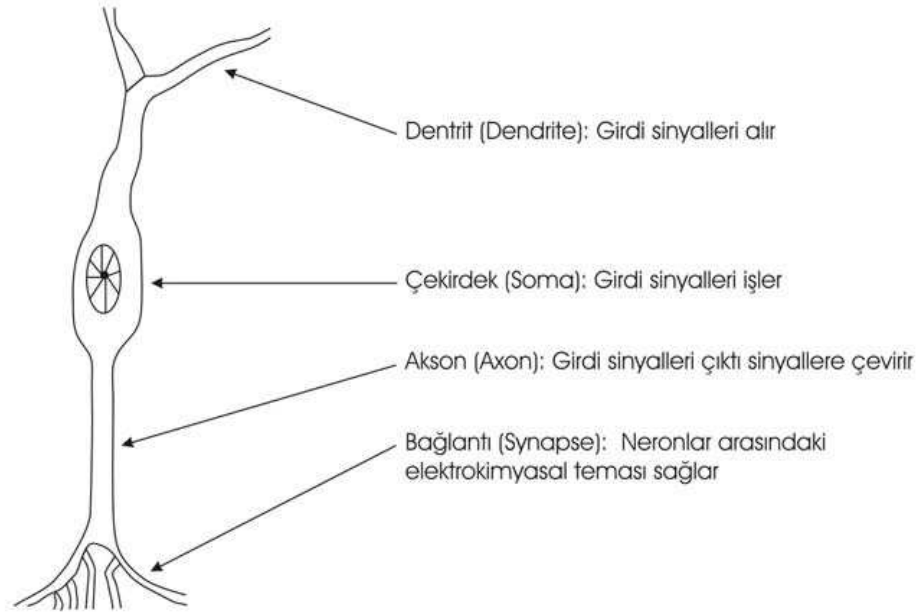
3.2.4.7. Biyolojik Sinir Sistemi ve Yapay Sinir Ağları

3.2.4.7.1. Biyolojik Nöron

Yapay sinir ağları, insan beyninden esinlenilerek biyolojik sinir sisteminin taklit edilmesi ve matematiksel olarak modellenmesi çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmış yapılardır. Bu yüzden, yapay sinir ağlarının yapısının anlaşılması için, insan beyninin yapısının ve çalışma şeklinin anlaşılması önemlidir.

Biyolojik sinir ağları, başlangıçta sadece nörofizyolojistler tarafından araştırılmıştır. Araştırmaların konusu, genel olarak her bir nöronun yapısı ve birbirleri ile nasıl ilişkide buldukları üzerine olmuştur. Bu çalışmalar, yapay sinir ağlarının oluşturulmasında oldukça faydalı olmuştur. Sinir sisteminin en basit yapısı olan bir nöronun analizi büyük önem taşımaktadır. Nöron, beyindeki bir sinir hücresidir ve sinir ağlarının en temel elemanlarından birisidir. Elektrik sinyallerinin toplanması, işlenmesi ve iletilmesini sağlamaktadır. Beynin bilgi işlemesi sinir ağlarına dayanmaktadır. Nöronlar, sinir sistemi içerisindeki fonksiyon ve görevlerine göre değişik şekil ve büyüklükte olabilmektedir. Yirmiden fazla nöron çeşidi bulunmaktadır. Bütün nöronların ortak bazı özellikleri vardır. Şekil 3.9'da bir biyolojik nöronun genel yapısı görülmektedir. Nöron, soma adı verilen hücre gövdesi, bir ucunda bir grup liflere benzer "dendrit" adı verilen ve hücreye diğer hücrelerden veya dış dünyadan bilgiler (sinyaller) getiren bağlantı elemanları, diğer ucunda ise tek bir life benzer "akson" adı verilen ve hücrelerden diğerlerine veya dış dünyaya bilgiler taşıyan bağlantı elemanından meydana gelmektedir. Akson, birden fazla dendrit ile ilişkiye

girebilmektedir. Bu bağlantının yapıldığı yerlere “sinaps” denilmektedir. Sinapsların elektrofizyolojik olarak hücrelerdeki bilgileri işlemede önemli bir yeri bulunmaktadır. Nöronlar çok sayıda dendritleri vasıtasıyla giriş sinyalini almaktadırlar. Bu sinyaller, harekete geçirici (tetikleyici) veya yasaklayıcı olabilmektedirler. Dendrit tarafından alınan sinyaller toplanmakta ve nöron gövdesine yerleştirilmektedir ve bir çıkış darbesi üretilip üretilmeyeceğine karar verilmektedir. Sinyaller, belirli bir eşik değerini aştığı zaman, hücre diğer hücrelere aksonu vasıtasıyla bir etki iletmekte ve çıkış darbesi üretilmektedir. Üretilen çıkış darbesi aksonlar tarafından taşınarak diğer nöronlarla olan bağlantılara veya terminal organlara iletilmektedir. Nöron davranışı bütün yönleriyle anlaşılmaktan uzak olmasına rağmen, bu basit anlatım yapay nöron için bir model oluşturmaktadır [31,32,34].



Şekil 3.9. Biyolojik nöronun genel yapısı ve işlevleri [31]

Nöronların birbirleri ile elektrik sinyalleri şeklinde haberleştiği belirlenmiştir. Sinyaller bir nöronun aksonundan diğerinin dendritine gönderilmektedir. Nöronlar, hücrenin içinde ve dışında dağılmış halde bulunan sodyum, potasyum, kalsiyum ve klor gibi iyonlar vasıtasıyla hücre duvarındaki voltajı değiştirmekte ve böylece elektrik sinyali üretmektedirler. Potasyum yoğunluğu nöronun içinde, sodyum yoğunluğu nöronun dışındadır. Bir hücre diğer bir hücreye elektrik enerjisini bu kimyasal iyonlar vasıtasıyla transfer etmektedir. Bazı iyonlar elektrik ve manyetik kutuplaşmaya sebep olurken, bazıları kutuplaşmadan kurtulup hücre zarını açarak iyonların somaya geçmesini sağlamaktadır. Sinyallerin bir hücreden diğerine akması, kutuplaşmanın azalması ile gerçekleşmektedir. Sinyaller hücre-

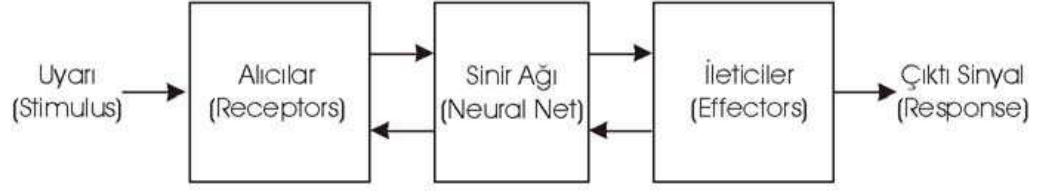
nin etkinliğini belirlemektedirler. Bir hücrenin etkinliği, hücreye gelen sinaps sayısı, sinapslardaki iyonların konsantrasyonu, sinapsın sahip olduğu güç olmak üzere üç faktöre bağlıdır. Bir nöron, sahip olduğu dürtü miktarınca diğer hücreleri etkilemektedir. Bazı hücreler diğerlerinin dürtülerini pozitif yönde, bazı hücreler de negatif yönde etkilemektedir. İnsan beyni, bu şekilde çalışan milyonlarca nöronun bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Beyindeki korteks denilen bölgede her nöronun bir karşılığı bulunmaktadır. Bir nöronun çıkışı, ona bağlı olan bütün nöronlara iletilmektedir. Korteks, işin yapılabilmesi için hangi nöron harekete geçecekse sadece ona komut göndermektedir.

Yapay sinir ağları, beyinden esinlendiklerinden dolayı, beyine benzer bir yapıya sahiptirler. Ancak insan beyninin yoğun bağlantılı, çok yönlü, komplike ve güçlü yapısı sadece kendine has bir özelliktir, başka hiçbir yerde veya dijital bilgisayarda böyle bir yapı bulunmamaktadır. İnsan beyninin yaklaşık olarak 1011 tane nöron olarak adlandırılan hesap elemanından oluştuğu ve bu nöronlar arasında 1015 bağlantı bulunduğu düşünülmektedir. Bu yapıya yakınsamak günümüz teknolojisine şimdilik çok uzaktır. Yapay sinir ağlarını oluşturmak için kullanılan yapay nöronlar, beyindekilere kıyasla oldukça ilkel sayılmaktadırlar. Dolayısıyla, yapay nöronlar beynin yoğun bağlantılı ve komplike yapısından hala oldukça uzaktırlar ama genel yapı olarak tutarlıdırlar. Yapay sinir ağları, beynin sadece en temel elemanlarını kopyalamaya çalışmaktadır. Çizelge 3.5’de biyolojik sinir sistemleri ile yapay sinir ağlarının karşılaştırılması görülmektedir [31,32,34].

Çizelge 3.5. Biyolojik sinir sistemleri ve yapay sinir ağları [32]

	Bilgisayar	Beyin
Çevrim zamanı	10-8 saniye	10-3 saniye
İşleme Ünitesi	1 CPU, 105 kapı	1011 nöron
Depolama Ünitesi	109 bit RAM, 1010 bit disk	1011 nöron, 1014 sinaps
Bant genişliği	109 bit/saniye	1014 bit/saniye
Nöron update/sn.	105	1014

İnsan beyni, sinir sisteminin merkezini oluşturan temel elemandır. Sürekli olarak iletilen bilgiyi almakta, idrak etmekte, işlemekte ve uygun kararları vererek gerekli yerlere iletmektedir. Çok basit görünmekle birlikte aslında oldukça karmaşık olan bu yapının Haykin (1999) tarafından kullanılan basit bir gösterimi Şekil 3.10’da görülmektedir [31].

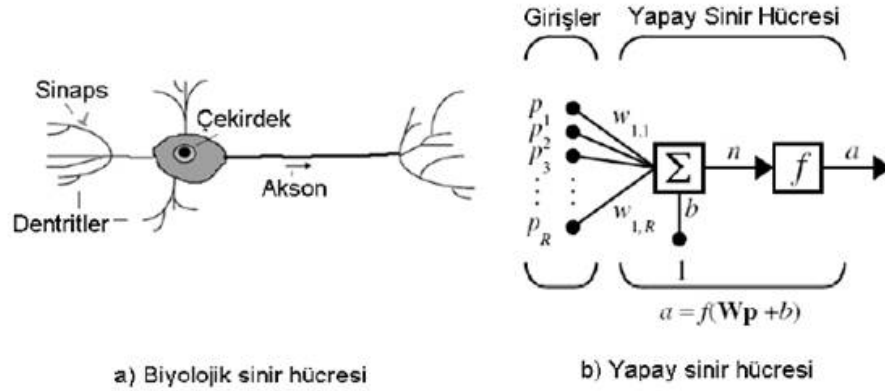


Şekil 3.10. Sinir sisteminin blok diyagramı [31]

Bir biyolojik nöron, temel olarak, diğer kaynaklardan girdiler almakta, belirli bir şekilde bunları birleştirmekte, sonuç üzerinde bir işlem (genelde doğrusal olmayan) uygulamakta ve nihai sonucu üretmektedir [31]. Şekil 3.10'dan takip edilebileceği gibi, dışarıdan veya başka bir organdan gelen sinyaller, alıcılar yoluyla sinir ağına iletilmektedir. Sinyaller burada işlemde geçirilerek çıktı sinyalleri oluşturulmaktadır. Oluşturulan çıktı sinyalleri ise ileticiler yoluyla dış ortama veya diğer organlara iletilirler. Şekil 3.10'da sinir ağı olarak gösterilen ortadaki bölüm, yani beyin, sinir sisteminin merkezi konumundadır. Beynin temel yapı taşları ise sinir hücreleri, diğer bir ifade ile nöronlardır. Beyin, işlevini birbirleri arasında yoğun bağlantılar bulunan bu nöronlar ile yerine getirmektedir. Nöronların en belirgin özelliği, vücudun diğer bölümlerinin tersine yeniden üretilmeyen belirli bir hücre türü olmasıdır. Beynin diğer temel yapısal ve fonksiyonel birimleri olan bağlantılar (sinapslar), nöronlar arası etkileşimi sağlamaktadırlar. Dolayısıyla, beyin yapısında bu bağlantıların da önemli bir yeri bulunmaktadır. Beynin oldukça etkin çalışan bir organ olmasının temel sebebi bu yoğun bağlantılı yapısıdır. Bu yapı sayesinde beyin, bugünkü bilgisayar teknolojisinden kat kat daha etkin bir şekilde çalışabilmektedir.

Beynin yoğun bağlantılı yapısı, bilgilerin yenilenebilmesi özelliğini de beraberinde getirmektedir. Plastiklik özelliği, gelişmekte olan sinir sisteminin kendisini kuşatan çevreye adapte olmasını sağlamaktadır. Gelişmiş bir beyinde, plastiklik iki mekanizma ile izah edilebilmektedir. Bunlar, nöronlar arasında yeni bağlantıların oluşturulması ve varolan bağlantıların modifiye edilmesidir. Ayrıca, bu özellik öğrenme kavramı açısından da çok büyük önem taşımaktadır. Plastiklik özelliği, nöronların işlem yapabilmeleri için gerekli bir özelliktir, çünkü öğrenme süreci bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesi veya yeni bağlantıların oluşturulması (hatta bazı bağlantıların iptal edilmesi) sayesinde gerçekleşmektedir. Bu ilişki, yapay nöronlar kullanarak beyinden esinlenilmiş sinir ağları oluşturulabilmesini sağlamaktadır [31].

Biyolojik beynin en önemli özelliklerinden birisi de öğrenme olayıdır. İnsanlar ve hayvanlar sürekli olarak içlerinde bulunduğu çevre ile ilişkiler neticesinde bir öğrenme süreci içerisindeyler. Öğrenilen her yeni bilgi, hemen beynin fonksiyonlarını etkileyerek davranışlarda da kendini gösterir. Yapay sinir ağlarının geliştirilmesinde bu özellik temel teşkil etmektedir. Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların ayarlanması ile gerçekleşmektedir. İnsanın yaşamı süresince edindiği tecrübelerin sinaptik bağlantıları etkilediği ve öğrenmenin bu şekilde geliştiği düşünülmektedir. Yapay sinir ağlarında bu ayarlanmanın yapılması ve öğrenmenin sağlanması için ağırlık fonksiyonları kullanılmaktadır. İnsanlarda deneme yanılma yoluyla gerçekleşen öğrenme olayı, yapay sinir ağlarında yinelemeli eğitim sayesinde gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.11’de biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresinin karşılaştırılması görülmektedir :



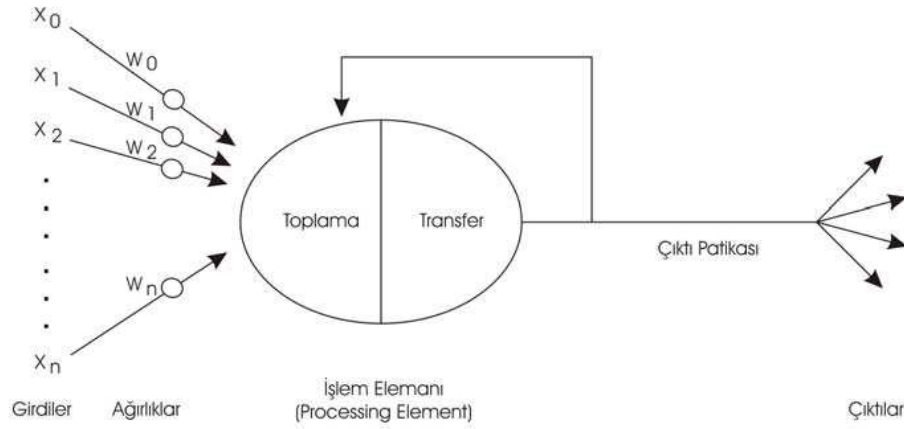
Şekil 3.11. Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir hücresi [32]

3.2.4.7.2. Yapay Nöron

Yapay nöronlar, aralarında bağlantılar oluşturulmak ve tabakalar halinde gruplandırılmak suretiyle bir araya getirilmekte ve yapay sinir ağları oluşturulmaktadır. Biyolojik sinir ağını oluşturan nöronlar çekirdek, akson ve dentrit olmak üzere üç bölgeye ayrılmaktadır. Bu bölgelerin her biri bilgilerin girişinde ve iletiminde belirli bir rol oynamaktadır. Yapay sinir ağlarında, nöron işlemci elemana, dentrit girdilere, hücre gövdesi transfer fonksiyonuna, aksonlar yapay nöron çıkışına, sinapslar ağırlıklara karşılık gelmektedir. Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan yapay nöronlar, doğal nöronların dört temel fonksiyonunu simüle etmektedirler. Bir yapay nöronun temel yapısı, genel haliyle, Şekil 3.12’de görülmektedir. Bu şekilde girdi değerleri x_i matematiksel sembolü ile gösterilmektedir ve bu gösterimde $i = 0,1,2,\dots,n$ değerlerini almaktadır. Bu girdi değerleri-

nin her biri, w_i ile gösterilen bağlantı ağırlıklarıyla çarpılmaktadır. Elde edilen bu çarpım değerleri toplanmakta ve bir transfer fonksiyonuna gönderilerek sonuç üretilmektedir. Bu sonuç, daha sonra bir çıktıya dönüştürülmektedir. Değişik toplama fonksiyonları ve transfer fonksiyonları da kullanılmakta ve farklı ağ yapılarında uygulanabilmektedir.

Bir yapay nöron, beş elemandan oluşmaktadır. Bunlar bilgiyi işlem elemanına getiren girdiler, belirli bir girdinin işlem elemanı üzerindeki etkisini tanımlayan ağırlıklar, işlem elemanının ağırlıklı girdilerini birleştiren birleştirme fonksiyonu, birleştirme fonksiyonunun sonucunu değerlendiren transfer veya aktivasyon fonksiyonu ve transfer fonksiyonunun sonuçlarını alarak bağlantılı olduğu işlem elemanlarına veya ağ dışı kaynaklara gönderen çıktılarıdır. Öncelikle bilgi, diğer işlem elemanları veya ağ dışı kaynaklardan

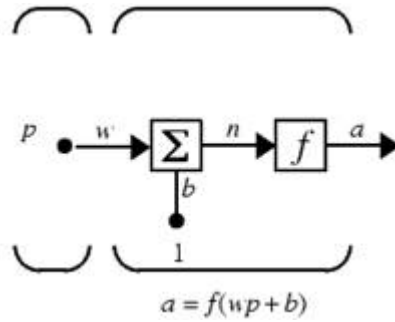


Şekil 3.12. Yapay nöronun genel yapısı [31]

sağlanmaktadır. Bazen, işlem elemanları, kendi kendine bilgi verebilmektedir. Bu bilgiler, bağlantı ağırlıkları vasıtasıyla bir sonraki katmanda yer alan yapay nöronlara iletilmektedir. Bağlantı ağırlıkları, ağın optimize edilmerek doğru çıktıları üretmesinin sağlanması için öğrenme esnasında değişmektedirler. Bağlantı ağırlıkları vasıtasıyla yapay nörona iletilen girdiler, hangi bağlantı ile geldiyse o bağlantıya ait ağırlık değeri ile çarpılmakta ve diğer bütün girdilerden elde edilen çarpım değerleri ile toplanmaktadır. Çok çeşitli toplama fonksiyonları mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanı, ağırlıklı girdileri toplayan toplama fonksiyonudur. Toplama fonksiyonundan elde edilen değerler transfer fonksiyonuna girilmekte ve o yapay nöron için bir çıktı elde edilmektedir. Farklı transfer fonksiyonları kullanılabilir. En yaygın olarak kullanılanlar, logaritmik sigmoid fonksiyonu, lineer fonksiyon ve kesin-limitli fonksiyondur. Bu şekilde hesaplamalar çıkış katmanına kadar devam etmektedir ve en sonunda elde edilen çıktı, hedef değer ile karşılaştırılır.

tırılmaktadır. Hedef değer ile ağın üretmiş olduğu değer arasındaki fark sifira eşitlendiğinde işlem durdurulmaktadır, ancak fark sifirdan farklı ve tolerans limitlerinin dışında kalıyorsa bağlantı ağırlıkları ve bias değerleri değiştirilerek bütün işlemler yeniden yapılmakta ve doğru çıktı üretilinceye kadar devam ettirilmektedir [36].

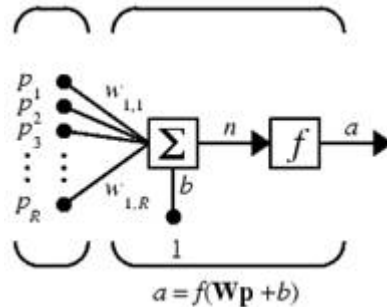
Basit bir yapay nöron, bir ya da birden çok skaler girişe ve bir çıkışa sahip olan bir hesaplama elemanıdır. Şekil 3.13’de tek girişli nöron modeli verilmiştir. Burada p , nöronun girişi olan skaler değeri; w , p girişi ile nöron arasındaki ağırlık değerini; b , nöronun bias değerini; f , transfer fonksiyonunu; a nöronun çıkışını belirtmektedir.



Şekil 3.13. Tek girişli nöron modeli [32]

Şekil 3.14’de birden fazla girişli olan nöron modeli verilmiştir. Buradaki R nöronun giriş sayısıdır. Görüleceği üzere giriş sayısı kadar da ağırlık değeri (w) vardır. Bu durumda birden fazla girişli olan nöron modelinin matematiksel ifadesi aşağıda belirtilmiştir :

$$a = f\left(\sum_{i=1}^R w_i p_i + b\right) \quad (3.3)$$



Şekil 3.14. Birden fazla girişli olan nöron modeli [32]

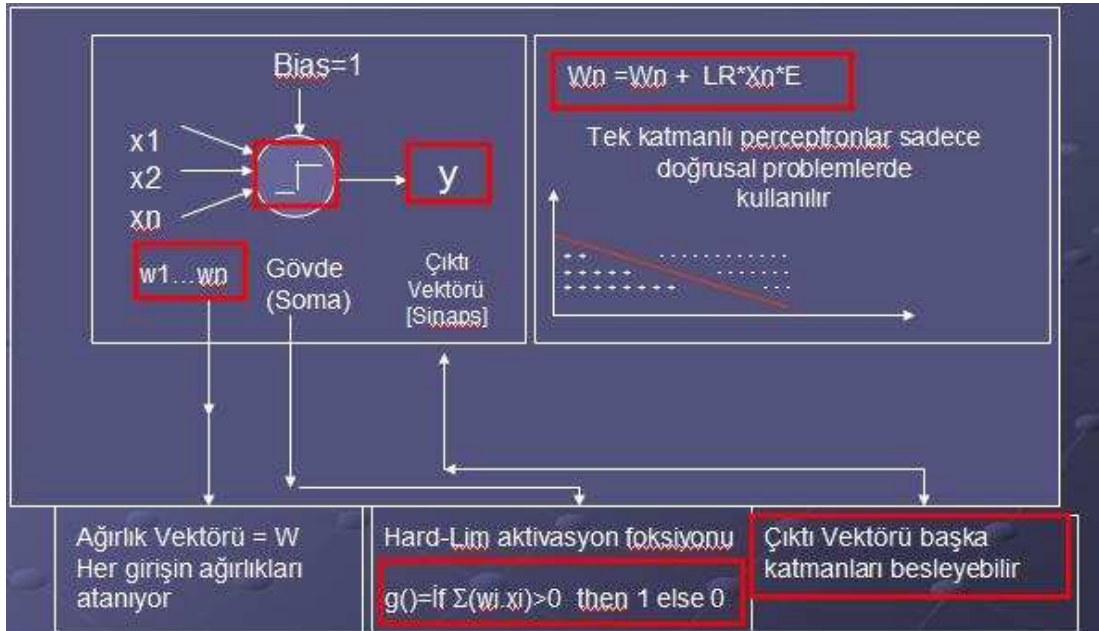
Yapay nöronlar bir araya gelerek katmanları meydana getirmektedirler. Genellikle, bir katmandaki her bir işlem elemanı, aynı toplama ve transfer fonksiyonu ile aynı öğren-

me kuralına sahip olmaktadır. Katmanlar bir araya gelerek yapay sinir ağını oluşturmaktadırlar. Yapay sinir ağlarında, dışarıdan bilgiyi kabul eden bir girdi katmanı, bilgiyi işleyen ve özellikler çıkaran bir veya daha fazla sayıda ara katman (gizli katman) ve sorgulanan problem üzerinde ağın kararı hakkında ağ dışı kaynakları bilgilendiren bir çıktı katmanı mevcuttur. Bilgi, bu katmanlar arasındaki bağlantılarda yayılmaktadır. Ağ, öğrenme kuralı vasıtasıyla kendi zekasını geliştirmektedir ve bu zeka, ağın ağırlık değerleri olarak bağlantılarda saklanmaktadır. Bir yapay sinir ağının tanımlayıcı özellikleri, sahip olduğu toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu, topolojisi, kullanılan öğrenme kuralı ve öğrenme stratejisidir [36].

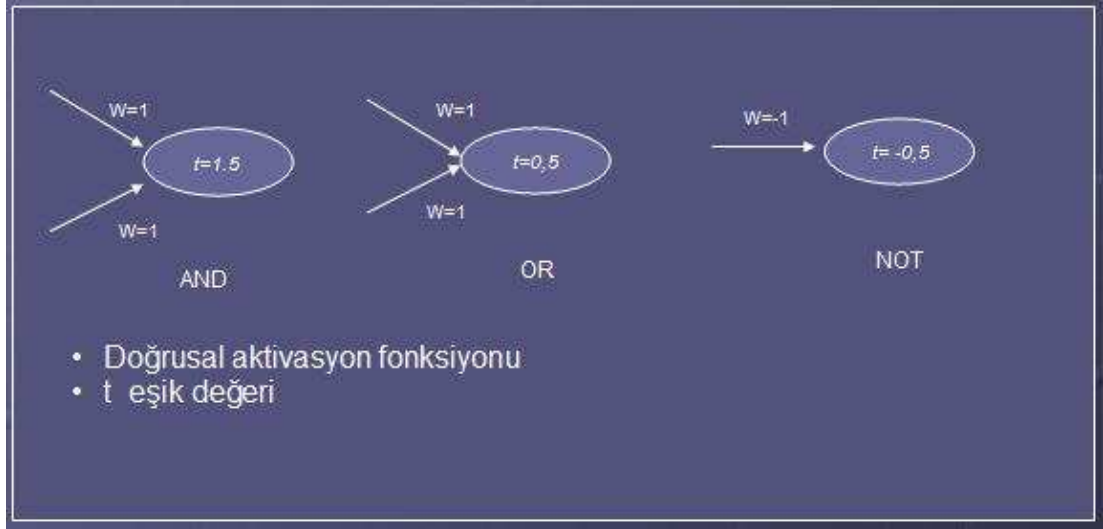
3.2.4.8. Ağ Yapıları

3.2.4.8.1. Tek Katmanlı Perseptron

Perseptron, öğrenmeyi gerçekleştirebilen en küçük birimdir. Perseptron doğrusal bir fonksiyonla iki parçaya bölünebilen problemlerde kullanılabilir. Bu problemler AND, OR, NOT sınıflandırma problemleri (Şekil 3.16) olabilmektedir. Şekil 3.15’de tek katmanlı perseptron yapısı verilmiştir.



Şekil 3.15. Tek katmanlı perseptron yapısı [32]



Şekil 3.16. AND, OR, NOT problemleri [32]

Tek katmanlı perseptronlar, doğrusal olmayan yapıdaki problemlere çözüm sunamamaktadır. Bu durum, çok katmanlı ağlar yardımıyla aşılabilmektedir. Çok katmanlı perseptronlar, XOR problemi gibi doğrusal olmayan yapıları tanımlayabilmektedirler [31].

Çok katmanlı perseptronlara geçmeden önce, yapay sinir ağları ile ilgili bazı terimlerin açıklanması gerekmektedir. Epoch, olası girdiler için ağırlıkların güncellenme sayısına verilen isimdir. Epoch değeri, hedefe ulaşana kadar yapılan hesaplama sayısı olmaktadır. Error, çıktı değeriyle fonksiyondan beklenen değer arasındaki farktır. Çıktı olarak 0 beklenirken 1 alındığında, hata (error) değeri -1 olmaktadır. Hedef değeri (Target Value - T), perseptrondan öğrenmesi beklenen değerdir. AND fonksiyonuna [1,1] girdisi verildiğinde beklenecek olan sonuç, yani hedef değer, 1 olmaktadır. Çıktı (Output - O), perseptronun verdiği çıktıdır. X_i , nörona verilen girdidir. W_i , X_i 'nci girdinin ağırlık değeridir. Öğrenme oranı (Learning Rate - LR), bir perseptronun hedefe varması için gereken adım büyüklüğüdür. Bağlantıların ağırlık değerlerindeki değişimin miktarını tanımlamaktadır. Bu oranın yüksek alınması, değişimin miktarını arttırmaktadır, düşük alındığında değişim miktarı azalmaktadır. Momentum katsayısı, toparlanma oranını hızlandıran bir parametredir ve bu katsayının kullanılması en çok kullanılan sezgisel yöntemlerden biridir. Temel olarak, daha önceki değişimin bir kısmının halihazırdaki değişime eklenmesine dayanmaktadır. Buradaki amaç, öğrenme esnasında ağırlık salınımlarının (oscillation) önlenmesidir. Bias, 1'e eşit olan sabit aktivasyon değerlerine sahip özel bir işlem elemanıdır. Bias

girdilerinin geri yayımlı bir ağdaki amacı, daha iyi öğrenme sağlanması için aktivasyon fonksiyonunun orijininin dengeye getirilmesidir [32,36].

Yapay sinir ağlarında, düzgün bir öğrenme katsayısının ayarlanması önemlidir. Ağırlıkların çok yüksek tutulması, davranışın bozulmasına sebep olabilmektedir. Bu durumun önlenmesi için, öğrenme katsayısının küçük tutulması gerekmektedir. Öğrenme katsayısı, 0,01-10 aralığında seçilen sabit bir sayıdır. Diğer yandan, çok küçük bir öğrenme oranının da, öğrenme işleminin yavaşlamasına yol açacağına dikkate alınması gerekmektedir. Momentum fikri bu noktadan hareketle ortaya atılmıştır. Momentum, mevcut delta ağırlığı üzerinden önceki delta ağırlığının belirli bir kısmını beslemektedir. Böylece daha düşük öğrenme katsayısı ile daha hızlı öğrenme elde edilmektedir. Momentum katsayısı genellikle 0-1 aralığında değişen bir sayıdır [34].

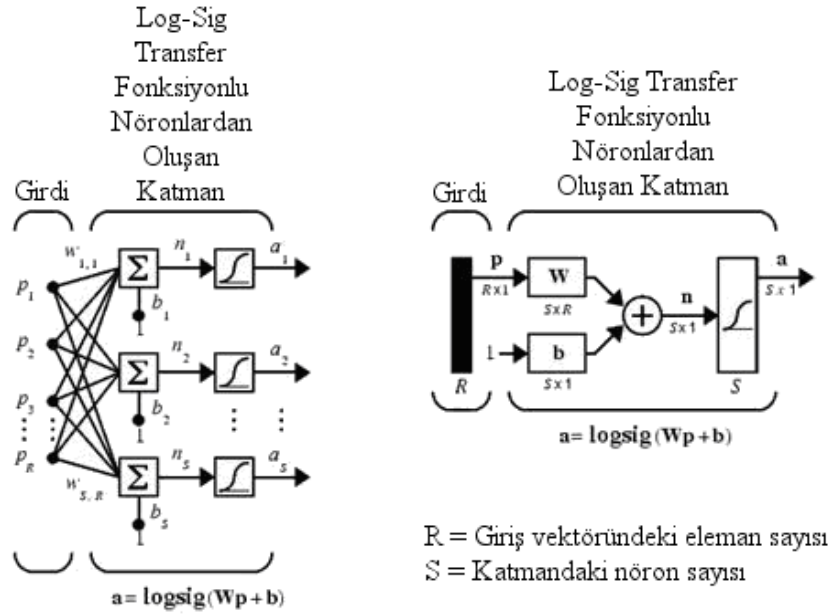
3.2.4.8.2. Çok Katmanlı Perseptron

Yapay sinir ağlarının çok çeşitli ağ yapıları ve modelleri mevcuttur. En çok kullanılan ağ yapılarından birisi çok katmanlı perseptrondur. Bu ağda bilginin akışı ileri yönlüdür. Nöronlar katmanlar şeklinde organize edilmiştir. Her bir katmanda en az bir nöron bulunmaktadır. Bir önceki katmandaki tüm nöronlar bir sonraki katmandaki nöronlara bağlantı içermektedir. Bu şekilde arzu edildiği kadar katman oluşturulabilmektedir. Şekil 3.17’de, katman transfer fonksiyonu logaritmik-sigmoid olan bir perseptron katmanı görülmektedir. Burada giriş sayısı R, katmandaki nöron sayısı da S olarak verilmiştir.

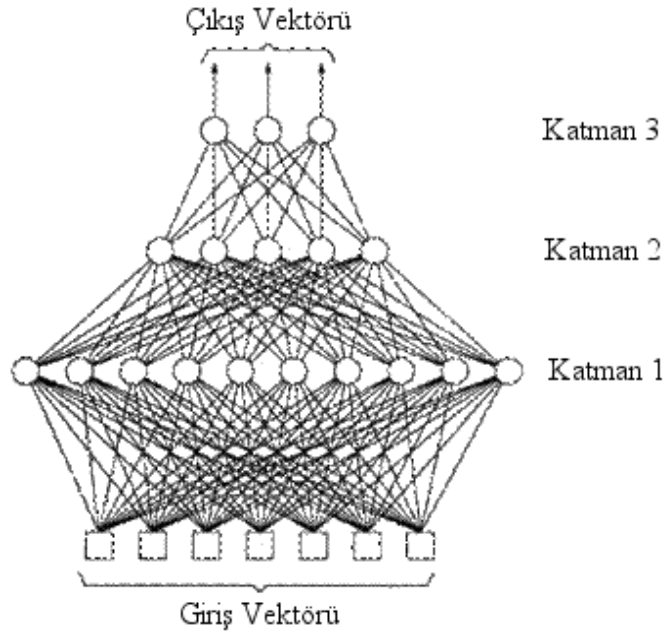
Şekil 3.18’de üç katmanlı bir çok katmanlı perseptron yapısı verilmiştir. Burada giriş vektörlerinin her biri, aslında nöron olmamalarına rağmen, bir sonraki katmana birer çapraz bağlantı içermektedirler. Üç adet nöron katmanı bulunmaktadır. Son katman, çıkış katmanı olarak da isimlendirilmektedir. Giriş ile çıkış katmanı arasında yer alan katmanlar gizli katman (ara katman) olarak tanımlanmaktadır. Giriş ile çıkış arasında paralel bir matematiksel ilişki kurulmaktadır. Uygun bir öğrenme algoritması ile ağırlık değerleri ağırlık arzu edilen çıkışı verecek şekilde ayarlanmaktadır.

Çok katmanlı perseptronlarda öğrenme algoritması olarak genelde türeve dayalı geriye yayılım algoritmaları tercih edilmektedir. Geri yayılım algoritması, adını hatayı yayma biçiminden almaktadır. Bu algoritmada, elde edilen çıktı ve olması gereken çıktı arasındaki fark, bu durumda hata, tüm ağırlıklara yansıtılmaktadır. Geri yayılım algoritmasında, eği-

time rastgele bir ağırlık kümesi ile başlanmaktadır. Birçok uygulamada ağı'n başarısı, başlangıçta ağa atanan ağırlık değerlerinin uygun seçilmesine bağlı olmaktadır.



Şekil 3.17. Katman transfer fonksiyonu logaritmik-sigmoid olan bir perseptron katmanı [32]



Şekil 3.18. Üç katmanlı bir çok katmanlı perseptron yapay sinir ağı yapısı [32]

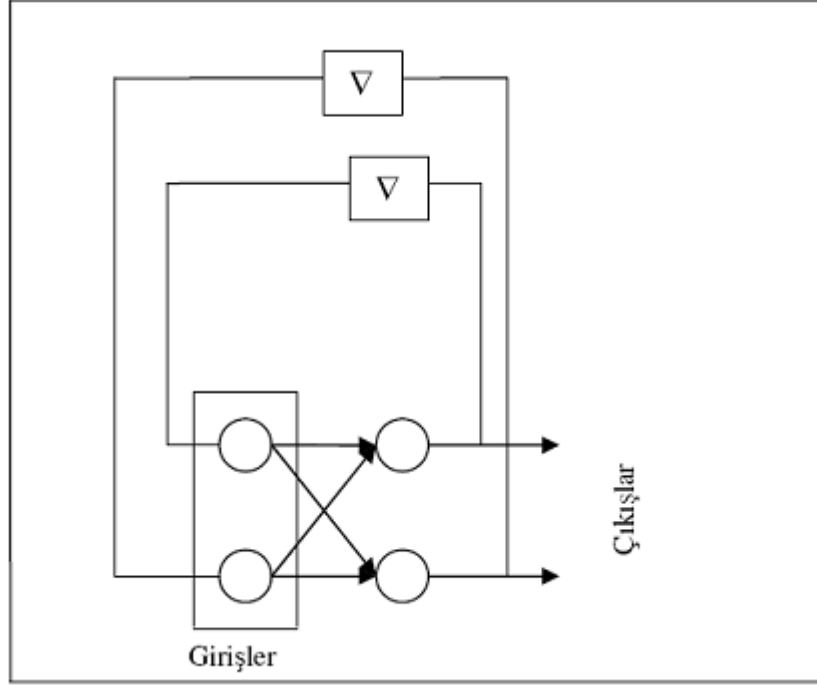
3.2.4.9. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları için standart bir sınıflandırma yöntemi bulunmamaktadır. Nöronların bağlanma şekillerine, kullanılan öğrenme algoritmasına, zaman gecikmesine ve işlenen verinin türüne göre çeşitli sınıflandırmalar yapılması mümkündür. Yapay sinir ağları, nöronların bağlanma biçimlerine göre ileri beslemeli, geri beslemeli ve kaskat bağlı yapay sinir ağları olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

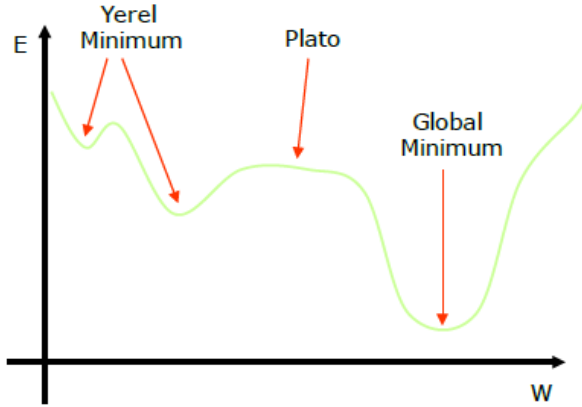
İleri beslemeli yapay sinir ağlarında, nöronlar katmanlar şeklinde düzenlenmektedir ve bir katmandaki nöronların çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilmektedir. Her katmandaki hücreler sadece önceki katmanın hücrelerince beslenmektedir. Böylece bilgi akışı sadece ileriye doğru olmaktadır. Aynı katmandaki nöronlar arasında veya bir önceki katmana bağlantı, geri besleme çevirimi, yoktur. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli katmandaki nöronlara iletmektedir. Bilgi orta katmanlarda ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenmektedir [32,34].

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında, en az bir tane geri besleme çevirimi bulunmaktadır. En az bir hücre sonraki katmanlardaki hücrelerce beslenmektedir. Geri besleme, aynı katmandaki hücreler arasında olabileceği gibi farklı katmanlardaki nöronlar arasında da olabilmektedir. Bir katmandan diğerine veya kendisine doğru uzanan ağırlıklar yoluyla geri besleme bağlantılarına izin veren daha genel bir ağ yapısına sahiptir. Geri beslemenin yapılış biçimi Şekil 3.19'da görülmektedir. Geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapı ve davranışta geri beslemeli yapay sinir ağı yapıları elde edilebilmektedir.

Hatanın geriye yayılması algoritması genellikle iyi bir performans göstermesine rağmen, bir gradyan arama tekniği olduğu için, global minimum yerine en küçük kareler fonksiyonunun bir yerel minimumunu bulabilmektedir (Şekil 3.20). Performansın artırılması ve yerel minimum probleminin azaltılması için, gizli nöronların ilave edilmesi, ağırlıkların ayarlanması için kullanılan öğrenme katsayısının azaltılması ve farklı rastgele ağırlık setlerinden başlanarak birçok defa eğitime işleminin tekrarlanması önerilmektedir. Kaskat bağlı yapay sinir ağlarında, hücreler sadece önceki katmanlardaki hücrelerce beslenmektedir [32,34].



Şekil 3.19. Geri beslemeli iki katmanlı ağ katman modeli [32]



Şekil 3.20. Bağlantı ağırlığındaki değişimlere bağlı olarak hata miktarında meydana gelen değişim [35]

3.2.4.10. Transfer Fonksiyonları

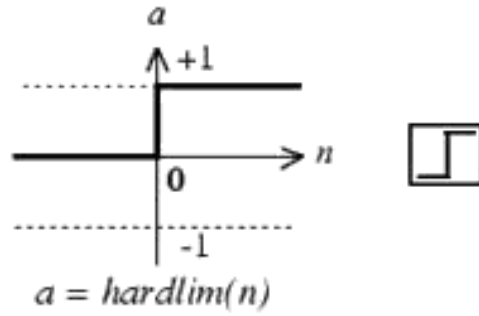
Transfer fonksiyonları, nörona gelen net girdiyi işleyerek nöronun bu girdiye karşılık vereceği tepkiyi belirlemektedir. Önceden belirlenmiş sınırlar içinde, muhtemel sonsuz giriş kümesine sahip işlem elemanlarından çıkışlar üretmektedirler. Bir nöronun çıkışı hesaplanırken çok çeşitli transfer fonksiyonları kullanılabilir. En çok kullanılan transfer fonksiyonları, kesin-limitli lineer, logaritmik-sigmoid, tanjant-sigmoid ve rampa fonksiyonudur. Bu transfer fonksiyonlarını kullanabilmek için, giriş verilerinin gerçek değerle-

rinin “0” ile “1” arasındaki bir reel sayıya dönüştürülmesi, yani normalleştirme yapılması, gerekmektedir [29,32,34].

3.2.4.10.1. Kesin-Limitli (Hard Limit) Transfer Fonksiyonu (Basamak Fonksiyonu)

Transfer fonksiyonu bir giriş işaretine bağlı ise, yaydığı +t giriş toplamı pozitif, bağlı değilse, eşik basamak fonksiyonu $|d|$ olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3.21’de, basamak transfer fonksiyonunu göstermektedir ve denklemini aşağıda vermiştir :

$$f(x) = \begin{cases} +\tau & : \text{Eğer } x > 0 \text{ ise} \\ -\delta & : \text{Diğer durumlar} \end{cases} \quad (3.4)$$



Şekil 3.21. Hard-limit transfer fonksiyonu [32]

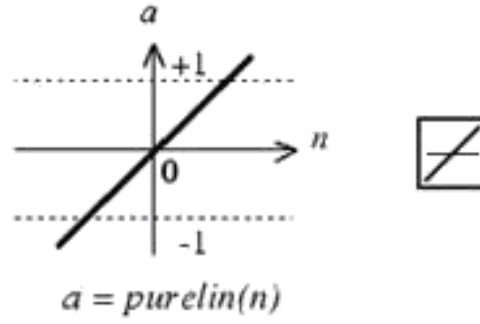
Burada, n fonksiyonun girişi, a ise çıkışıdır : $a=f(n)$. Bu fonksiyonda, giriş değeri 0 (sıfır)’dan büyükse çıkış değeri 1 (bir), giriş değeri 0 (sıfır)’dan küçükse çıkış değeri 0 (sıfır) olmaktadır. Genelde sınıflandırma uygulamalarında kullanılmaktadır [32,34].

3.2.4.10.2. Lineer Transfer Fonksiyonu

Lineer transfer fonksiyonunun grafiği Şekil 3.22’de verilmiştir. Bu fonksiyonun denklemini:

$$f(x) = a \cdot x \quad (3.5)$$

şeklinde. Denklemdeki a, işlem elemanının x aktivitesini ayarlayan reel değerli bir sabittir.



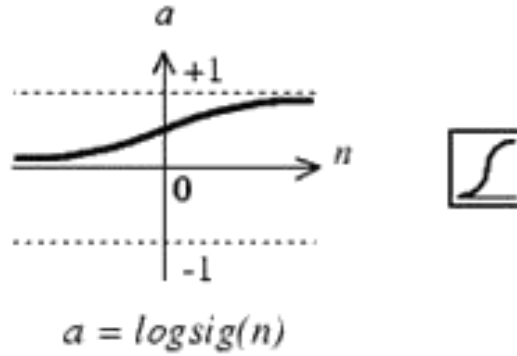
Şekil 3.22. Lineer transfer fonksiyonu [32]

Görüldüğü gibi giriş hiçbir değişikliğe uğramadan aynen çıkmaktadır ($a=n$). Bu transfer fonksiyonu, doğrusal süzgeç problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

3.2.4.10.3. Logaritmik-Sigmoid Transfer Fonksiyonu

Logaritmik-sigmoid fonksiyonunun grafiği Şekil 3.23’de verilmiştir. Yatık S biçimindeki logaritmik-sigmoid fonksiyonu; seviyeli, doğrusal olmayan çıkış veren, sınırlı, monoton artan bir fonksiyondur ve denklemi aşağıda verilmiştir :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3.6)$$



Şekil 3.23. Log-sigmoid transfer fonksiyonu [32]

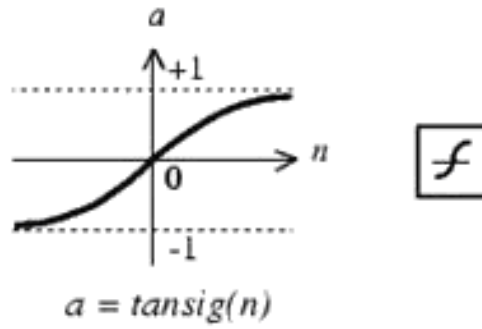
Logaritmik-sigmoid fonksiyonunda, giriş değerleri hangi aralıkta olursa olsun, çıkış 0 ile 1 arasında olmaktadır. Türevlenebilir olduğu için geriye yayılım algoritmaları ile kullanılabilir. Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde tercih edilmektedir.

3.2.4.10.4. Tanjant-Sigmoid Transfer Fonksiyonu

Tanjant-sigmoid fonksiyonunun grafiği Şekil 3.24’de verilmiştir, denklemi aşağıdadır :

$$\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1} \quad (3.7)$$

Her işlem elemanı kendisine gelen bir yerel veriye göre, kendisini ayarlayarak bütün yapay sinir ağının bilgi bölgesini öğrenmesini sağlamaktadır.



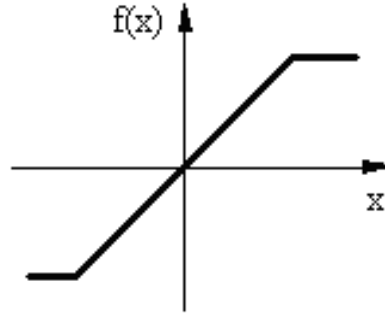
Şekil 3.24. Tan-sigmoid transfer fonksiyonu [32]

3.2.4.10.5. Rampa Transfer Fonksiyonu

Lineer fonksiyon (-t, +t) sınırları arasında kısıtlandığında, Şekil 3.25’deki rampa fonksiyonuna dönüşmektedir ve denklemi aşağıda verilmiştir :

$$f(x) = \begin{cases} +\tau & : \text{Eğer } x \geq \tau \text{ ise} \\ x & : \text{Eğer } |x| < \tau \text{ ise (yani } -\tau < x < \tau) \\ -\tau & : \text{Eğer } x \leq -\tau \text{ ise} \end{cases} \quad (3.8)$$

+t/-t işlem elemanının maksimumu/minimumu çoğu zaman doyma seviyesi olarak adlandırılan çıkış değeridir.



Şekil 3.25. Rampa transfer fonksiyonu [34]

3.2.4.11. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Yapay sinir ağlarının en önemli özelliği, öğrenme yeteneğidir. Burada sözü edilen öğrenmeden anlaşılın, ağın belirli bir probleme ait doğru çıktıları üretmesini sağlayacak optimum ağırlık değerlerinin bulunmasıdır. Bilgi, nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıkları vasıtasıyla ağın tamamına yayılı durumda olduğu için, tek bir bağlantı herhangi bir anlamlı bilgiyi ifade etmemektedir. Anlamlı bir bilgi oluşturulması için, aralarında çok sayıda bağlantının bulunduğu nöronlarla tasarlanmış bir yapay sinir ağının olması gerekmektedir. Problemin çözümü için, tasarlanmış olan bu ağın, eğitilmesi ve bağlantı ağırlıklarının problemdeki veri setine göre ayarlanmış olması gerekmektedir. Öğrenme, ağırlık değerlerinin nasıl değiştirilmesi gerektiğini ifade eden bir öğrenme kuralına dayanmaktadır. Geliştirilen birçok öğrenme kuralı bulunmaktadır. Bir öğrenme kuralının temel ilkesi, benimsenen öğrenme stratejisi ile tanımlanmaktadır.

Sistem, içinde bulunduğu döngünün sonunda hata ürettiği sürece, girdilere göre çıktıyı hesaplamakta, hedeflenen çıktı ile hesaplanan çıktının farkının sıfıra eşit olup olmadığını kontrol etmektedir, böylece öğrenmektedir. Eğer hata değeri sıfırdan farklı ise;

$$W_i = W_i + LR \cdot X_i \cdot Hata \quad (3.9)$$

formülünü uygulayarak yeni ağırlık değerlerini belirlemektedir. Burada W_i , X_i 'nci girdinin ağırlık değeri; LR , öğrenme katsayısıdır. Sistemin döngüden çıkması için hata değerinin sıfıra eşitlenmesi gerekmektedir [32,36].

Eğitim, yapay sinir ağları uygulamalarındaki en önemli süreçlerden biridir, girdi bilgisi ve çıktı arasında bir eşleştirme yapılması amacını taşımaktadır. Ağ yeterince eğitil-

diğinde daha önceden görmediği girdilere karşı uygun çıktılar üretmektedir. Bu özellik, yapay sinir ağlarının genelleme kapasitesi olarak adlandırılmaktadır ve çoğunlukla ağın yapısına ve eğitim için uygulanan yineleme sayısına bağlıdır. Hangi tür eğitime yöntemi kullanılırsa kullanılsın, herhangi bir ağ için gerekli karakteristik özellik, ağırlıkların verilen eğitime örneğine nasıl ayarlanacağına belirtilerek öğrenme kuralının oluşturulmasıdır. Öğrenme kuralının oluşturulması için bir örneğin ağa defalarca tanıtılması gerekebilmektedir. Öğrenme kuralı ile ilişkili parametreler (öğrenme katsayısı, momentum katsayısı vb.) ağın zaman içinde gelişme kaydetmesiyle değişebilmektedir.

Eğitim algoritmaları, yapay sinir ağlarının ayrılmaz bir parçasıdır ve eldeki problemin özelliğine göre öğrenme kuralının yapay sinir ağlarına nasıl adapte edileceğini belirtmektedir. Örneklere eğitim algoritmasını uygulamanın iki yolu bulunmaktadır. Birincisi, eğitim kümesindeki her örnek için tüm ağın hatasının en aza indirilmesidir. İkincisi, eğitim kümesindeki tüm örnekler uygulanarak bir nöronun hatası en aza indirilip daha sonra zincirdeki diğer nörona geçilmesidir. Yapay sinir ağlarının eğitiminde hatanın en aza indirilmesi için genellikle, hata fonksiyonunun yönünü bulmaya ve hata fonksiyonunu azaltmaya çalışılan dereceli azaltma (gradient descent) tabanlı algoritmalar kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılacak olan ağın modeli ve problemin yapısına bağlı olarak danışmanlı, danışmansız ve destekleyici öğrenme stratejileri uygulanmaktadır [32,34].

3.2.4.11.1. Danışmanlı Öğrenme

Bu tip öğrenmede hedef çıktı, eğitim kümesinin bir elemanı olarak ağa sunulmaktadır. Girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağı, girdiler ile sunulan çıktı değerlerini eşleştirmektedir. Öğrenme, ağın ürettiği değerlerle hedef değerler arasındaki farkın, hata kriteri tarafından istenilen düzeye gelene kadar ya da belirli bir yineleme sayısına kadar devam etmektedir. Bu kriter sağlandığında, yapay sinir ağının genelleme performansı daha önce ağa verilmeyen test verileri ile değerlendirilmektedir. Danışmanlı öğrenmede, ağın eğitilmesi için bir öğretici gerekmektedir. Öğretici, çıktı katmanında ağın ne üretmesi gerektiğini söylemektedir. Bir girdi/ çıktı örneği ağa verilmektedir. Ağ, girdiyi süzgeçten geçirerek çıktıyı üretmektedir ve üretilen çıktıyı doğru çıktı ile karşılaştırmaktadır. Bağlantılardaki ağırlıklar, daha iyi çıktıyı üretmek için yeniden ayarlanmaktadır ve kabul edilebilir bir hata seviyesine ulaşıncaya kadar bu işlem devam etmektedir [32,36].

3.2.4.11.2. Danışmansız Öğrenme

Danışmansız öğrenmede, eğitim kümesi hedef çıktı değerlerini içermemektedir. Parametreler arasındaki ilişkilerin ağ tarafından bulunması beklenmektedir. Eğitim, ağ, tutarlı değerler üretinceye kadar, üretilen hata oranı belirli bir aralığa düşünceye kadar, devam etmektedir. Danışmansız öğrenmede, bir öğreticiye gerek duyulmamaktadır. Probleme ait veri girişlerine karşın çıkışlar mevcut değildir. Bu stratejide ağ, girdi/çıktı eşleştirmesini düzenlemek için kendi ölçütlerini geliştirmektedir. Bu nedenle, danışmansız öğrenme stratejisini kullanan ağlar, kendi kendine organize olan ağlar olarak adlandırılmaktadır. Danışmansız öğrenme, olasılık yoğunluk fonksiyonlarına, sınıflandırma ve şekil tanıma problemlerine uygulanabilmektedir [32,34,36].

3.2.4.11.3. Destekleyici Öğrenme

Destekleyici öğrenmede, eğitim kümesinde hedef çıktılar bulunmamaktadır. Yapay sinir ağına, ürettiği çıktılarının doğru ya da yanlış olduğunu söyleyen bir öğreticinin olması gerekmektedir. Ağ, öğreticinin söylediklerini dikkate alarak öğrenme sürecini devam ettirmektedir. LVQ ağları bu öğrenme tipini kullanan ağlara örnek olarak gösterilmektedir. Özellikle kontrol uygulamaları için ideal olmaktadır [32,34,36].

3.2.5. Deneme Desenleri (Design of Experiments)

Deneme desenleri, birkaç faktör tarafından etkilenen bir değişkenin değerinin, bu faktörlerin almış olduğu farklı değer kombinasyonları için nasıl bir eğilim gösterdiğinin belirlenmesinde ve sözkonusu faktörlerin etki büyüklüklerinin bilimsel olarak vurgulanmasında başvurulan görsel nitelikli bir yöntemdir [37,38].

Deneme desenleri, screening designs, response surface designs, full factorial designs, fractional factorial designs, optimal designs, latin hypercube designs, quasi-random designs, mixture designs, discrete choice designs, space-filling designs, nonlinear designs, Taguchi designs, augmented designs olmak üzere çeşitli alt gruptan oluşmaktadır [39,40,41].

Deneme desenlerinin tarihini dört döneme ayırmak mümkündür. Birincisi, deneme desenleri konusunda temellerin atıldığı dönemdir (1918-1940'lar). Bu dönem Ronald Aylmer Fisher ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaları kapsamaktadır. tarım bilimi üzerinde büyük etki yaratmıştır [42]. Ronald Aylmer Fisher, 1916 yılında "The Correlation Between

Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance” adında bir makale yazmıştır. Bu makale 1918 yılında yayınlanmıştır. Fisher bu yazısında, biyometrik genetiğin temelini ortaya koymuş ve çok önemli bir metot olan ANOVA’yı tanıtmıştır. 1919-1925 yılları arasında deneme desenlerinin prensiplerine öncülük etmiş ve ANOVA üzerindeki çalışmalarını detaylandırmıştır. 1925’de “Statistical Methods for Research Workers” adlı ilk kitabını yayınlamıştır. Daha sonraki yıllarda bu kitabın birçok baskısı ve çevirileri yayınlanmıştır. Ardından 1935’te “The Design of Experiments” adlı kitabını yayınlamıştır. Bu kitaplar bilim adamları için birer standart referans çalışma haline gelmişlerdir [33]. Deneme desenlerinin ikinci dönemi ise ilk endüstriyel çalışmaların yapıldığı dönemdir (1951-1970 sonları) [42]. Yanıt yüzey metodu 1951 yılında G. E. P. Box ve K. B. Wilson tarafından tanıtılmıştır. Yanıt yüzey metodundaki anafikir, optimum bir yanıt elde etmek için deneme desenlerinin kullanılmasıdır [33]. Bu dönemde, kimya ve proses endüstrilerinde uygulamalar yapılmıştır. Üçüncü dönem ise, endüstriyel çalışmalarda ikinci basamağı temsil etmektedir (1970 sonları-1990). Bu dönemde birçok firmada kalite geliştirme girişimleri gerçekleşmiştir [42]. Bu dönemde Genichi Taguchi, üretimde kalitenin artırılması amacıyla Taguchi metotlarını geliştirmiştir. Bu metotlar mühendislik, biyoteknoloji, pazarlama ve reklamcılık alanlarında uygulanmıştır [33]. Genichi Taguchi, 1980’ler ve 1990’lar arasında kalite kontrol ve deneme desenleri üzerinde büyük etki yaratmıştır. Taguchi tarafından geliştirilen “robust parameter design”, varyans kaynaklarını kontrol etmektense, ürün dizaynının varyans kaynaklarına olan hassasiyetini azaltmak suretiyle bir üründeki varyansı azaltan bir tekniktir [43]. Deneme desenlerindeki dördüncü dönem ise takriben 1990’da başlamıştır. Daha önceki çalışmalar baz alınarak yeni teknikler ve dizaynlar geliştirilmiştir [42].

1916: “The Correlation Between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance” adlı makalenin yayınlanması

1918-1940: Deneme desenleri konusunda temellerin atıldığı dönem

1919-1925: Deneme desenlerinin prensipleri belirlendiği dönem

1925: “Statistical Methods for Research Workers” adlı kitabın yayınlanması

1935: “The Design of Experiments” adlı kitabın yayınlanması

1951: Yanıt yüzey metodunun tanıtılması

1951-1970: İlk endüstriyel (özellikle kimya ve proses endüstrilerinde) çalışmaların yapıldığı dönem

1970-1990: Firmalarda kalite geliştirme girişimlerinin gerçekleştiği ve üretimde kalitenin artırılması amacıyla geliştirilen Taguchi metodlarının etkili olduğu dönem

1990 ve sonrası: Daha önceki çalışmalar baz alınarak yeni tekniklerin ve dizaynların geliştirildiği dönem

Deneme desenlerinin temel prensipleri, rastgelelik, yinelenme ve bloklama. Bir deneydeki denemelerin rastgele düzende gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede görünmeyen değişkenlerin etkileri dengelenmiş olmaktadır [42]. Yineleme yapıldığında, deneme desenindeki her faktör seviye kombinasyonun çok defa denenmesi sağlanmaktadır [38]. Bloklama ise, olumsuz etki yaratan faktörleri ele almak açısından önemlidir [42].

Yanıt (response), araştırmada davranışları incelenen değişkene verilen isimdir. Yanıt değişkenini etkileyen değişkenlere faktör denilmektedir. Seviye, her faktörün belirlenen deneme deseni türüne göre sahip olduğu ve o faktör için belirleyici sınır ve ara değerlerdir. Deneme desenlerinin uygulanmasındaki amaç, bir konuya dair üzerinde inceleme yapılan değişken (yanıt değişkeni) için optimum değeri veren faktör değerlerinin neler olduğunun belirlenmesidir. Bu tür bir uygulama üretimde kalite kontrolün sağlanması için oldukça yararlı bir araçtır [37,44].

Bir problemin deneme desenleri aracılığıyla çözümünde birkaç temel basamak vardır. Bunlardan ilki problemin çok iyi bir şekilde anlaşılmasıdır. Daha sonra faktörlerin, seviyelerin ve aralıkların seçimine dikkat edilmelidir. Daha sonra yanıt değişkeninin ve probleme en uygun olan deneme deseninin seçilmesi gerekmektedir. Ardından deneyin gerçekleştirilmesine sıra gelmektedir, gerekli istatistiksel analizler yapılmaktadır. Son aşamada ise sonuçlar yorumlanmakta, gerekirse çizimler ve grafikler aracılığıyla görselleştirilmekte, varsa öneriler bildirilmektedir [42].

3.2.5.1. Yanıt Yüzey Desenleri (Response Surface Designs)

Yanıt yüzey metodunun, deneme desenleri içinde önemli bir yeri vardır. Yanıt yüzey metodu, modellemede ve optimizasyon problemlerinde kullanılmaktadır. Bu tür problemlerde, ilgilenilen değişken (yanıt) birkaç değişken (faktör) tarafından etkilenmektedir ve bu değişken (yanıt) için optimum değeri verecek olan faktör değerlerinin neler olabileceği araştırılmaktadır. Örneğin, bir bitkinin büyümesi (yanıt) su miktarı (faktör 1) ve güneş ışığı miktarına (faktör 2) bağlıdır ve bu bitki su miktarı ile güneş ışığı miktarının farklı

kombinasyonlarının olduğu koşullarda yetiştirilebilir. Bitki büyümesi (y) yanıt, su ve güneş ışığı miktarı (x_1, x_2) ise yanıtı etkileyen faktörler ve e hata terimi olmak üzere, bitki büyümesi şöyle ifade edilebilmektedir [45]:

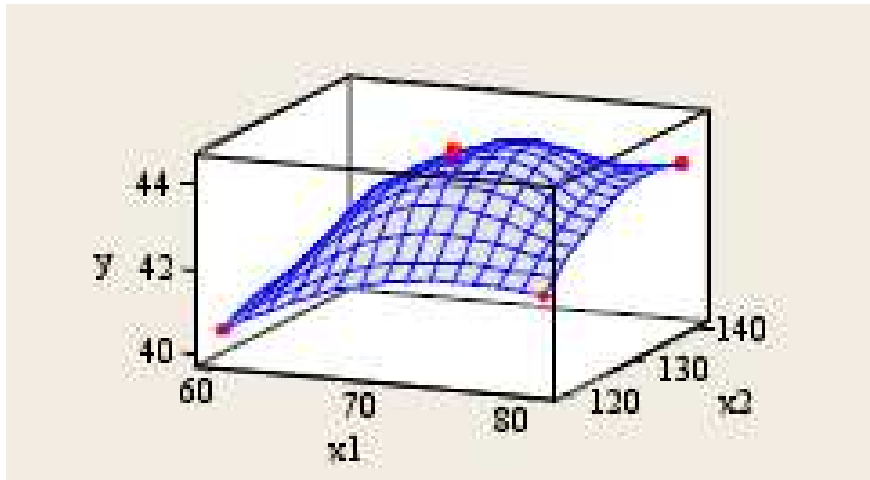
$$y = f(x_1, x_2) + e \quad (3.10)$$

Yanıt yüzey metodunun amaçlarından birincisi, optimum yanıt değerinin bulunmasıdır. Birden fazla yanıt değişkeni olduğu zaman, her iki yanıt değişkeninin değerini de optimize eden en elverişli bölgenin bulunmasıdır (Şekil 3.27). Dizayn verileri için kısıtlamalar söz konusu olduğunda ise, elde edilecek olan desenin bu kısıtlara uygun olması gerekmektedir. Yanıt yüzey metodunda ikinci amaç, dizayn değişkenlerinin belli değerlere ayarlanmasıyla yanıt değişkeninin nasıl değiştiğinin anlaşılmasıdır. Bunun için yanıt yüzeyi Şekil 3.26'daki gibi grafik şeklinde görselleştirilmektedir ve yanıt yüzey çizimi adını almaktadır [45].

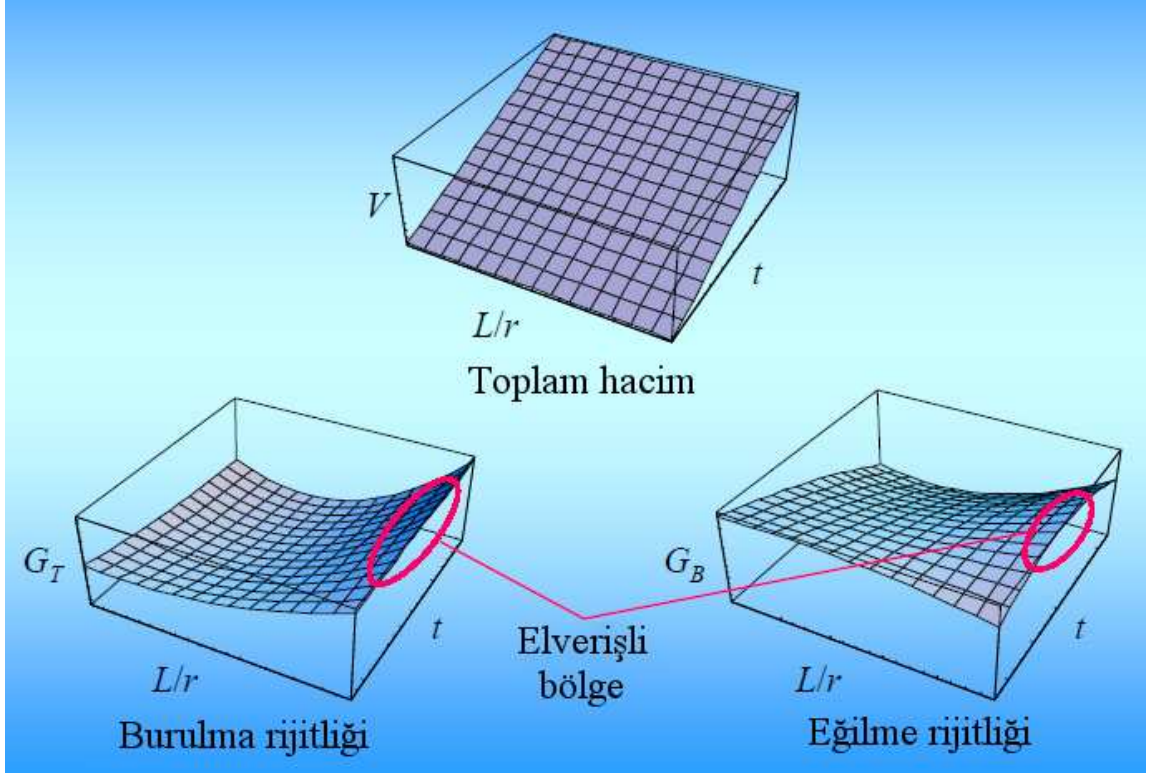
Yanıt yüzey çiziminin yanı sıra, kontur çizimleri de yanıtın davranışının yorumlanmasında araştırmacıya yardımcı olmaktadır. Kontur çizimleri, aynı yanıt değerine sahip x_1 - x_2 çiftlerinin eşyüksekti eğrilerini göstermektedir. Şekil 3.28'de kontur (eş yüksekti eğri) çizimine bir örnek verilmiştir. Gerek yanıt yüzey çizimi, gerekse kontur çizimi bir yanıtın hangi durumda nasıl eğilim göstereceğinin anlaşılabilmesi için yararlı araçlardır [45].

Yanıt yüzey desenleri iki çeşittir. Bunlar [41]:

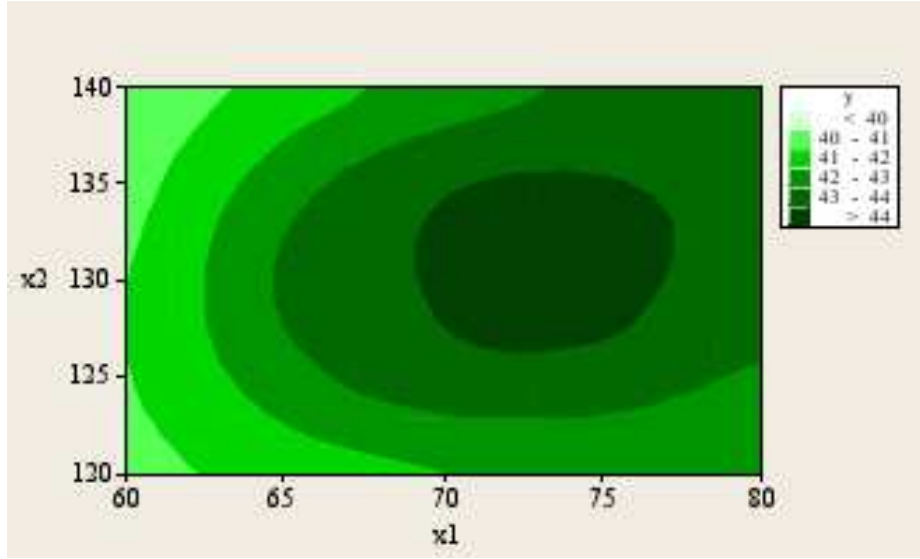
1. Merkezi Bileşen Deseni (Central Composite Design)
2. Box-Behnken Design (Box-Behnken Design)



Şekil 3.26. Yanıt yüzey çizimi [45]



Şekil 3.27. Elverişli bölgenin bulunması [46]

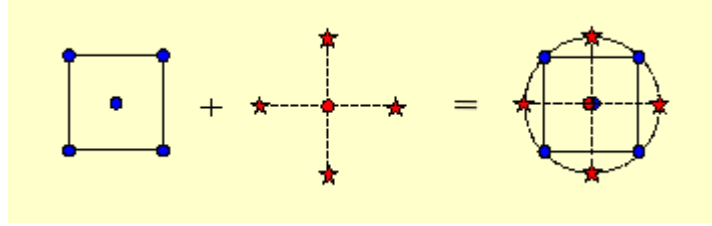


Şekil 3.28. Kontur (eş yükselti eğrileri) çizimi [45]

3.2.5.1.1. Merkezi Bileşen Deseni (Central Composite Design)

Merkezi bileşen deseni, merkez noktalarına sahip ve eğim tahminini sağlayan bir grup başlama noktası (star point) ile takviye edilmiş faktöriyel veya kısmi faktöriyel desenleri içermektedir. Desen alanının merkez noktasından bir faktöriyel noktaya olan uzaklık her faktör için ± 1 birim ise, desen alanının merkezinden başlama noktasına olan uzaklık

$\pm\alpha'$ dır ($|\alpha|>1$). α' nın kesin değeri, desen için istenilen belli özelliklere ve desene dahil edilen faktör sayısına bağlıdır. Benzer şekilde, desene dahil edilecek olan merkez noktalarının sayısı da desen için istenilen belli özelliklere bağlıdır. Bir merkezi bileşen deseninde daima faktör sayısının iki katı kadar başlama noktası bulunmaktadır. Başlama noktaları, desende ki her faktör için yeni sınır değerleri (düşük ve yüksek) temsil etmektedir. Şekil 3.29'da iki faktörlü merkezi bileşen deseninin oluşumu görülmektedir [47].



Şekil 3.29. İki faktörlü merkezi bileşen deseninin oluşumu [47]

Merkezi bileşen deseni üç çeşittir. Bunlar [47]:

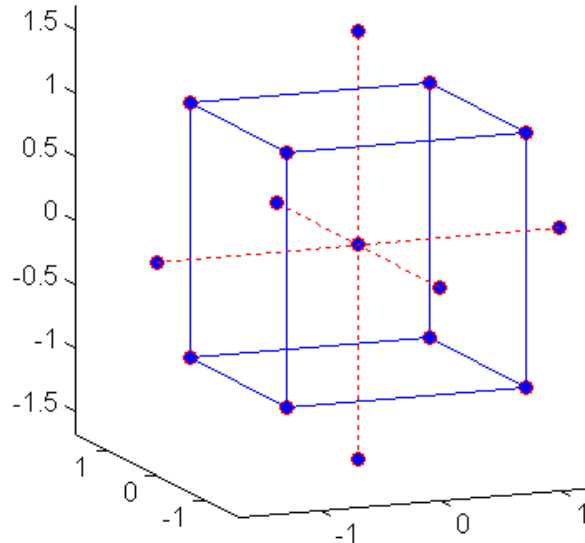
1. CCC (Circumscribed)
2. CCF (Face-Centered)
3. CCI (Inscribed)

CCC desenleri, merkezi bileşen deseninin orijinal şeklidir. Başlama noktaları merkezden α kadar uzaklıktadır ve bu α mesafesi desen için istenilen belli özelliklere ve desende ki faktör sayısına bağlıdır. Başlama noktaları, bütün faktörler için düşük ve yüksek olma üzere yeni sınırlar oluşturmaktadırlar. CCC desenleri, dairesel, küresel veya hiperküresel simetriye sahiptirler ve her faktör için beş seviye gerektirmektedirler. Şekil 3.30'da CCC desene ait görünüm verilmiştir [47].

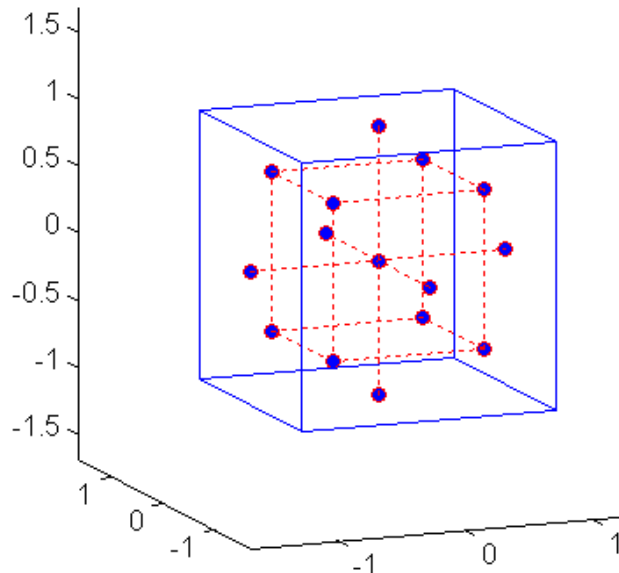
Faktör seviyeleri için özelleştirilen limitlerin gerçek limitler olduğu durumlarda, CCI desenleri faktör seviyelerini başlama noktası olarak kullanmakta ve bu limitler içinde faktöriyel veya kısmi faktöriyel desen oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle, CCI desenleri CCC desenlerinin boyutu küçültülmüş halidir, CCI deseninin meydana gelmesi için CCC deseninin her faktör seviyesi α tarafından bölünmüş durumdadır. CCI deseni de her faktör için beş seviye gerektirmektedir. Şekil 3.31'de CCI desene ait görünüm verilmiştir [47].

CCF deseninde, başlama noktaları faktöriyel alanın her yüzünün merkezlerinde yer almaktadırlar. Bu durumda $\alpha = \pm 1$ olmaktadır. CCF deseninde her faktörde üç seviye olması gerekmektedir. Şekil 3.32'de CCF desene ait görünüm verilmiştir [47].

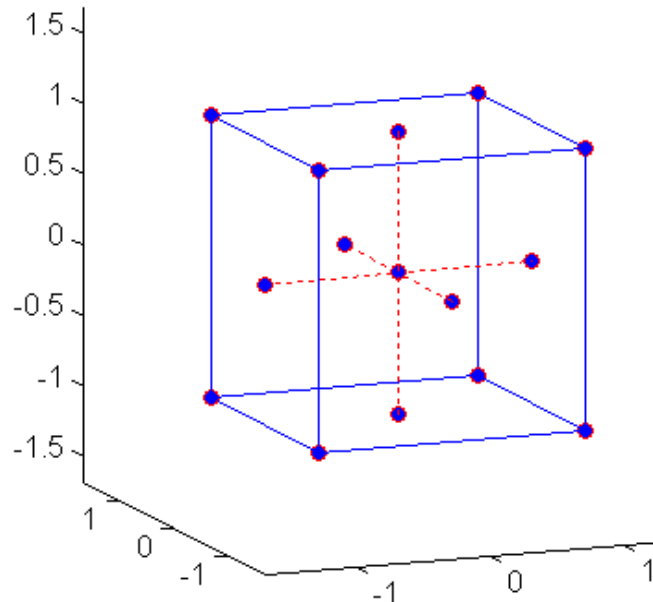
Şekil 3.33’de, merkezi bileşen deseninin üç çeşidinin karşılaştırması görülmektedir. CCC deseninin en büyük işlem alanını, CCI deseninin ise en küçük işlem alanını araştırdığı anlaşılmaktadır. CCC ve CCI desenlerinin her ikisi de döndürülebilir özelliktedirler. CCF deseni ise döndürülebilir değildir. CCC deseninde, desen noktaları faktöriyel karenin dışına çizilen bir daireyi tanımlamaktadır. CCC deseninin noktaları, üç faktör olduğu durumda faktöriyel küpü çevreleyen bir küreyi tanımlamaktadırlar [47].



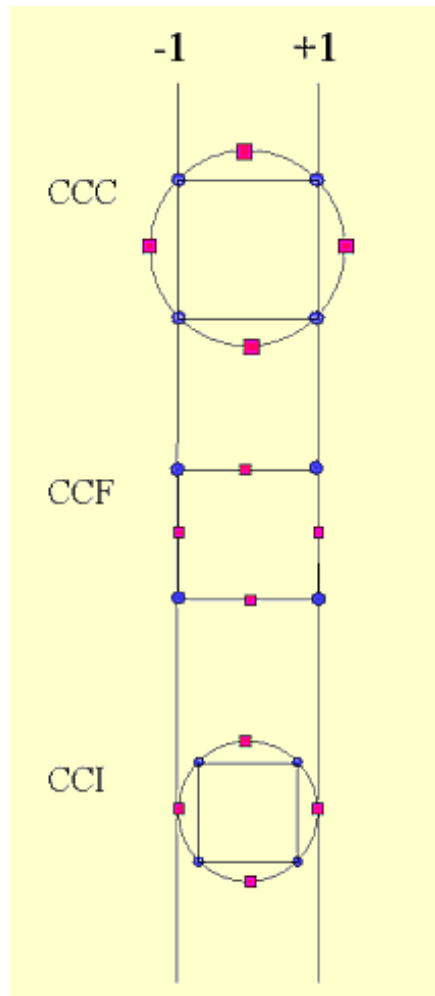
Şekil 3.30. CCC deseni [41]



Şekil 3.31. CCI deseni [41]



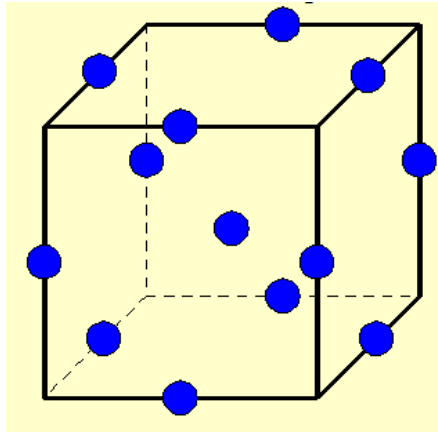
Şekil 3.32. CCF deseni [41]



Şekil 3.33. Merkezi bileşen deseninin üç çeşidinin karşılaştırılması [47]

3.2.5.1.2. Box-Behnken Deseni (Box-Behnken Design)

Box-Behnken deseni bağımsız kuadratik bir desendir, faktöriyel veya kısmi faktöriyel desen içermemektedir. Bu desende özellik kombinasyonları işlem alanının merkezinde ve kenarlarının orta noktalarında bulunmaktadır. Bu desen döndürülebilirdir (veya döndürülebilire yakın) ve her faktör için üç seviye gerektirmektedir. Merkezi bileşen deseni ile karşılaştırıldığında, ortogonal bloklama için sınırlı kabiliyete sahiptirler. Bu desenin geometrisi, işlem alanı içinde bir küre izlenimi vermektedir. Şöyle ki: kürenin yüzeyi işlem alanının her yüzünden, o yüze ait kenarların orta noktalarına teğet olacak şekilde dışarı çıkmaktadır. Şekil 3.34'de üç faktör için Box-Behnken deseni görülmektedir [47].



Şekil 3.34. Üç faktör için Box-Behnken deseni [47]

3.2.6. Diskriminant Analizi

Sınıflandırma, çok değişkenli analizlerde sıklıkla karşılaşılan problemlerden biridir. Sınıflandırma problemi, bir istatistiki karar verme sürecidir. Araştırmacının bu süreçte, bireyin hangi gruptan geldiğine karar vermesi gerekmektedir. Sınıflandırma problemlerinde farklı gruplardan gelen bireyler sözkonusudur ve her bireyin p sayıda özelliğinin incelenerek hangi gruba ait olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda grupların olasılık dağılımları ve bu dağılımların parametreleri bilinmektedir. Ancak uygulamada genellikle her bir grubun p değişkenli olasılık dağılımlarına sahip oldukları varsayılmaktadır ve bu dağılımın parametreleri seçilen örnek aracılığıyla tahmin edilmektedir. Bu durumda herhangi bir bireyin bu gruplardan gelen bir rassal örnek olduğu söylenebilmektedir. Sınıflandırma problemindeki temel soru; " p tane değişkene ilişkin gözlem değerleri bilinen bireyin hangi olasılık dağılımından geldiği"dir. Diskriminant analizi, bu soruya yanıt bulmak için kullanılan bir yöntemdir [48]. Birimleri veya bireyleri en az hata ile ait ol-

dukları gruplara ayırmak için yapılan işlemlere "diskriminant analizi" denir [49]. Diskriminant analizi, tek faktör çok değişkenli varyans analizi MANOVA'nın uzantısı olan çok değişkenli bir analiz türüdür [50]. Diskriminant analizi, olayı etkileyen parametrelerin hangisinin alt gruplarındaki belirleyici özelliğe sahip olduğunun bulunmasında da kullanılabilir. Diskriminant analizi bu bakımdan ANOVA analizine benzer özellikler taşımaktadır [51].

Diskriminant analizi, önceden belirlenmiş iki veya daha fazla grubun ortalama niteliklerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini test etmekte kullanılan bir gruplama tekniğidir [52]. Gruplar arası fark yoktur anlamını taşıyan H_0 hipotezi red edildikten sonra, gruplar arası farkın olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu farklılığın ana nedenleri, diskriminant analizi tekniğiyle ortaya çıkarılmaktadır [50]. Diskriminant analizin temeli, incelenen birimlerin ait oldukları grupların belirlenmesini sağlayacak bir fonksiyon bulunması ve bu fonksiyonlar yardımıyla yeni gözlenen bir birimin, sınıflama hatası minimum olacak biçimde, gruplardan birine atamasının yapılmasıdır [53].

Bireyin hangi gruptan geldiğini tespit etmeye çalışan araştırmacı, p değişkeni kullanılarak, bireyi uygun bir gruba atmaktadır. Bu aşamada her bir değişkenin atama kararında etkisi vardır. Araştırmacının bir diğer amacı da, bireylerin sınıflandırılmasında hangi değişken ya da değişkenlerin daha etkili olduğunun belirlenmesi ve dolayısıyla bireylerin farklı gruplarda yer almalarına neden olan değişkenlerin tespit edilmesidir [48]. Diskriminant analizi, grupların farklılıklarını ayırt etmede en fazla katkıyı hangi değişkenlerin yaptığını test etmekte kullanılan bir gruplama tekniğidir [52].

Diskriminant analizi, diskriminant fonksiyonlarının elde edilmesi ve bu fonksiyonlar aracılığıyla hangi parametrelerin gruplar arasında ayırma en fazla etki eden değişkenler olduğunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bunun yanısıra, gruplardan herhangi birisine ait olan fakat hangi gruptan geldiği bilinmeyen bir birimin ait olduğu grubun en az hata ile saptanmasını sağlamaktadır [48,50,51]. Hem sınıflandırmanın yapılabilmesi hem de grup ayırımına etki eden değişkenleri belirlenmesi için diskriminant fonksiyonları tanımlanması gerekmektedir [48]. Diskriminant fonksiyonları, tahmin değişkenlerinin doğrusal bileşenlerinden oluşmaktadırlar. Gruplar arası farklılığa etki eden bu değişkenlere de diskriminant (ayırıcı) değişkenler adı verilir [50].

Diskriminant analizi, betimsel (discriptif) amaçlı analiz ve karar amaçlı analiz olmak üzere iki çeşittir. Betimsel amaçlı analiz, diskriminant fonksiyonlarının saptanması ve

bu fonksiyonlar aracılığıyla gruplar arası ayırma en fazla etki eden ayırıcı değişkenlerin belirlenmesini kapsamaktadır. Hangi gruptan geldiği bilinmeyen bir birimin hangi gruba dahil edileceğinin belirlenmesi ise, karar amaçlı analiz konusudur [50].

Diskriminant analizi yapılabilmesi için, bir takım varsayımlarının geçerli olması gerekmektedir. Her grubun çok değişkenli normal dağılım gösteren bir ana kütlede alınmış olması ve her grup için kovaryans matrislerinin eşit olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, değişkenler arasında çoklu bağıntı olmamalıdır [52].

Diskriminant fonksiyonu, bireyler arasındaki ayırımı maksimum yapacak şekilde elde edilmektedir. Bu amaçla [48]:

$$(W^{-1}B - \lambda I)V = 0 \quad (3.11)$$

denklemini incelenmektedir. Burada W, gruplar içi kare toplamı matrisi, B ise gruplar arası kare toplamı matrisidir. 3.11 numaralı denklemi çözmek demek, $W^{-1}B$ 'nin özdeğer ve özvektörlerini bulmak demektir. Buradan elde edilen X değerleri özdeğerleri; V ise özvektörleri göstermektedir. Bu özvektörler kullanılarak diskriminant değişkenleri 3.12 numaralı denklemdeki gibi hesaplanabilmektedir [48].

$$\begin{aligned} Y_1 &= v_{1,1}X_1 + v_{1,2}X_2 + \dots + v_{1,p}X_p \\ Y_2 &= v_{2,1}X_1 + v_{2,2}X_2 + \dots + v_{2,p}X_p \\ &\cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\ &\cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\ &\cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\ Y_s &= v_{s,1}X_1 + v_{s,2}X_2 + \dots + v_{s,p}X_p \end{aligned} \quad (3.12)$$

Bu denklemde Y_j , j_inci ($j=1,2,\dots,s$ ve $s=\min(p,g-1)$) diskriminant değişkenini; $v_{i,j}$, i'inci değişkenin j'inci diskriminant değişkenindeki ağırlığını; X_i ise i'inci ($i=1,2,\dots,p$) değişkene ait gözlem vektörünü ifade etmektedir. 3.12 numaralı denklemdeki diskriminant değişkenleri kullanılarak bireyin hangi gruptan geldiğine karar verilebilir [48].

Diskriminant analizi için p değişkenden bulunacak bağıntı [49]:

$$Y_i = V_1 X_{i1} + V_2 X_{i2} + \dots + V_p X_{ip} \quad (3.13)$$

şeklindedir. Burada X_1, X_2, \dots, X_p değişkenleri, V_1, V_2, \dots, V_p ise değişkenlere ilişkin katsayıları göstermektedir. Bu fonksiyona “ayırma fonksiyonu” denilmektedir. Böyle bir fonksiyon bulunurken gruplararası değişimin grupiçi değişime oranının enbüyük olması gerekmektedir. Yani [49],

$$F = \text{Max}(\text{GruplararasıDeğişim} / \text{GrupiçiDeğişim}) \quad (3.14)$$

Fisher tarafından tanımlanan iki varyans oranı [49];

$$L = \frac{v'Av}{v'Wv} \Big|_{\max} \quad (3.15)$$

olmalıdır. Buradan elde edilecek L_i özdeğerlerine karşılık gelen özvektörler belirtilen koşulları sağlayan ayırıcı fonksiyonlardır. Bunun sonucu olarak yukarıdaki 3.15 numaralı eşitliğin v 'ye göre türevi alınıp gerekli düzenlemeler yapılırsa, L_i özdeğerlerinin [49],

$$\left| \underline{W}^{-1} \underline{A} - L \underline{I} \right| = 0 \quad (3.16)$$

determinantının çözümünden elde edildiği görülebilmektedir. $r = \min(k-1, p)$ olmak üzere elde edilen L_1, L_2, \dots, L_r özdeğerlerine karşılık gelen r tane özvektör ayırıcı fonksiyon işlevi görmektedir [49].

Genel olarak iki gruba ayrılan bir olayı etkileyen parametreler, lineer denklem ile tariflenirse,

$$\text{Grup} = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_m \cdot x_m \quad (3.17)$$

Burada, a bir katsayı b_1, b_2, \dots, b_m ise regresyon katsayılarıdır. İki gruba ayrılarak incelenen bu tür analizlerin yorumlanması çoklu regresyon analizinde olduğu gibi yapılmaktadır. Standartlaştırılmış en büyük regresyon katsayısına sahip olan değişkenler, gruba en çok katkıyı sağlayan parametreler olarak değerlendirilmektedirler [51].

Diskriminant fonksiyon katsayıları, her bir değişkenin diskriminant fonksiyonuna olan kısmi etkisini belirtmektedir. Diğer yandan yapı katsayıları, her bir değişken ile diskriminant fonksiyonu arasındaki basit korelasyon ilişkisini belirlemektedir. Her bir değişkenin diskriminant fonksiyonuna olan katkısını görmek için diskriminant fonksiyonunun katsayıları (ağırlıkları) belirlenmektedir. Değişkenlerin en uygun kombinasyonunu belirlemek için (birinci fonksiyon en fazla ikinci fonksiyon ikinci derecede etkili gibi) kanonik analiz kullanılmaktadır. Analizde fonksiyonların bağımsız (ortogonal) olması, yani katkılarının birbirleri ile kesişmemesi gerekmektedir. Çoklu diskriminant fonksiyonlarında farklı fonksiyonlar istatistiksel olarak test edilip, önemli olduğu düşünülenleri analiz için göz önüne alınmaktadır. Katsayısı büyük olan parametrenin katkısının büyük olduğu sonucuna varılmaktadır [51].

Diskriminant analizinde gruplar arası farkı belirleyen diskriminant fonksiyonu hesaplandıktan sonra, bu fonksiyon kullanılarak gözlemlerin grup üyelikleri tahmin edilmektedir. Fonksiyon belirlendikten sonra, sınıflandırma aynı veri grubu üzerinde yapılabilmekte, fakat bu durumda sınıflandırma fonksiyonunun belirlendiği ve test edildiği veriler aynı olduğu için, sınıflandırma sonuçları olduğundan daha başarılı gözükme riskini taşımaktadır. Örneklem sayısı yeterli olduğunda, verilerin uygulama grubu ve kontrol grubu olarak ikiye ayrılması daha sağlıklı sonuç vermektedir. Literatürde uygulama ve kontrol kümelere ayırmada hangi oranın alınması gerektiği konusunda kesin bir karar olmamakla birlikte, uygulama grubundaki sayının yeterince büyük olması gerekmektedir [52].

Diskriminant analizinin uygulanmasında ilk adım olarak, önsel grup üyelikleri belirlenmektedir. Daha sonra, değişkenler için gruplar arasında fark olup olmadığı, Wilks'in A istatistiği ile belirlenmektedir. Bu amaçla yapılacak MANOVA testi sonucunda gruplar arasında anlamlı bir fark varsa analize devam edilmektedir. Eğer anlamlı bir fark bulunmazsa tüm grupların ortalamalarının eşit olduğu, dolayısıyla grup farkı olmadığı söylenebilmektedir. Bu durumda diskriminant analizi yapılamamaktadır. Bir sonraki adımda, kullanılacak değişkenler seçilmektedir. Değişken seçiminde ön bilgiler ya da istatistiki yön-

temler uygulanabilmektedir. Değişkenler arasında çoklu bağlantının olup olmadığı incelenmektedir. Bu amaçla birleştirilmiş grup içi korelasyon matrisi incelenmektedir. Bu matristeki korelasyon değerleri mutlak değerce %75'den büyük ise, değişkenlerden bir kısmının atılması gerekmektedir. Bu adımın sonunda değişken kümesi belirlenmiş olmaktadır. Ardından, $W^{-1}B$ matrisinin özdeğerleri ve bu özdeğerlere ilişkin özvektörler bulunmaktadır. Bu özvektörler, diskriminant fonksiyonları için gerekli ağırlıkları vermektedir. Diskriminant fonksiyonlarının anlamlılık testi, bu özdeğerler kullanılarak yapılmaktadır. Eğer herhangi bir fonksiyon anlamlı ise, yaptığı ayırımı başarılı olduğu söylenebilmektedir. Standartlaştırılmamış diskriminant fonksiyonu kullanılarak her birey için diskriminant fonksiyonu değerleri elde edilmektedir. Bu değerler sınıflandırma aşamasında kullanılmaktadır. Bir sonraki aşamada, grup üyelikleri için önsel olasılıklar belirlenmektedir. Daha sonra bu olasılıklar ve diskriminant skorları kullanılarak sonsal olasılıklar elde edilmektedir. Bireyin sahip olduğu en büyük sonsal olasılık tespit edilmektedir. Bu olasılığı veren grubun, o bireyin ait olduğu grup olduğu tahmin edilmektedir ve böylece birey sınıflandırılmış olmaktadır. Her birey sınıflandırıldıktan sonra, diskriminant fonksiyonunun başarısı, doğru sınıflandırma yüzdesi tespit edilebilmektedir [48].

4. LİF ÖZELLİKLERİNDEN İPLİK ÖZELLİKLERİNİ TAHMİNLEME UYGULAMALARI VE ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. İplik Veri Grafikleri

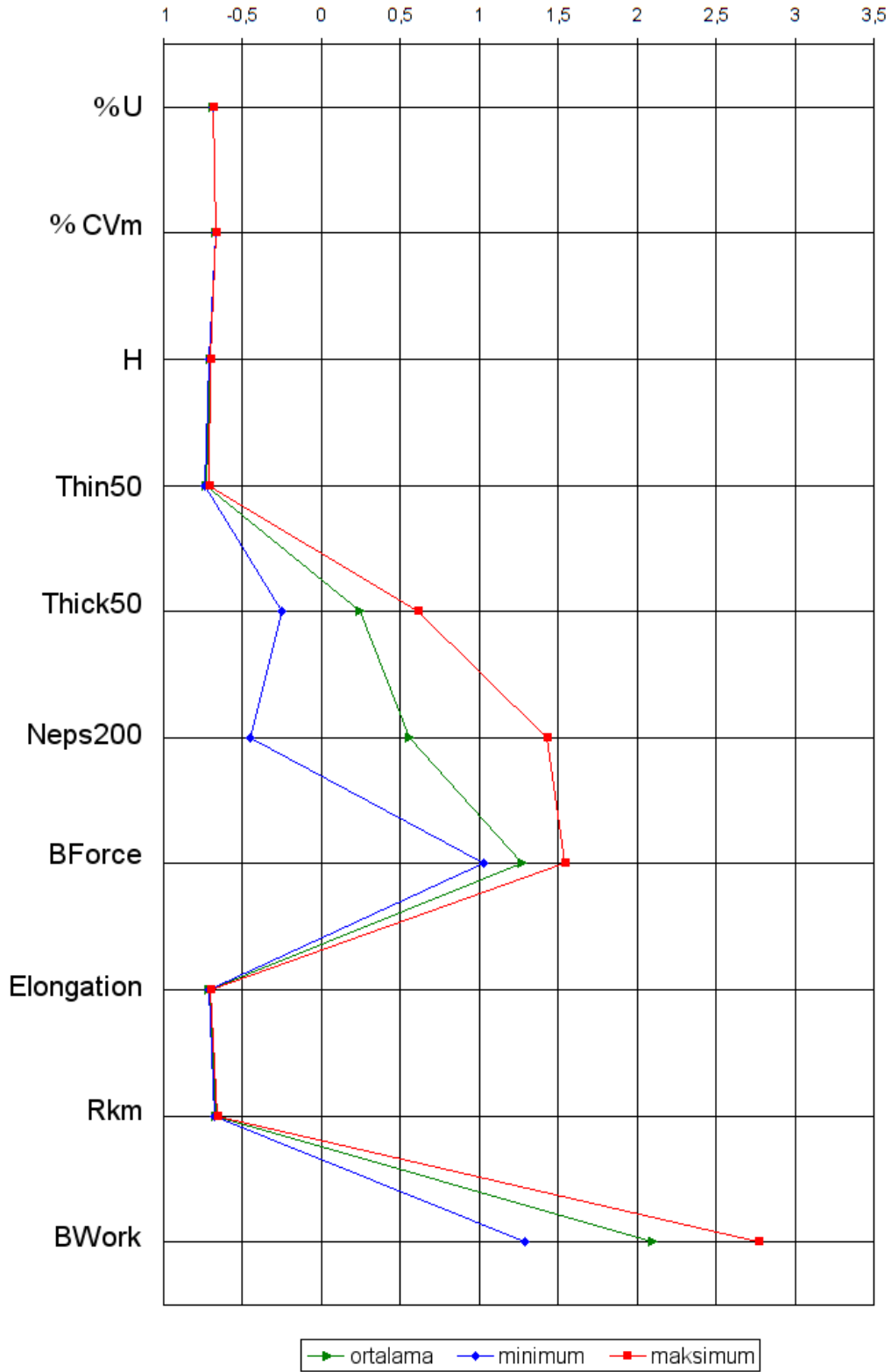
Adana yöresine ait pamuk partisinden üretilen Ne20-19,21 T/inç kops ve Ne20-19,21 T/inç bobin ipliklerinin veri grafikleri oluşturulmuştur. Bu veri grafikleri oluşturulurken, ipliklerin Uster Tester 4-SX cihazı ile ölçülen %U (%U biriminden düzgünsüzlük), %CVm (%CVm biriminden düzgünsüzlük), H (tüylülük), Thin50 (ince yer), Thick50 (kalın yer), Neps200 (neps) özellikleri ile Uster Tensorapid 3 cihazı ile ölçülen, BForce (kopma kuvveti), Elongation (kopma uzaması), Rkm (Rkm biriminden kopma mukavemeti) ve BWork (kopma işi) özellikleri dikkate alınmıştır. Öncelikle, bu özelliklerin aldıkları değerler normalleştirilmiştir. Daha sonra, her özellik için, bu normalleştirilmiş değerlerin ortalama, minimum ve maksimum değerleri tespit edilmiştir. Böylece tüm özelliklerin aynı grafik üzerinde gösterilebilmesi mümkün olmuştur. Aynı pamuk partisinden elde edilmiş, aynı numara ve büküme sahip kops ve bobinlere ait veri grafikleri de elde edilmiştir.

4.2. Faktör Analizi

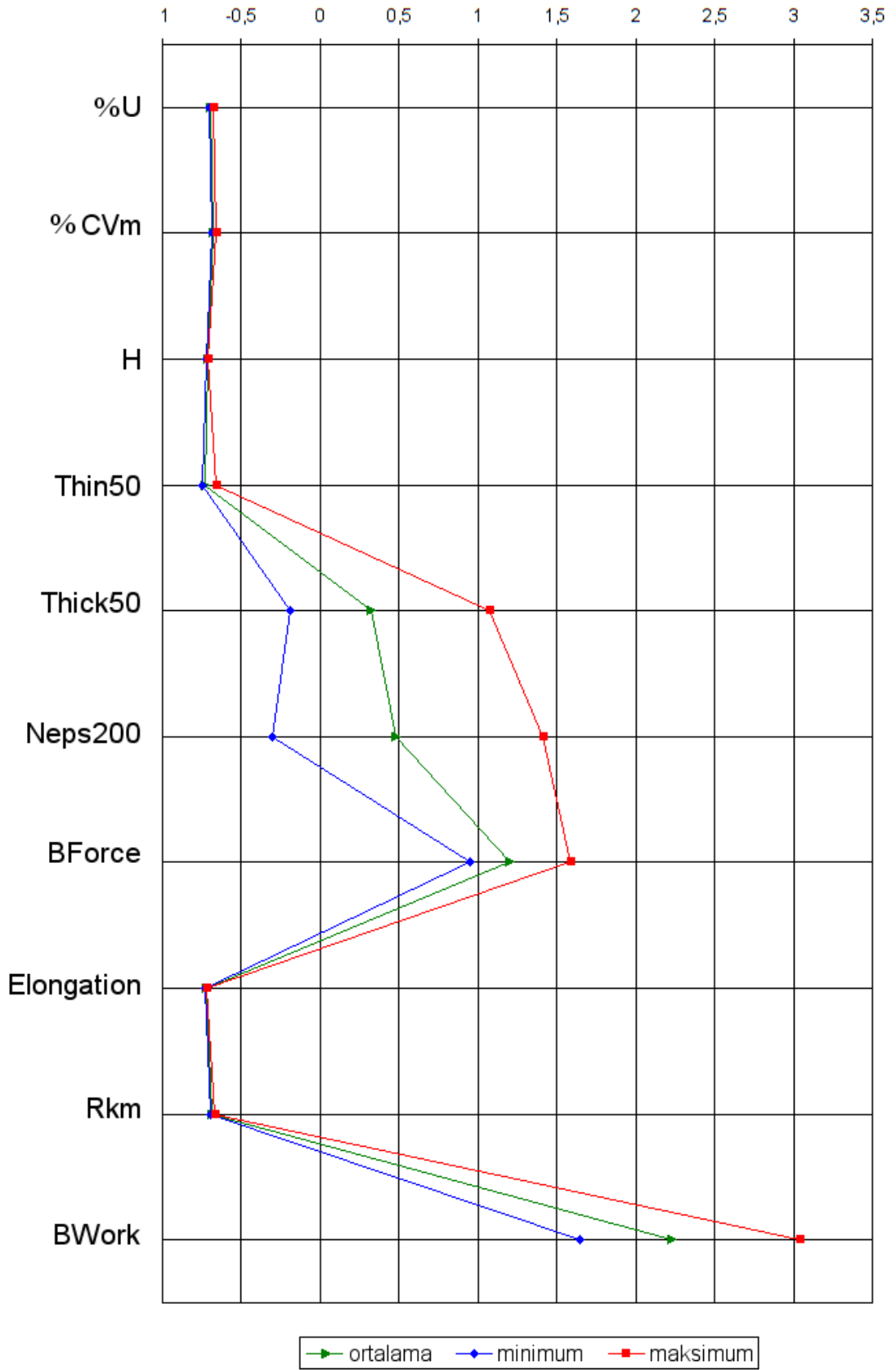
Adana yöresine ait pamuk partisinin HVI cihazı ile ölçülmüş değerleri dikkate alınarak faktör analizi uygulanmıştır. Bu uygulamada PASW paket programı kullanılmıştır. Toplamda doksanseki adet ölçüm bulunmaktadır. Her ölçüm kendi içinde beşer tekrere sahiptir. Dolayısıyla her özellik için doksanseki adet ortalama değer sözkonusudur. Temel bileşenler analizi metodu ile çalışılmıştır. Özdeğeri 1'in üzerinde olan değişkenlerin temel bileşen olarak seçilmesi sağlanacak şekilde ayarlanmıştır. Korelasyon matrisi ile çalışılmıştır. Döndürme tekniklerinden ise varimax uygulanmıştır. Çizelge 4.1'de temel bileşenler analizinden ve sonrasında uygulanan varimax döndürmesinden sonra elde edilen bileşenler görülmektedir.

Şekil 4.3'de bütün bileşenlerin sahip olduğu özdeğerler grafik halinde görülmektedir. Temel bileşenler analizi sonucu elde edilen bileşenler tarafından açıklanan varyans oranlarının dengelenmesi amacıyla varimax döndürme tekniği uygulanmıştır. Değişkenlerin döndürme yapılmadan önce her bir bileşendeki faktör yükleri Çizelge 4.2'de görülmek-

tedir. Değişkenlerin varimax döndürme tekniği uygulandıktan sonra bileşenler üzerindeki faktör yükleri Çizelge 4.3’de yer almaktadır.



Şekil 4.1. Ne20 – 19,21 T/inç kopsa ait veri grafiği [Orijinal]

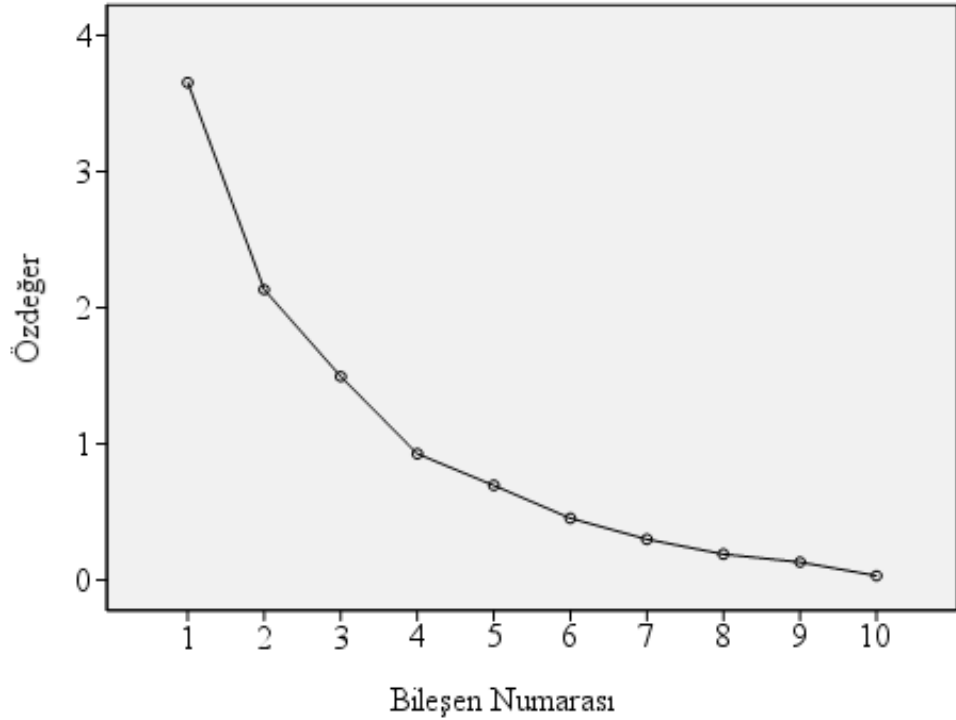


Şekil 4.2. Ne20 – 19,21 T/inç bobine ait veri grafiği [Orijinal]

Çizelge 4.1. Temel bileşenler tarafından açıklanan varyans miktarları [Orijinal]

Açıklanan Toplam Varyans									
Bileşen	Başlangıç Özdeğerleri			Döndürmeden Önce			Döndürmeden Sonra		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)
1	3,652	36,521	36,521	3,652	36,521	36,521	2,826	28,260	28,260
2	2,131	21,312	57,833	2,131	21,312	57,833	2,301	23,012	51,272
3	1,494	14,935	72,769	1,494	14,935	72,769	2,150	21,497	72,769
4	,927	9,267	82,036						
5	,694	6,941	88,977						
6	,453	4,529	93,506						
7	,299	2,987	96,493						
8	,189	1,895	98,387						
9	,130	1,303	99,691						
10	,031	,309	100,000						

Faktör Çıkarma Metodu: Temel Bileşenler Analizi.



Şekil 4.3. Temel bileşenlere ait özdeğerleri gösteren iki faktörlü dağılım diyagramı [Orijinal]

Çizelge 4.2. Bileşen matrisi [Orijinal]

Bileşen Matrisi^a			
	Bileşen		
	1	2	3
Mic_Mean	,440	,338	-,446
Mat_Mean	,677	,503	-,512
Len_Mean	,637	,221	,489
Unf_Mean	,772	-,025	,369
SFI_Mean	-,800	-,024	-,435
Str_Mean	,753	,108	,109
Elg_Mean	-,323	-,529	,481
Rd_Mean	,517	-,650	-,137
Tr_Cnt_Mean	-,611	,621	,304
Tr_Area_Mean	-,214	,784	,337
Faktör Çıkarma Metodu: Temel Bileşenler Analizi.			
a. 3 bileşen çıkarılmıştır.			

Çizelge 4.3. Döndürülmüş bileşen matrisi [Orijinal]

Döndürülmüş Bileşen Matrisi^a			
	Bileşen		
	1	2	3
Mic_Mean	,109	-,072	,699
Mat_Mean	,274	-,058	,946
Len_Mean	,823	,104	,077
Unf_Mean	,827	-,201	,088
SFI_Mean	-,896	,147	-,082
Str_Mean	,669	-,182	,333
Elg_Mean	-,019	-,122	-,775
Rd_Mean	,248	-,804	-,023
Tr_Cnt_Mean	-,223	,883	-,153
Tr_Area_Mean	,127	,864	,098
Faktör Çıkarma Metodu: Temel Bileşenler Analizi.			
Döndürme Metodu: Kaiser Normalizasyonu ile Varimax.			
a. Döndürme 4 yinelemede yakınsamıştır.			

Varimax döndürmesi yapıldıktan sonra, her değişkenin faktör yükü bileşenlerden bir tanesinde diğerlerine göre daha güçlü olmaktadır. Bu nedenle, verilerin yorumlanması daha kolay hale gelmektedir.

4.3. Regresyon Analizi

Adana yöresine ait pamuk partisinin HVI verileri üzerinde temel bileşenler analizi gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin faktör yüklerinin bir bileşende toplanmasının sağlanması amacıyla da döndürme tekniklerinden varimax ile çalışılmıştır. Varimax uygulamasının sonucunda üç adet bileşen grubu elde edilmiştir. Birinci bileşen grubunda Len, Unf, SFI, Str değişkenleri, ikinci bileşen grubunda Rd, Tr_Cnt, Tr_Area değişkenleri, üçüncü bileşen grubunda ise Mic Mat, Elg değişkenlerinin faktör yükleri en yüksek değeri almıştır. Öncelikle toplamda oniki adet olan HVI değişkenlerinin (Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area) tümü bağımsız değişken alınarak regresyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Bağımlı değişken olarak ise sözkonusu HVI verilerine sahip olan liflerden üretilmiş olan %100 pamuk, Ne20, 19,21 T/inç büküme sahip kops ve bobinlere ait iplik verileri (%U, %CVm, H, Thin50, Thick50, Neps200, BForce, Elongation, Rkm, BWork) teker teker ele alınmıştır. Daha sonra varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarını oluşturan değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınıp iplik verilerine ulaşılmasını sağlayacak olan regresyon denklemlerinin elde edilmesine geçilmiştir. Regresyon analizi uygulanırken hem enter hem stepwise metodu uygulanmıştır. Ancak stepwise metodu uygulanan çalışmaların çoğundan sonuç alınamamıştır. Bu nedenle stepwise metoduyla yapılan çalışmaların sonuçlarına yer verilmeyecektir. Burada sözü geçen bütün regresyon uygulamalarında enter metodu kullanılmıştır.

4.3.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops

4.3.1.1. Tüm Özellikler Dahil

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\% U = & 26,976 - 0,887\overline{\text{Mic}} + 6,117\overline{\text{Mat}} - 0,308\overline{\text{Len}} - 0,064\overline{\text{Unf}} - 0,214\overline{\text{SFI}} \\
& + 0,078\overline{\text{Str}} - 0,030\overline{\text{Elg}} - 0,107\overline{\text{Moist}} - 0,039\overline{\text{Rd}} + 0,015\overline{\text{b}} \\
& + 0,001\overline{\text{TrCnt}} + 0,221\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.1}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,541$ ve düzeltilmiş $R^2=0,217$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise uzunluk değişkenidir.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\% \text{CVm} = & 33,547 - 1,771\overline{\text{Mic}} + 19,624\overline{\text{Mat}} - 0,424\overline{\text{Len}} - 0,178\overline{\text{Unf}} - 0,448\overline{\text{SFI}} \\
& + 0,098\overline{\text{Str}} + 0,221\overline{\text{Elg}} - 0,189\overline{\text{Moist}} - 0,036\overline{\text{Rd}} + 0,058\overline{\text{b}} \\
& + 0,009\overline{\text{TrCnt}} + 0,194\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.2}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,572$ ve düzeltilmiş $R^2=0,270$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise uzunluk değişkenidir.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
H = & 18,287 + 1,677\overline{\text{Mic}} - 38,502\overline{\text{Mat}} + 0,149\overline{\text{Len}} + 0,214\overline{\text{Unf}} + 0,360\overline{\text{SFI}} \\
& - 0,002\overline{\text{Str}} - 1,116\overline{\text{Elg}} + 0,078\overline{\text{Moist}} + 0,025\overline{\text{Rd}} - 0,171\overline{\text{b}} \\
& - 0,009\overline{\text{TrCnt}} + 0,021\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.3}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,604$ ve düzeltilmiş $R^2=0,325$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise olgunluk değişkenidir.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Thin50} = & 14,986 - 0,869\overline{\text{Mic}} + 136,137\overline{\text{Mat}} + 0,919\overline{\text{Len}} - 1,455\overline{\text{Unf}} \\
& - 2,048\overline{\text{SFI}} - 0,852\overline{\text{Str}} + 3,158\overline{\text{Elg}} + 0,769\overline{\text{Moist}} - 0,514\overline{\text{Rd}} \\
& + 0,381\overline{\text{b}} + 0,078\overline{\text{TrCnt}} - 4,100\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.4}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,517$ ve düzeltilmiş $R^2=0,177$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise yabancı madde alanı değişkenidir.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Thick50} = & 432,798 - 419,946\overline{\text{Mic}} + 7453,404\overline{\text{Mat}} - 51,654\overline{\text{Len}} - 55,720\overline{\text{Unf}} \\
& - 102,367\overline{\text{SFI}} + 7,923\overline{\text{Str}} + 205,395\overline{\text{Elg}} - 31,327\overline{\text{Moist}} - 5,554\overline{\text{Rd}} \\
& + 27,923\overline{\text{b}} + 3,513\overline{\text{TrCnt}} - 13,668\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.5}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,605$ ve düzeltilmiş $R^2=0,327$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Neps200} = & -4051,586 - 941,695\overline{\text{Mic}} + 16549,353\overline{\text{Mat}} - 85,863\overline{\text{Len}} - 85,934\overline{\text{Unf}} \\
& - 186,623\overline{\text{SFI}} + 2,087\overline{\text{Str}} + 488,111\overline{\text{Elg}} - 70,859\overline{\text{Moist}} - 10,850\overline{\text{Rd}} \\
& + 131,339\overline{\text{b}} + 5,709\overline{\text{TrCnt}} + 45,252\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.6}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,575$ ve düzeltilmiş $R^2=0,276$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
BForce = & 1426,478 - 32,560\overline{Mic} + 64,060\overline{Mat} - 12,555\overline{Len} - 7,794\overline{Unf} \\
& -26,673\overline{SFI} + 6,246\overline{Str} + 9,138\overline{Elg} - 0,040\overline{Moist} - 0,908\overline{Rd} \\
& +9,152\overline{b} + 0,599\overline{TrCnt} + 12,018\overline{TrArea}
\end{aligned} \tag{4.7}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,247$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,284$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
Elongation = & 48,491 - 0,646\overline{Mic} + 8,042\overline{Mat} - 0,262\overline{Len} - 0,465\overline{Unf} \\
& -0,695\overline{SFI} + 0,167\overline{Str} + 0,137\overline{Elg} - 0,096\overline{Moist} - 0,051\overline{Rd} \\
& +0,201\overline{b} + 0,021\overline{TrCnt} - 0,075\overline{TrArea}
\end{aligned} \tag{4.8}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,394$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,034$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
Rkm = & 48,207 - 1,115\overline{Mic} + 2,285\overline{Mat} - 0,426\overline{Len} - 0,264\overline{Unf} - 0,902\overline{SFI} \\
& +0,211\overline{Str} + 0,315\overline{Elg} + 0,000\overline{Moist} - 0,031\overline{Rd} + 0,310\overline{b} \\
& +0,020\overline{TrCnt} + 0,410\overline{TrArea}
\end{aligned} \tag{4.9}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,248$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,282$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
BWork = & 5649,071 - 185,233\overline{Mic} + 1514,700\overline{Mat} - 38,207\overline{Len} - 55,801\overline{Unf} \\
& - 113,923\overline{SFI} + 27,592\overline{Str} + 19,241\overline{Elg} - 22,837\overline{Moist} - 2,870\overline{Rd} \\
& + 39,984\overline{b} + 3,213\overline{TrCnt} + 28,097\overline{TrArea}
\end{aligned} \tag{4.10}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,343$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,121$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

4.3.1.2. Varimax ile Seçilen Özellikler

4.3.1.2.1. Birinci Bileşen Grubu

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\%U = 27,693 - 0,301\overline{Len} - 0,101\overline{Unf} - 0,113\overline{SFI} + 0,061\overline{Str} \tag{4.11}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,322$ ve düzeltilmiş $R^2=0,213$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve uzunluk değişkeninin katsayısının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\%CVm = 40,191 - 0,453\overline{Len} - 0,166\overline{Unf} - 0,197\overline{SFI} + 0,104\overline{Str} \tag{4.12}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,332$ ve düzeltilmiş $R^2=0,225$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve uzunluk değişkeninin katsayısının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$H = -8,257 + 0,190\overline{Len} + 0,132\overline{Unf} + 0,210\overline{SFI} - 0,135\overline{Str} \quad (4.13)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,285$ ve düzeltilmiş $R^2=0,171$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise kopma mukavemeti değişkenidir.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\text{Thin50} = 29,102 + 0,107\overline{Len} - 0,202\overline{Unf} - 1,607\overline{SFI} - 0,060\overline{Str} \quad (4.14)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,097$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,047$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\text{Thick50} = 5004,532 - 63,982\overline{Len} - 38,317\overline{Unf} - 47,125\overline{SFI} + 23,330\overline{Str} \quad (4.15)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,237$ ve düzeltilmiş $R^2=0,115$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise uzunluk değişkenidir.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\text{Neps200} = 7865,441 - 84,257\overline{\text{Len}} - 65,197\overline{\text{Unf}} - 90,223\overline{\text{SFI}} + 36,844\overline{\text{Str}} \quad (4.16)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,105$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,038$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$\text{BForce} = 1726,804 - 4,409\overline{\text{Len}} - 12,914\overline{\text{Unf}} - 24,129\overline{\text{SFI}} + 4,008\overline{\text{Str}} \quad (4.17)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,105$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,039$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$\text{Elongation} = 48,202 - 0,238\overline{\text{Len}} - 0,419\overline{\text{Unf}} - 0,490\overline{\text{SFI}} + 0,111\overline{\text{Str}} \quad (4.18)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,209$ ve düzeltilmiş $R^2=0,082$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve lif boyu homojenliği değişkeninin katsayısının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$\text{Rkm} = 58,570 - 0,149\overline{\text{Len}} - 0,439\overline{\text{Unf}} - 0,817\overline{\text{SFI}} + 0,136\overline{\text{Str}} \quad (4.19)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,105$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,038$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$BWork = 6237,350 - 25,042\overline{Len} - 57,039\overline{Unf} - 75,356\overline{SFI} + 17,801\overline{Str} \quad (4.20)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,138$ ve düzeltilmiş $R^2=0,000$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

4.3.1.2.2. İkinci Bileşen Grubu

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\%U = 14,710 - 0,051\overline{Rd} + 0,000\overline{TrCnt} - 0,007\overline{TrArea} \quad (4.21)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,100$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,004$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\%CVm = 18,149 - 0,056\overline{Rd} + 0,003\overline{TrCnt} - 0,069\overline{TrArea} \quad (4.22)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,063$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,046$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$H = 4,149 + 0,025\overline{Rd} + 0,007\overline{TrCnt} - 0,133\overline{TrArea} \quad (4.23)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,033$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,079$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\text{Thin50} = 43,106 - 0,578\overline{Rd} - 0,018\overline{TrCnt} - 1,093\overline{TrArea} \quad (4.24)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,176$ ve düzeltilmiş $R^2=0,081$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve parlaklık değişkeninin katsayısının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\text{Thick50} = 662,497 - 7,036\overline{Rd} + 0,774\overline{TrCnt} - 12,857\overline{TrArea} \quad (4.25)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,040$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,071$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\text{Neps200} = 880,337 - 9,193\overline{\text{Rd}} - 0,738\overline{\text{TrCnt}} + 41,190\overline{\text{TrArea}} \quad (4.26)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,014$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,100$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$\text{BForce} = 517,437 - 1,441\overline{\text{Rd}} - 0,087\overline{\text{TrCnt}} + 17,673\overline{\text{TrArea}} \quad (4.27)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,080$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,026$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$\text{Elongation} = 8,706 - 0,059\overline{\text{Rd}} + 0,003\overline{\text{TrCnt}} + 0,197\overline{\text{TrArea}} \quad (4.28)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,104$ ve düzeltilmiş $R^2=0,001$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$\text{Rkm} = 17,531 - 0,049\overline{\text{Rd}} - 0,003\overline{\text{TrCnt}} + 0,601\overline{\text{TrArea}} \quad (4.29)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,080$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,026$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$BWork = 850,294 - 4,605\overline{Rd} + 0,083\overline{TrCnt} + 52,758\overline{TrArea} \quad (4.30)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,085$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,021$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

4.3.1.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\%U = 7,944 - 0,639\overline{Mic} + 5,716\overline{Mat} + 0,130\overline{Elg} \quad (4.31)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,053$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,057$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\%CVm = 4,166 - 1,182\overline{Mic} + 13,450\overline{Mat} + 0,393\overline{Elg} \quad (4.32)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,080$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,026$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$H = 35,188 + 1,252\overline{\text{Mic}} - 28,170\overline{\text{Mat}} - 0,982\overline{\text{Elg}} \quad (4.33)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,356$ ve düzeltilmiş $R^2=0,282$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve incelik, olgunluk, kopma uzaması değişkenlerinin katsayılarının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\text{Thin50} = -16,306 - 0,047\overline{\text{Mic}} + 29,988\overline{\text{Mat}} - 0,957\overline{\text{Elg}} \quad (4.34)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,114$ ve düzeltilmiş $R^2=0,012$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\text{Thick50} = -4440,341 - 278,007\overline{\text{Mic}} + 4567,312\overline{\text{Mat}} + 190,058\overline{\text{Elg}} \quad (4.35)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,202$ ve düzeltilmiş $R^2=0,110$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve olgunluk, kopma uzaması değişkenlerinin katsayılarının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\text{Neps200} = -10129,248 - 546,108\overline{\text{Mic}} + 9755,411\overline{\text{Mat}} + 429,773\overline{\text{Elg}} \quad (4.36)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,192$ ve düzeltilmiş $R^2=0,098$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve olgunluk, kopma uzaması değişkenlerinin katsayılarının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$\text{BForce} = -309,764 - 19,302\overline{\text{Mic}} + 587,666\overline{\text{Mat}} + 31,859\overline{\text{Elg}} \quad (4.37)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,041$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,070$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$\text{Elongation} = -5,752 - 0,812\overline{\text{Mic}} + 11,016\overline{\text{Mat}} + 0,508\overline{\text{Elg}} \quad (4.38)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,035$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,076$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$\text{Rkm} = -10,507 - 0,661\overline{\text{Mic}} + 19,938\overline{\text{Mat}} + 1,081\overline{\text{Elg}} \quad (4.39)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,041$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,070$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Kopslarda varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$BWork = -1944,371 - 141,430\overline{Mic} + 2403,023\overline{Mat} + 110,011\overline{Elg} \quad (4.40)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,046$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,064$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

4.3.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin

4.3.2.1. Tüm Özellikler Dahil

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\begin{aligned} \%U = & -7,876 - 0,196\overline{Mic} + 10,365\overline{Mat} - 0,377\overline{Len} + 0,201\overline{Unf} + 0,403\overline{SFI} \\ & - 0,007\overline{Str} + 0,035\overline{Elg} - 0,041\overline{Moist} + 0,056\overline{Rd} - 0,175\overline{b} \\ & - 0,002\overline{TrCnt} + 0,220\overline{TrArea} \end{aligned} \quad (4.41)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,184$ ve düzeltilmiş $R^2=0,064$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise uzunluk değişkenidir.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\begin{aligned} \%CV_m = & -8,936 - 0,103\overline{Mic} + 11,512\overline{Mat} - 0,450\overline{Len} + 0,253\overline{Unf} + 0,500\overline{SFI} \\ & - 0,015\overline{Str} + 0,037\overline{Elg} - 0,052\overline{Moist} + 0,061\overline{Rd} - 0,187\overline{b} \\ & - 0,004\overline{TrCnt} + 0,283\overline{TrArea} \end{aligned} \quad (4.42)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,178$ ve düzeltilmiş $R^2=0,058$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$\begin{aligned} H = & -12,146 - 0,736\overline{Mic} + 12,757\overline{Mat} - 0,001\overline{Len} + 0,111\overline{Unf} + 0,108\overline{SFI} \\ & - 0,115\overline{Str} + 0,263\overline{Elg} + 0,023\overline{Moist} + 0,044\overline{Rd} - 0,145\overline{b} \\ & + 0,001\overline{TrCnt} + 0,019\overline{TrArea} \end{aligned} \quad (4.43)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,081$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,054$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\begin{aligned} Thin50 = & -322,201 - 7,216\overline{Mic} + 270,031\overline{Mat} - 0,312\overline{Len} + 0,794\overline{Unf} \\ & + 2,778\overline{SFI} - 1,130\overline{Str} + 6,098\overline{Elg} - 0,007\overline{Moist} + 0,418\overline{Rd} \\ & - 1,928\overline{b} + 0,026\overline{TrCnt} - 1,721\overline{TrArea} \end{aligned} \quad (4.44)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,172$ ve düzeltilmiş $R^2=0,051$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Thick50} = & -4705,847 - 78,117\overline{\text{Mic}} + 3233,514\overline{\text{Mat}} - 3,387\overline{\text{Len}} + 13,972\overline{\text{Unf}} \\
& + 49,462\overline{\text{SFI}} - 13,336\overline{\text{Str}} + 95,454\overline{\text{Elg}} + 6,346\overline{\text{Moist}} + 3,219\overline{\text{Rd}} \\
& + 15,826\overline{\text{b}} - 0,340\overline{\text{TrCnt}} + 8,680\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.45}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,185$ ve düzeltilmiş $R^2=0,066$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer ve kısa lif indeksi değişkeninin katsayısının istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Neps200} = & -802,829 + 196,704\overline{\text{Mic}} - 3161,112\overline{\text{Mat}} + 26,061\overline{\text{Len}} + 25,946\overline{\text{Unf}} \\
& + 53,978\overline{\text{SFI}} + 25,048\overline{\text{Str}} - 77,746\overline{\text{Elg}} - 27,310\overline{\text{Moist}} - 9,694\overline{\text{Rd}} \\
& + 62,401\overline{\text{b}} - 0,687\overline{\text{TrCnt}} + 15,783\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.46}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,209$ ve düzeltilmiş $R^2=0,093$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise nem ve sarılık değişkenleridir.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{BForce} = & 162,921 - 3,316\overline{\text{Mic}} - 236,339\overline{\text{Mat}} - 5,380\overline{\text{Len}} + 2,735\overline{\text{Unf}} + 10,365\overline{\text{SFI}} \\
& + 8,448\overline{\text{Str}} - 9,314\overline{\text{Elg}} - 3,454\overline{\text{Moist}} + 3,195\overline{\text{Rd}} - 3,272\overline{\text{b}} - 0,043\overline{\text{TrCnt}} \\
& + 22,865\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.47}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,137$ ve düzeltilmiş $R^2=0,011$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise yabancı madde alanı değişkenidir.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Elongation} = & 2,643 - 0,021\overline{\text{Mic}} + 0,189\overline{\text{Mat}} - 0,091\overline{\text{Len}} + 0,035\overline{\text{Unf}} + 0,079\overline{\text{SFI}} \\
& + 0,093\overline{\text{Str}} - 0,175\overline{\text{Elg}} - 0,085\overline{\text{Moist}} + 0,038\overline{\text{Rd}} - 0,150\overline{\text{b}} \\
& - 0,004\overline{\text{TrCnt}} + 0,327\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.48}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,111$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,020$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Rkm} = & 5,530 - 0,119\overline{\text{Mic}} - 7,957\overline{\text{Mat}} - 0,183\overline{\text{Len}} + 0,093\overline{\text{Unf}} + 0,351\overline{\text{SFI}} \\
& + 0,285\overline{\text{Str}} - 0,314\overline{\text{Elg}} - 0,116\overline{\text{Moist}} + 0,108\overline{\text{Rd}} - 0,111\overline{\text{b}} \\
& - 0,001\overline{\text{TrCnt}} + 0,774\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.49}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,137$ ve düzeltilmiş $R^2=0,011$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise yabancı madde alanı değişkenidir.

Bobinlerde bütün HVI değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$\begin{aligned}
\text{Bwork} = & -208,651 + 5,455\overline{\text{Mic}} - 535,359\overline{\text{Mat}} - 7,069\overline{\text{Len}} + 7,437\overline{\text{Unf}} \\
& + 29,726\overline{\text{SFI}} + 20,241\overline{\text{Str}} - 22,954\overline{\text{Elg}} - 11,573\overline{\text{Moist}} + 7,172\overline{\text{Rd}} \\
& - 17,338\overline{\text{b}} - 0,757\overline{\text{TrCnt}} + 67,489\overline{\text{TrArea}}
\end{aligned} \tag{4.50}$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,143$ ve düzeltilmiş $R^2=0,018$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise yabancı madde alanı değişkenidir.

4.3.2.2. Varimax ile Seçilen Özellikler

4.3.2.2.1. Birinci Bileşen Grubu

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\%U = 3,940 - 0,397\overline{\text{Len}} + 0,179\overline{\text{Unf}} + 0,347\overline{\text{SFI}} + 0,066\overline{\text{Str}} \quad (4.51)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,135$ ve düzeltilmiş $R^2=0,096$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise uzunluk değişkenidir.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\%CVm = 4,700 - 0,481\overline{\text{Len}} + 0,230\overline{\text{Unf}} + 0,423\overline{\text{SFI}} + 0,070\overline{\text{Str}} \quad (4.52)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,131$ ve düzeltilmiş $R^2=0,092$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise uzunluk değişkenidir.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$H = -0,806 - 0,022\overline{\text{Len}} + 0,103\overline{\text{Unf}} + 0,096\overline{\text{SFI}} - 0,026\overline{\text{Str}} \quad (4.53)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,024$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,020$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\text{Thin50} = -60,398 - 1,889\overline{\text{Len}} + 1,004\overline{\text{Unf}} + 2,437\overline{\text{SFI}} + 0,577\overline{\text{Str}} \quad (4.54)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,067$ ve düzeltilmiş $R^2=0,025$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\text{Thick50} = -1627,388 - 10,594\overline{\text{Len}} + 17,935\overline{\text{Unf}} + 47,824\overline{\text{SFI}} + 10,103\overline{\text{Str}} \quad (4.55)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,078$ ve düzeltilmiş $R^2=0,037$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\text{Neps200} = -3314,412 + 33,494\overline{\text{Len}} + 27,372\overline{\text{Unf}} + 56,573\overline{\text{SFI}} - 4,615\overline{\text{Str}} \quad (4.56)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,039$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,003$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$BForce = 156,146 + 0,109\overline{Len} + 0,197\overline{Unf} + 9,347\overline{SFI} + 6,414\overline{Str} \quad (4.57)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,061$ ve düzeltilmiş $R^2=0,019$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise kopma mukavemeti değişkenidir.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$Elongation = 5,246 - 0,064\overline{Len} - 0,005\overline{Unf} + 0,026\overline{SFI} + 0,083\overline{Str} \quad (4.58)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,037$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,006$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$Rkm = 5,278 + 0,004\overline{Len} + 0,007\overline{Unf} + 0,317\overline{SFI} + 0,217\overline{Str} \quad (4.59)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,061$ ve düzeltilmiş $R^2=0,019$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise kopma mukavemeti değişkenidir.

Bobinlerde varimax sonucuna göre birinci bileşen grubunda yer alan Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$BWork = -77,208 + 2,484\overline{Len} + 0,223\overline{Unf} + 21,930\overline{SFI} + 16,327\overline{Str} \quad (4.60)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,059$ ve düzeltilmiş $R^2=0,018$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise kopma mukavemeti değişkenidir.

4.3.2.2.2. İkinci Bileşen Grubu

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\%U = 10,315 + 0,024\overline{Rd} + 0,004\overline{TrCnt} - 0,060\overline{TrArea} \quad (4.61)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,004$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,029$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\%CVm = 13,607 + 0,024\overline{Rd} + 0,003\overline{TrCnt} - 0,063\overline{TrArea} \quad (4.62)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,003$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,030$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$H = 5,742 + 0,022\overline{Rd} + 0,001\overline{TrCnt} - 0,030\overline{TrArea} \quad (4.63)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,011$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,022$ olduğu görülmüştür. Denklemdaki sabit değer istatistiksel önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\text{Thin50} = -6,048 + 0,178\overline{\text{Rd}} + 0,033\overline{\text{TrCnt}} - 2,116\overline{\text{TrArea}} \quad (4.64)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,025$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,007$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\text{Thick50} = 12,460 + 3,521\overline{\text{Rd}} - 0,422\overline{\text{TrCnt}} + 8,072\overline{\text{TrArea}} \quad (4.65)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,029$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,003$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\text{Neps200} = 380,248 - 1,570\overline{\text{Rd}} - 0,198\overline{\text{TrCnt}} + 6,485\overline{\text{TrArea}} \quad (4.66)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,001$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,031$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$BForce = 186,511 + 3,258\overline{Rd} + 0,029\overline{TrCnt} + 19,168\overline{TrArea} \quad (4.67)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,074$ ve düzeltilmiş $R^2=0,043$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise yabancı madde alanı değişkenidir.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$Elongation = 3,586 + 0,027\overline{Rd} - 0,003\overline{TrCnt} + 0,269\overline{TrArea} \quad (4.68)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,045$ ve düzeltilmiş $R^2=0,014$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$Rkm = 6,350 + 0,110\overline{Rd} + 0,001\overline{TrCnt} + 0,649\overline{TrArea} \quad (4.69)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,074$ ve düzeltilmiş $R^2=0,043$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise yabancı madde alanı değişkenidir.

Bobinlerde varimax sonucuna göre ikinci bileşen grubunda yer alan Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$BWork = 121,928 + 7,114\overline{Rd} - 0,424\overline{TrCnt} + 57,075\overline{TrArea} \quad (4.70)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,079$ ve düzeltilmiş $R^2=0,049$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken ise yabancı madde alanı değişkenidir.

4.3.2.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %U incelendiğinde :

$$\%U = 9,892 + 0,552\overline{Mic} - 0,645\overline{Mat} - 0,002\overline{Elg} \quad (4.71)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,017$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,016$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken %CVm incelendiğinde :

$$\%CVm = 13,478 + 0,792\overline{Mic} - 1,957\overline{Mat} - 0,029\overline{Elg} \quad (4.72)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,020$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,013$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken H incelendiğinde :

$$H = 6,726 - 0,056\overline{Mic} + 0,649\overline{Mat} + 0,019\overline{Elg} \quad (4.73)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,000$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,033$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thin50 incelendiğinde :

$$\text{Thin50} = -90,030 + 1,759\overline{\text{Mic}} + 68,082\overline{\text{Mat}} + 2,390\overline{\text{Elg}} \quad (4.74)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,036$ ve düzeltilmiş $R^2=0,004$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Thick50 incelendiğinde :

$$\text{Thick50} = -1490,714 - 12,064\overline{\text{Mic}} + 1464,445\overline{\text{Mat}} + 45,659\overline{\text{Elg}} \quad (4.75)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,053$ ve düzeltilmiş $R^2=0,022$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Neps200 incelendiğinde :

$$\text{Neps200} = 683,415 + 32,036\overline{\text{Mic}} - 511,268\overline{\text{Mat}} - 10,195\overline{\text{Elg}} \quad (4.76)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,002$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,031$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BForce incelendiğinde :

$$BForce = -268,357 - 35,674\overline{Mic} + 718,375\overline{Mat} + 22,864\overline{Elg} \quad (4.77)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,031$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,001$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Elongation incelendiğinde :

$$Elongation = -4,591 - 0,277\overline{Mic} + 10,096\overline{Mat} + 0,241\overline{Elg} \quad (4.78)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,035$ ve düzeltilmiş $R^2=0,003$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken Rkm incelendiğinde :

$$Rkm = -9,060 - 1,213\overline{Mic} + 24,332\overline{Mat} + 0,773\overline{Elg} \quad (4.79)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,031$ ve düzeltilmiş $R^2=-0,001$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

Bobinlerde varimax sonucuna göre üçüncü bileşen grubunda yer alan Mic Mat ve Elg değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alındığında, bağımlı değişken BWork incelendiğinde :

$$BWork = -1327,584 - 79,968\overline{Mic} + 1953,238\overline{Mat} + 61,219\overline{Elg} \quad (4.80)$$

şeklinde bir regresyon denklemi elde edilmektedir. Bu çalışmada $R^2=0,036$ ve düzeltilmiş $R^2=0,004$ olduğu görülmüştür. Katsayısı istatistiksel önemli olan değişken bulunmamaktadır.

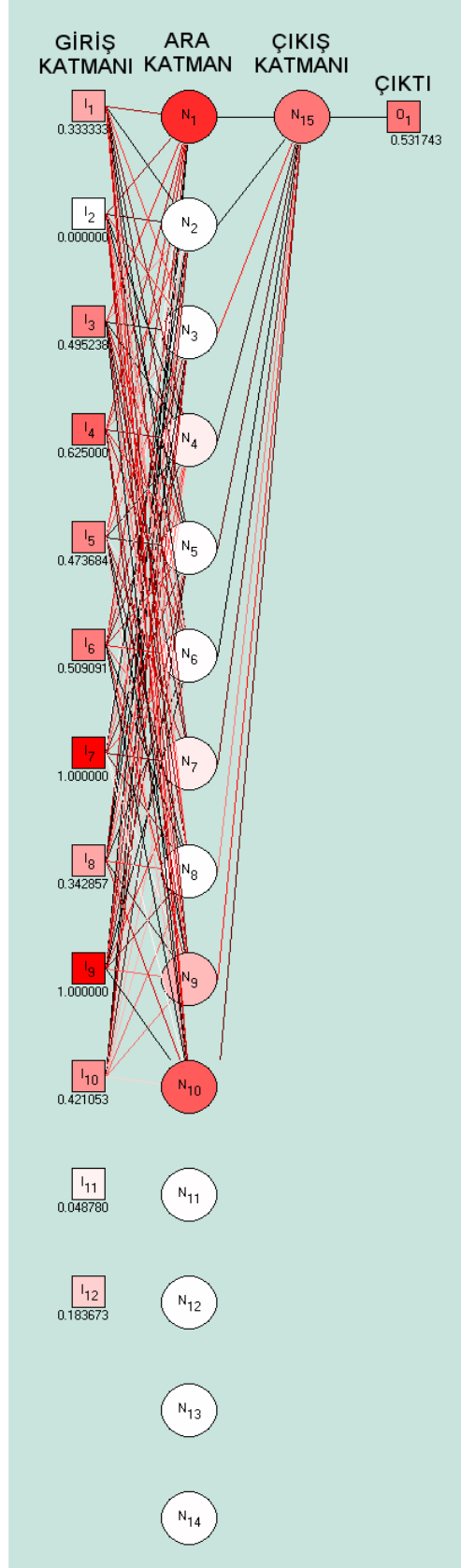
4.4. Yapay Sinir Ağları

Adana yöresine ait pamuk partisinin HVI verileri üzerinde temel bileşenler analizi gerçekleştirildikten sonra, değişkenlerin faktör yüklerinin bir bileşende toplanmasının sağlanması amacıyla da döndürme tekniklerinden varimax ile çalışılmıştır. Varimax uygulamasının sonucunda üç adet bileşen grubu elde edilmiştir. Birinci bileşen grubunda Len, Unf, SFI, Str değişkenleri, ikinci bileşen grubunda Rd, Tr_Cnt, Tr_Area değişkenleri, üçüncü bileşen grubunda ise Mic Mat, Elg değişkenlerinin faktör yükleri en yüksek değeri almıştır. Öncelikle toplamda oniki adet olan HVI değişkenlerinin (Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area) tümü giriş katmanına verilerek yapay sinir ağı çalışması gerçekleştirilmiştir. Hedef çıktı değişkeni olarak ise sözkonusu HVI verilerine sahip olan lif partisinden üretilmiş olan %100 pamuk, Ne20, 19,21 T/inç büküme sahip kops ve bobinlere ait iplik verileri (%U, %Cvm, H, Thin50, Thick50, Neps200, BForce, Elongation, Rkm, BWork) teker teker ele alınmıştır. Daha sonra varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarını oluşturan değişkenler giriş katmanına girilerek iplik verilerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu uygulama için, kullanıcılarına yapay sinir ağlarında optimizasyon imkanı sağlayan Pythia yazılımı kullanılmıştır. Oluşturulan ağ türü geri yayımlı ağdır. Tüm ağlarda kullanılan transfer fonksiyonu logaritmik sigmoid fonksiyonudur, öğrenme katsayısı 0,5'dir. σ^2 , ağın çıktısı ile hedef çıktı arasındaki farkın karesidir ve maksimum değer alınmıştır.

4.4.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops

4.4.1.1. Tüm Özellikler Dahil

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000042$, $R^2=0,999637$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı ondörttür. Elde edilen yapay sinir ağının görünümü Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Bütün lif özellikleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, %CVm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000255$, $R^2=0,999815$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı onikidir.

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000046$, $R^2=0,999432$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı onaltıdır.

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000772$, $R^2=0,999561$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı onaltı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı onikidir.

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000318$, $R^2=0,99985$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı onikidir.

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000271$, $R^2=0,999611$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı onbirdir.

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000803$, $R^2=0,998676$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı onikidir.

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000189$, $R^2=0,999804$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı sekizdir.

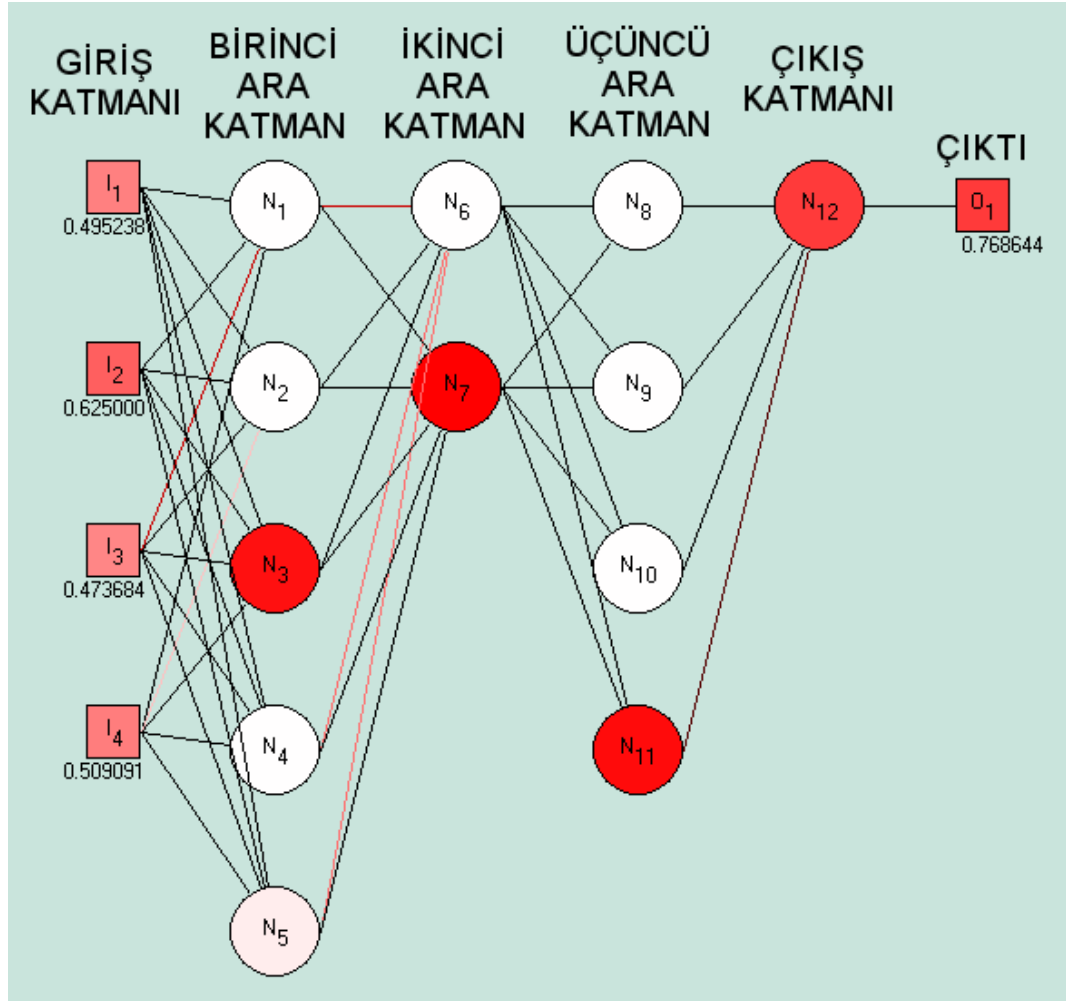
Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000247$, $R^2=0,999762$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı ondur.

Kopslarda tüm HVI verileri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000759$, $R^2=0,999365$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı onbirdir.

4.4.1.2. Varimax İle Seçilen Özellikler

4.4.1.2.1. Birinci Bileşen Grubu

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,056539$, $R^2=0,867114$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı iki, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür. Elde edilen yapay sinir ağının görünümü Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Birinci varimax bileşen grubunu oluşturan değişkenler giriş katmanına, %U değişkenini çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, %CVm değişkenini çıkış katmanına giril-

diğinde $\sigma^2=0,063620$, $R^2=0,928014$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000434$, $R^2=0,998449$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördtür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,102662$, $R^2=0,822228$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,011712$, $R^2=0,985716$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı sekiz, ikinci ara katmandaki nöron sayısı yedidir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,184690$, $R^2=0,609316$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dört, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı beş, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı birdir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,047294$, $R^2=0,867492$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üç, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördtür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,005552$, $R^2=0,981381$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı yedidir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000311$, $R^2=0,999069$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı yedidir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,014513$, $R^2=0,989353$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı altı, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı altıdır.

4.4.1.2.2. İkinci Bileşen Grubu

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,004125$, $R^2=0,993899$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı yedi, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı beşdir. Elde edilen yapay sinir ağının görünümü Şekil 4.6'da verilmiştir.

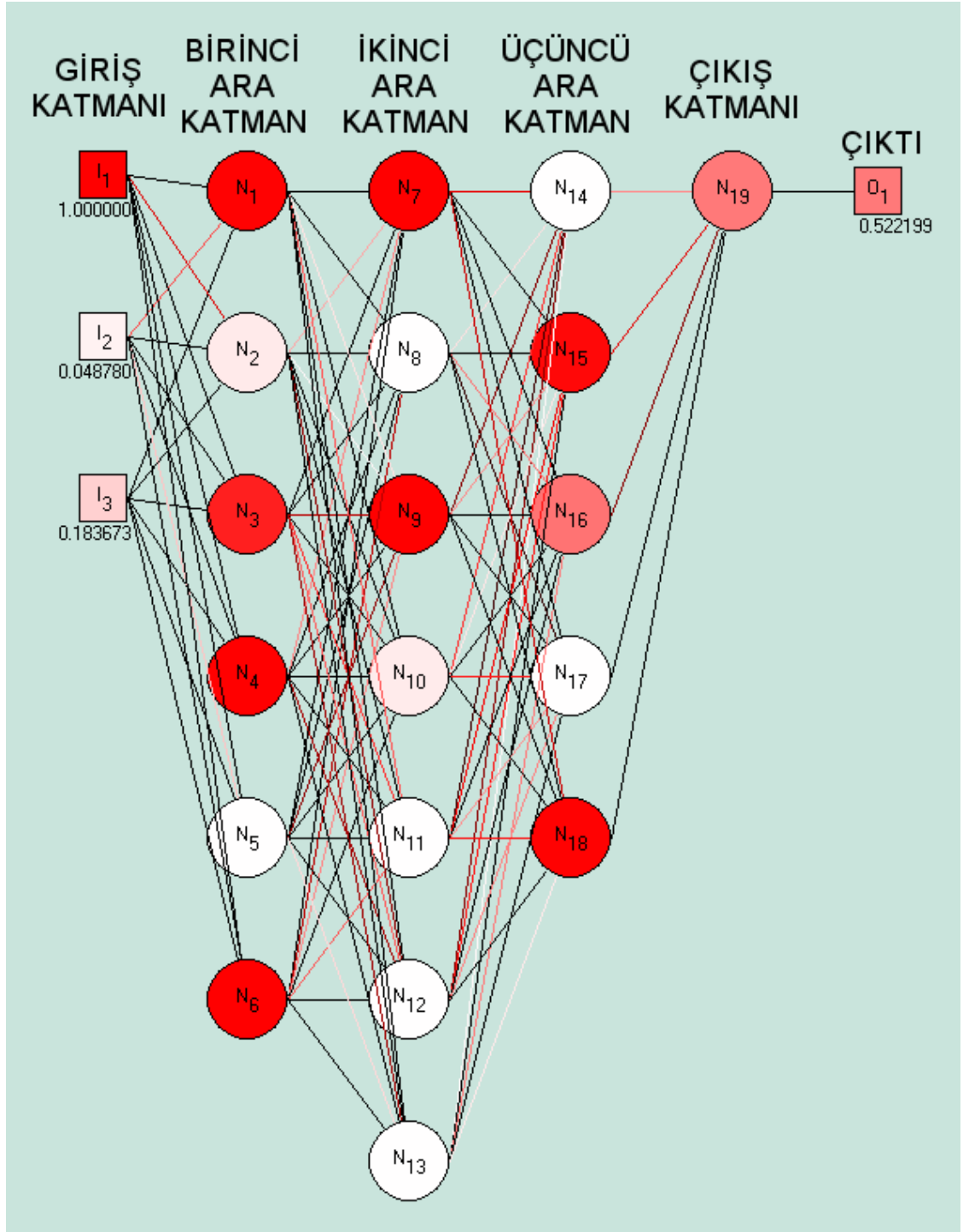
Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, %CVm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000621$, $R^2=0,999484$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,009539$, $R^2=0,982122$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,262717$, $R^2=0,330826$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,015992$, $R^2=0,9719$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,074193$, $R^2=0,934431$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı altıdır.



Şekil 4.6. İkinci varimax bileşen grubunu oluşturan değişkenler giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,051292$, $R^2=0,853265$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı iki, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,025905$, $R^2=0,915364$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dört, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı bir, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

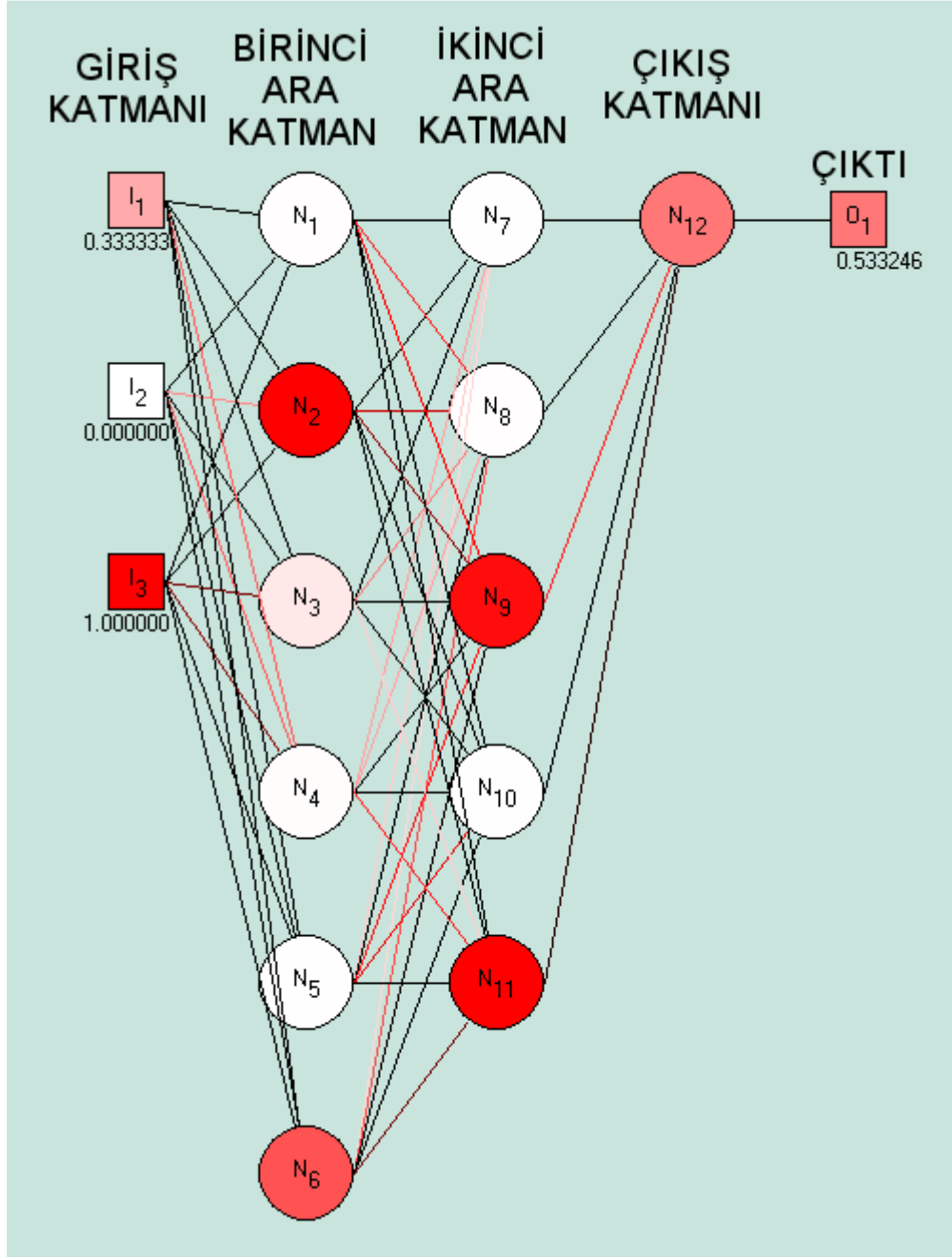
Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,050401$, $R^2=0,757897$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı iki, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üç, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,012907$, $R^2=0,961265$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dört, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

4.4.1.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,059071$, $R^2=0,890048$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beşdir. Elde edilen yapay sinir ağının görünümü Şekil 4.7’de verilmiştir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, %CVm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,028565$, $R^2=0,946719$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dört, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.



Şekil 4.7. Üçüncü varimax bileşen grubunu oluşturan değişkenler giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde elde edilen yapay sinir ağı modeli [Orijinal]

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,128677$, $R^2=0,350454$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı bir, ikinci ara katmandaki nöron sayısı bir, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı birdir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,270518$, $R^2=0,323267$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,241175$, $R^2=0,45006$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı yedi, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,253719$, $R^2=0,353033$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı iki, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,043800$, $R^2=0,80167$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üç, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,349360$, $R^2=0,186049$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı iki, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,013218$, $R^2=0,961054$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Kopslarda varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,124993$, $R^2=0,624619$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı bir, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

4.4.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin

4.4.2.1. Tüm Özellikler Dahil

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000800$, $R^2 = 0,995619$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı onüç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı onikidir.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, %CVm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000648$, $R^2 = 0,995539$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı onüç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı oniki, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı onüçtür.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000707$, $R^2 = 0,99928$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı onbeş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı onaltıdır.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000479$, $R^2 = 0,998934$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı on, ikinci ara katmandaki nöron sayısı ondur.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000859$, $R^2 = 0,998312$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı onüç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı ondörttür.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000947$, $R^2 = 0,998724$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı onüç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı onüçtür.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000907$, $R^2 = 0,996176$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı on, ikinci ara katmandaki nöron sayısı onbir, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı onbeşdir.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000766$, $R^2 = 0,998876$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı onüç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı ondörttür.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2 = 0,000555$, $R^2 = 0,997163$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron

sayısı onbir, ikinci ara katmandaki nöron sayısı ondört, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı oniki, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı onaltıdır.

Bobinlerde tüm HVI verileri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,000930$, $R^2=0,99962$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı onüç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı oniki, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı ondörttür.

4.4.2.2. Varimax İle Seçilen Özellikler

4.4.2.2.1. Birinci Bileşen Grubu

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,029288$, $R^2=0,714314$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı altı, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, %CVm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,029558$, $R^2=0,659239$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,183141$, $R^2=0,337034$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,317831$, $R^2=0,306887$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı bir, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı iki, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,174897$, $R^2=0,383805$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı altı, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,258131$, $R^2=0,361039$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üç, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı birdir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,063749$, $R^2=0,675371$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı altıdır.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,110720$, $R^2=0,386915$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,223487$, $R^2=0,161116$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından birincisine ait olan Len,Unf, SFI ve Str değişkenleri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,249123$, $R^2=0,06178$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

4.4.2.2. İkinci Bileşen Grubu

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,209779$, $R^2=0,479804$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı altı, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı beş, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, %CVm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,105766$, $R^2=0,539492$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,247232$, $R^2=0,053091$, ara katman sayısı bir, ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,264015$, $R^2=0,325477$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,237588$, $R^2=0,196717$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üç, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dört, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı altıdır.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,202155$, $R^2=0,202222$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı bir, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı bir, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,117698$, $R^2=0,388865$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üç, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı iki, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,176372$, $R^2=0,111400$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dört, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,136927$, $R^2=0,320058$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sa-

yısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dört, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından ikincisine ait olan Rd,Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,196326$, $R^2=0,374537$, ara katman sayısı dört, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dört, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dört, dördüncü ara katmandaki nöron sayısı beşdir.

4.4.2.2.3. Üçüncü Bileşen Grubu

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, %U değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,208731$, $R^2=0,473259$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı yedi, ikinci ara katmandaki nöron sayısı beş, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, %CVm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,142887$, $R^2=0,516133$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı üç, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, H değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,184999$, $R^2=0,203597$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı altı, ikinci ara katmandaki nöron sayısı yedi, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Thin50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,448707$, $R^2=0,102059$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı iki, ikinci ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Thick50 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,181152$, $R^2=0,252364$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı beş, ikinci ara katmandaki nöron sayısı iki, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı üçtür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Neps200 değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,303340$, $R^2=0,117023$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı birdir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, BForce değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,211533$, $R^2=0,200597$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı dördür.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Elongation değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,166882$, $R^2=0,13808$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı ikidir.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, Rkm değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,188618$, $R^2=0,197291$, ara katman sayısı iki, birinci ara katmandaki nöron sayısı dört, ikinci ara katmandaki nöron sayısı altıdır.

Bobinlerde varimax sonucunda elde edilen bileşen gruplarından üçüncüsüne ait olan Mic, Mat ve Elg değişkenleri giriş katmanına, BWork değişkeni çıkış katmanına girildiğinde $\sigma^2=0,247592$, $R^2=0,164147$, ara katman sayısı üç, birinci ara katmandaki nöron sayısı üç, ikinci ara katmandaki nöron sayısı iki, üçüncü ara katmandaki nöron sayısı dördür.

4.5. Merkezi Bileşen Deseni (CCD)

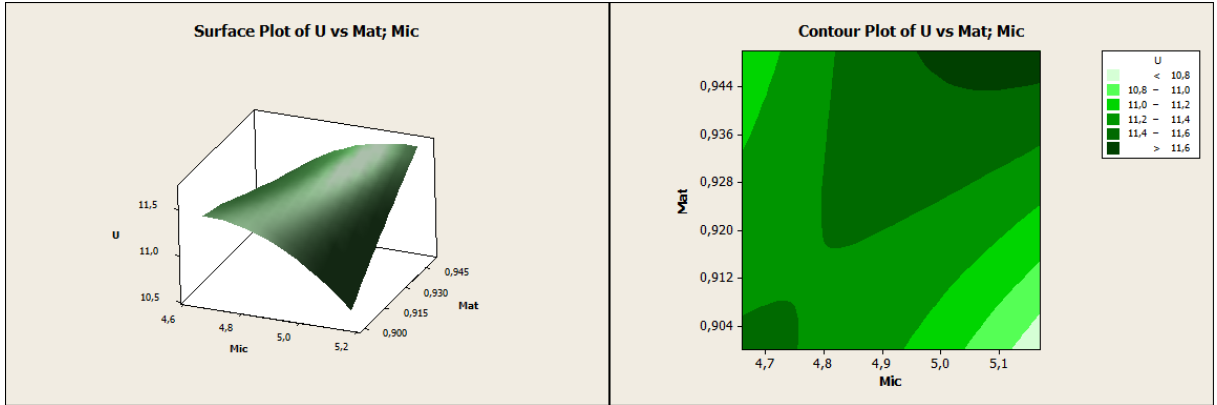
Adana yöresine ait pamuk partisinden üretilmiş olan Ne20-19,21 T/inç kops ve bobinlerin %U özelliğinin aldığı değer ile lifin HVI sonuçlarındaki Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt ve Tr_Area özelliklerinin değerleri arasındaki ilişkinin üç boyutlu olarak gözlemlenebilmesi için yanıt yüzey metodlarından merkezi bileşen deseni (CCD) metodu uygulanmıştır. Bu uygulamada Minitab yazılımı kullanılmıştır. Her defasında iki faktör ve bir yanıt değişkeni bildirilmiştir. Mic-Mat, Mic-Len, Mic-Unf, Mic-SFI, Mic-Str, Mic-Elg, Mic-Moist, Mic-Rd, Mic-b, Mic-Tr_Cnt ve Mic-Tr_Area olmak üzere onbir adet kombinasyonun %U değeri için verdiği yüzeyler ve kontur çizimleri incelenmiştir. Mümkün olan en fazla kombinasyon için aynı %U değerini veren en elverişli bölge

bulunmuştur. Lif özellikleri için hangi değer aralıklarının en uygun %U değerini verdiği belirlenmiştir.

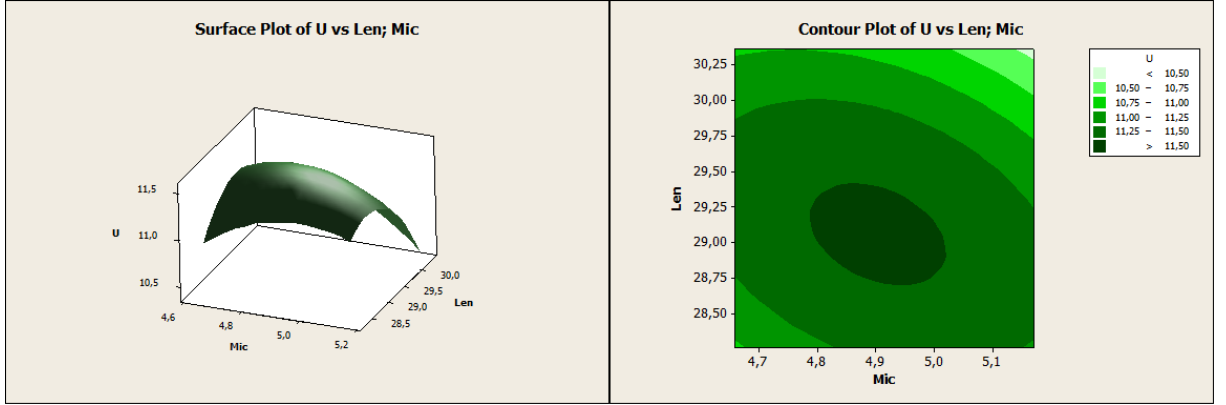
4.5.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops

Ne20-19,21 T/inç kops ipliği için elde edilen yüzeyler ve kontur çizimleri Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir. Kontur çizimleri üzerinde istenilen %U değerini veren bölgeler farklı bir renk ile renklendirilmiştir ve görüntü işleme teknikleri aracılığıyla bu bölgelerin kesişmesi ile oluşan yeni bölgenin sınırları belirlenmiştir. Elde edilen bu yeni bölgeye elverişli bölge adı verilmiştir. Kops ipliği için, birincisi yedi kombinasyondan, ikincisi ise dört kombinasyondan olmak üzere iki farklı elverişli bölge bulunmuştur.

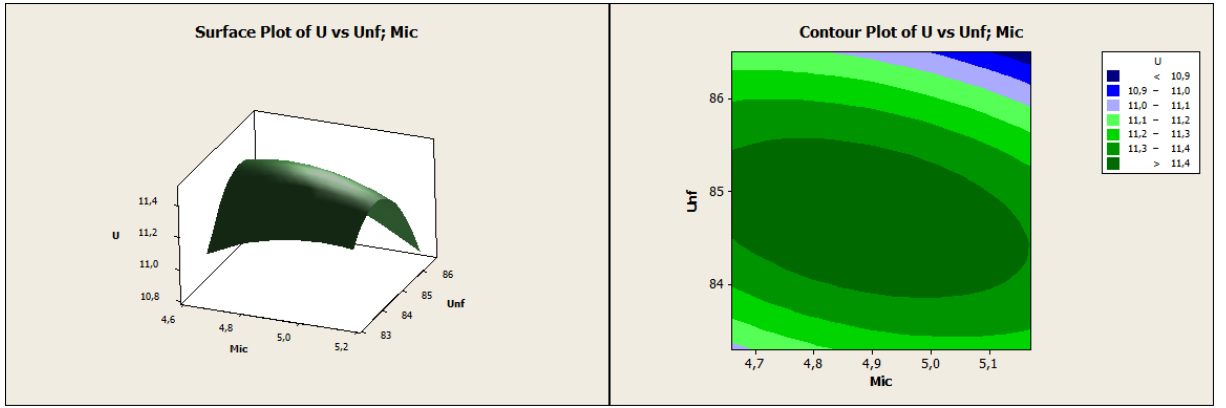
Kopslarda elde edilmiş olan kontur çizimleri üst üste çakıştırıldığında Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Elg, Tr_Cnt ve Tr_Area olmak üzere sekiz özelliğin bir bölgede, Str, Moist, Rd ve b olmak üzere beş özelliğin ise başka bir bölgede ortak bir alanda buluştukları görülmüştür.



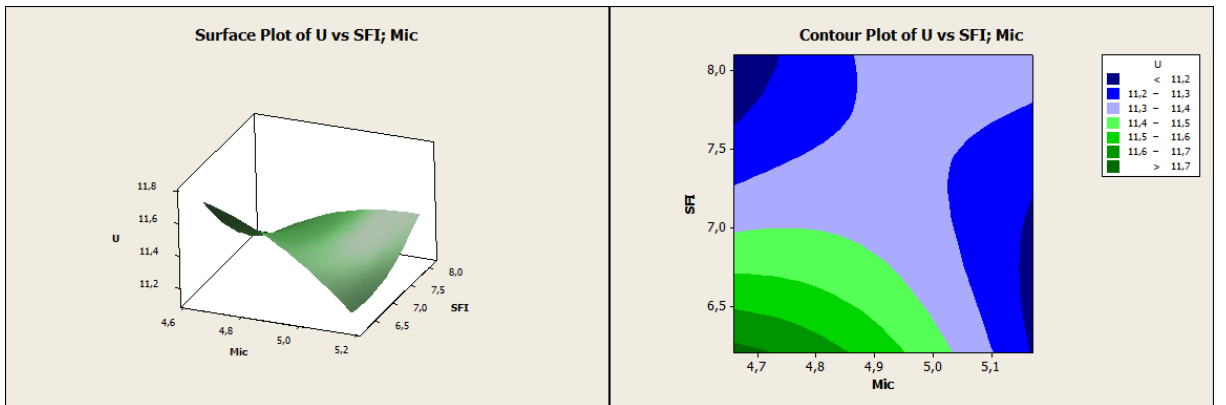
Şekil 4.8. Kopslarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve olgunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



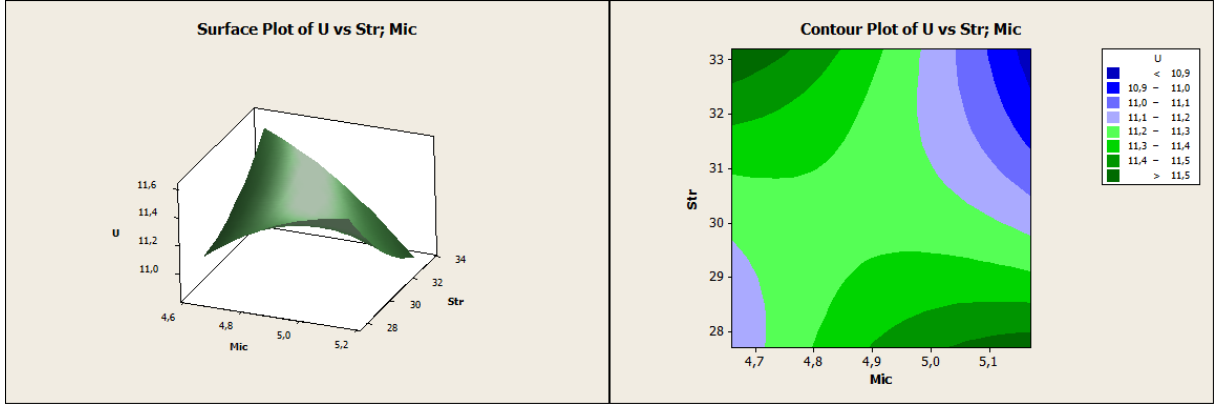
Şekil 4.9. Koplarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve uzunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



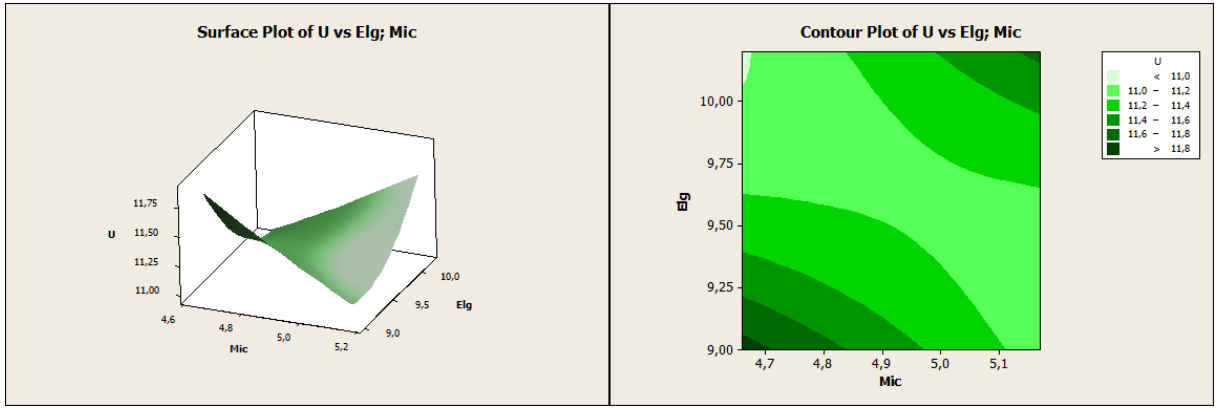
Şekil 4.10. Koplarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve lif boyu homojenliğine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



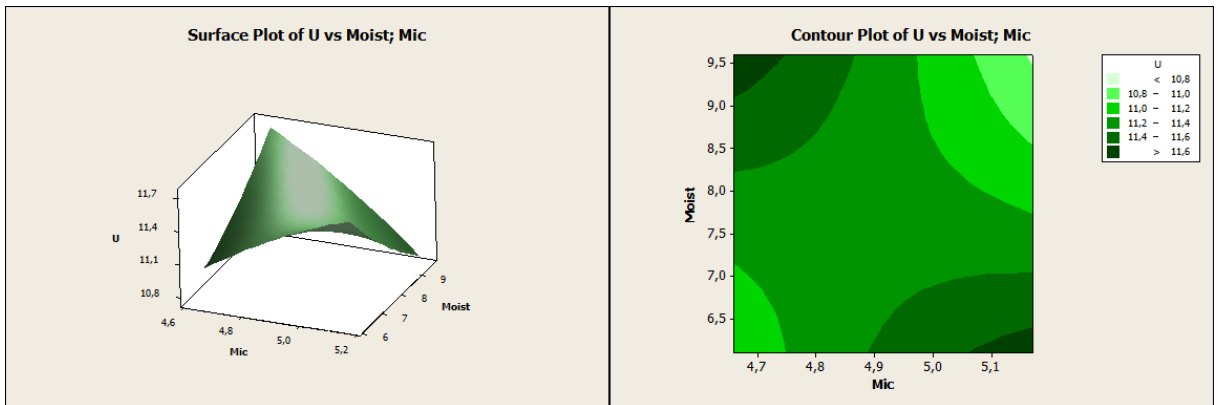
Şekil 4.11. Koplarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve kısa lif indeksine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



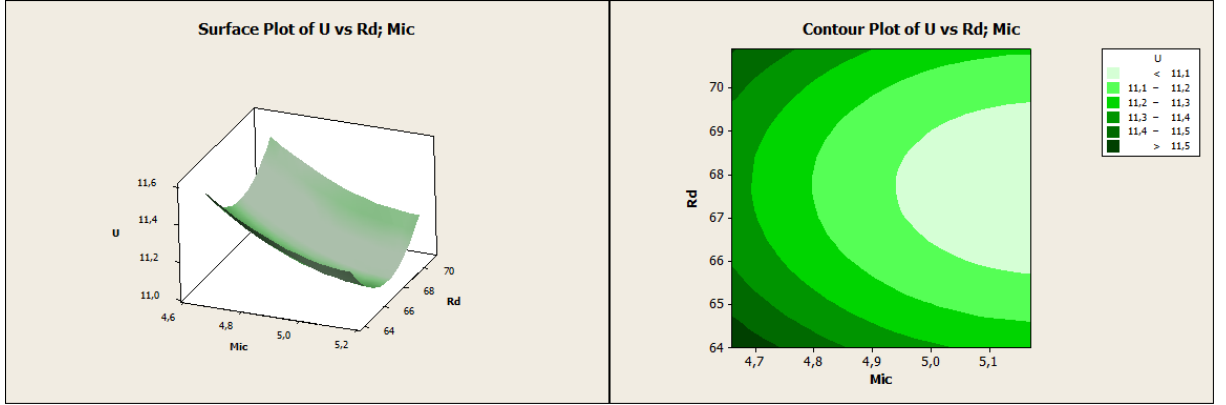
Şekil 4.12. Koplarda %U biriminden düzensüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma mukavemetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



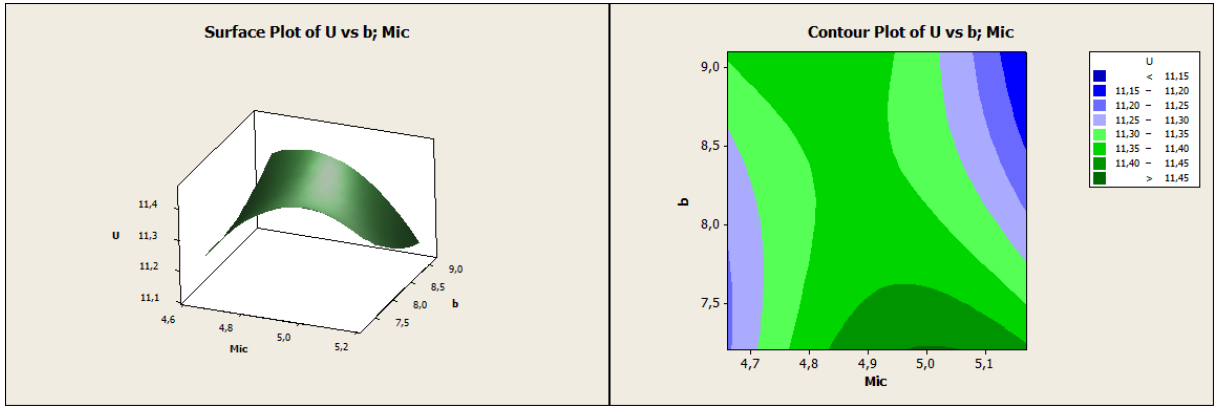
Şekil 4.13. Koplarda %U biriminden düzensüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma uzamasına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



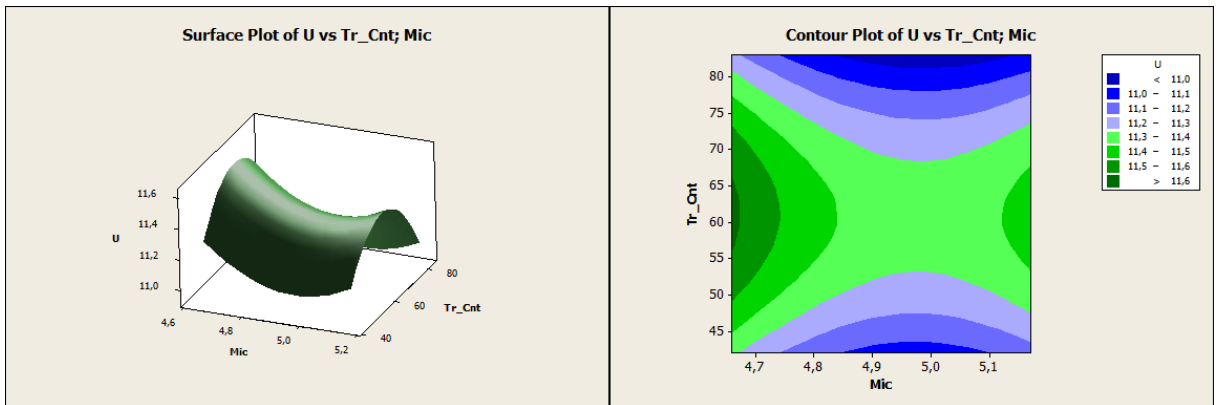
Şekil 4.14. Koplarda %U biriminden düzensüzlük değişkeninin lif inceliği ve rutubetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



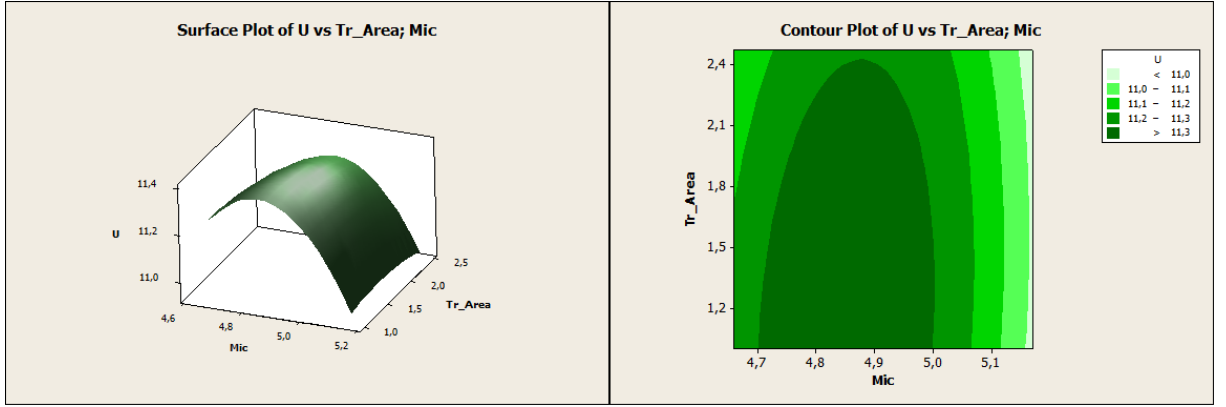
Şekil 4.15. Koplarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve parlaklığına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



Şekil 4.16. Koplarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve sarılığınaya göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



Şekil 4.17. Koplarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde sayısına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]

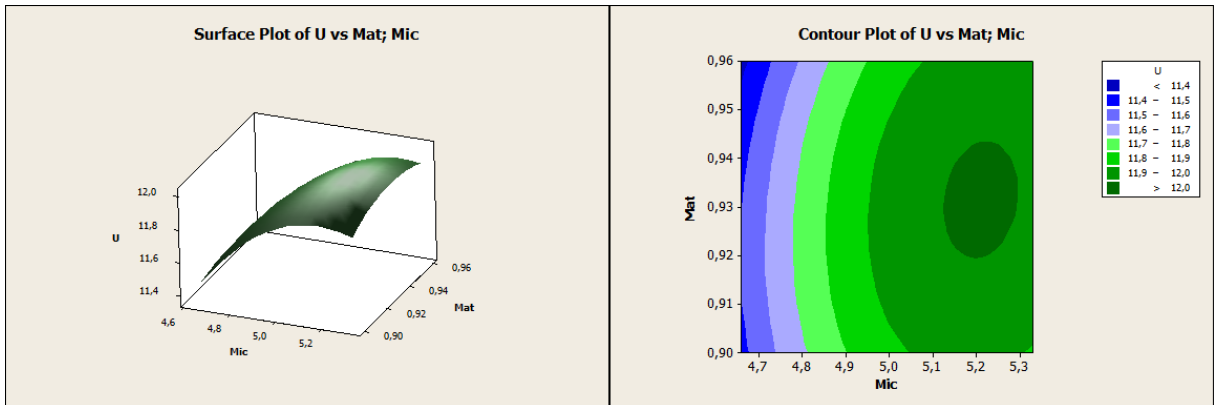


Şekil 4.18. Kopslarda %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde alanına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]

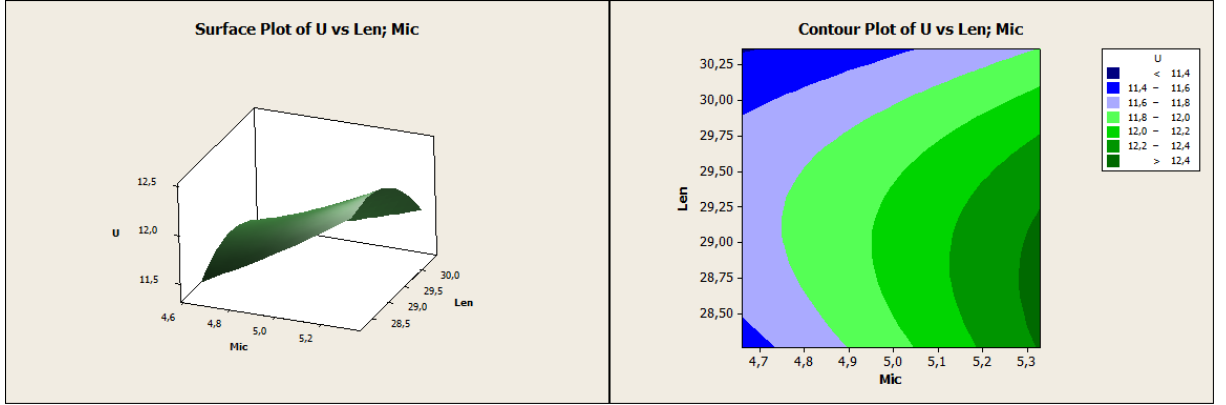
4.5.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin

Ne20-19,21 T/inç bobin ipliği için elde edilen yüzeyler ve kontur çizimleri Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da verilmiştir. Burada da kops ipliğinde uygulanan işlemler aynı şekilde gerçekleştirilmiştir ve sonunda onbir kombinasyonun tamamından bir tane el-verişli bölge bulunmuştur. Yani bütün lif özelliklerini ortak noktada buluşturacak bir çözüm elde edilmiştir.

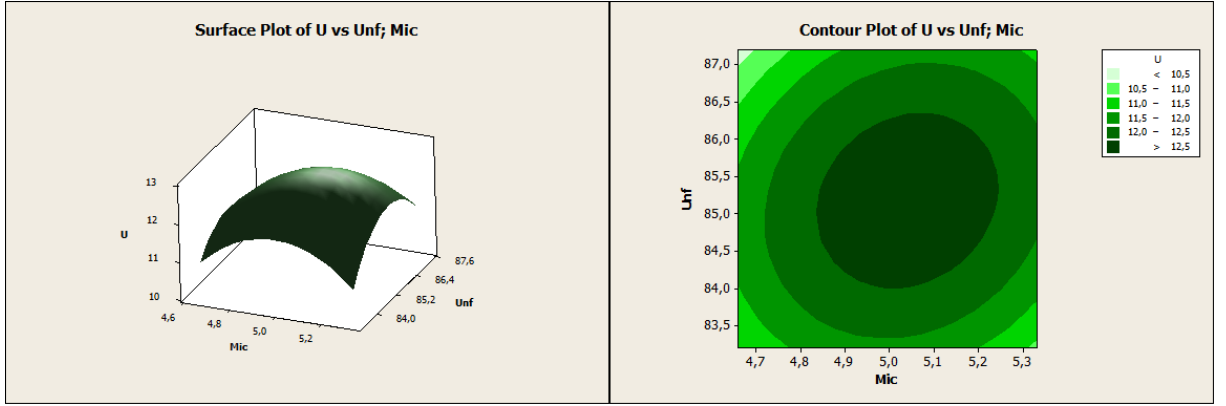
Bobinlerde elde edilmiş olan kontur çizimleri üst üste çakıştırıldığında Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt ve Tr_Area olmak üzere oniki özelliğin ortak bir alanda buluştuğu görülmüştür.



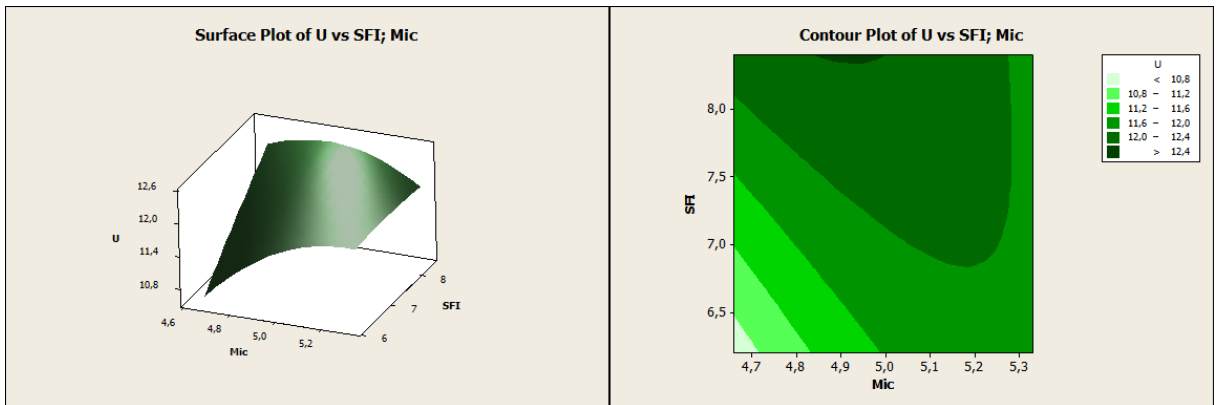
Şekil 4.19. Bobinlerde %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve olgunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



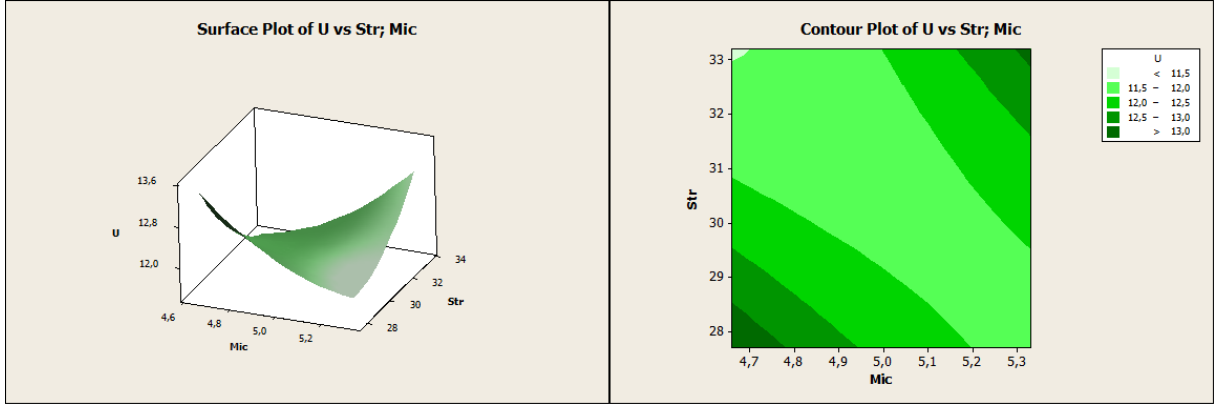
Şekil 4.20. Bobinlerde %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve uzunluğuna göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



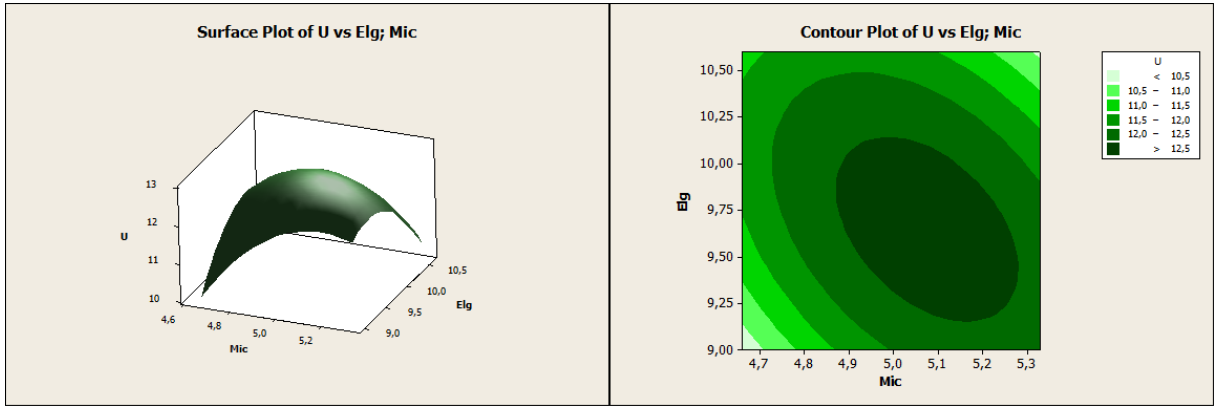
Şekil 4.21. Bobinlerde %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve lif boyu homojenliğine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



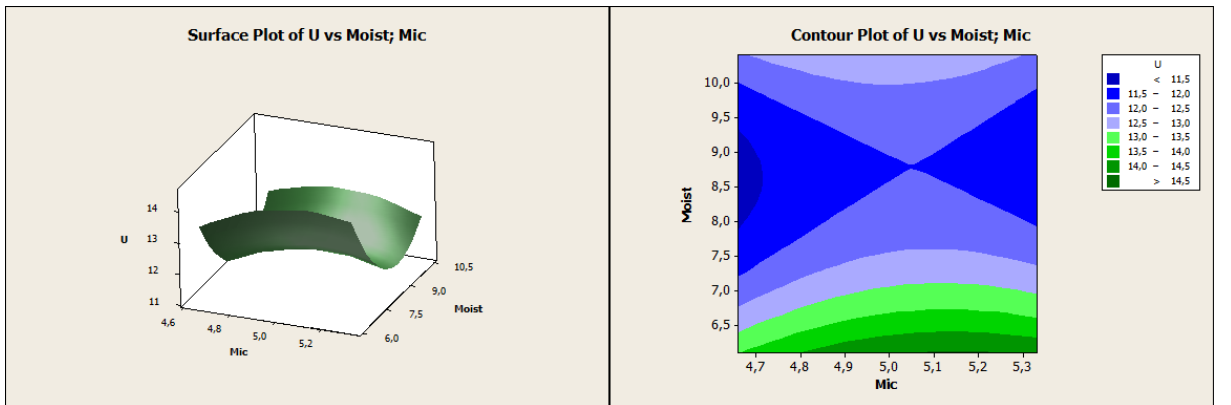
Şekil 4.22. Bobinlerde %U biriminden düzgünlük değişkeninin lif inceliği ve kısa lif indeksine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



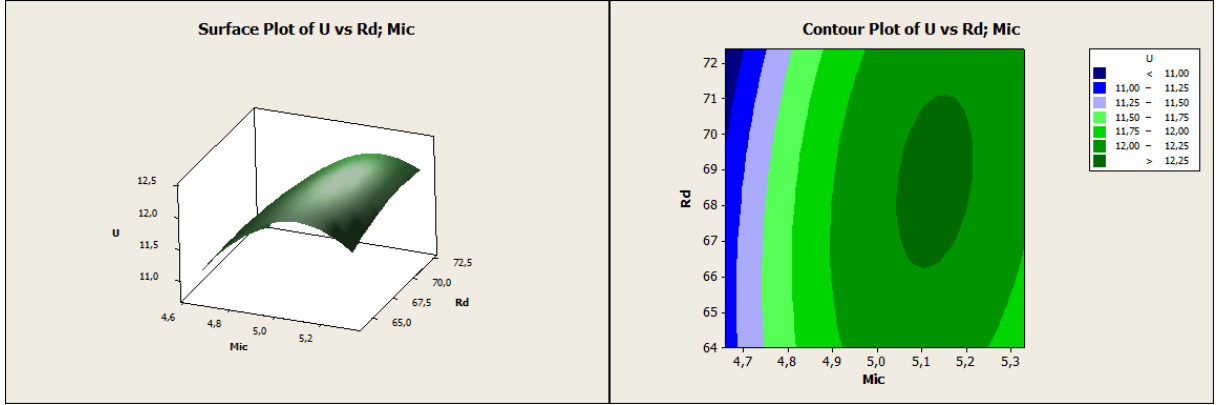
Şekil 4.23. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma mukavemetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



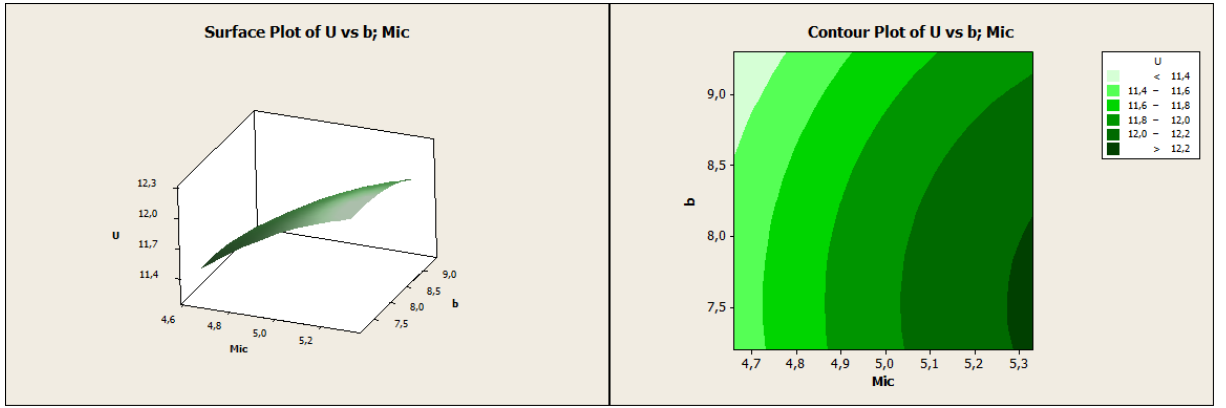
Şekil 4.24. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve kopma uzamasına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



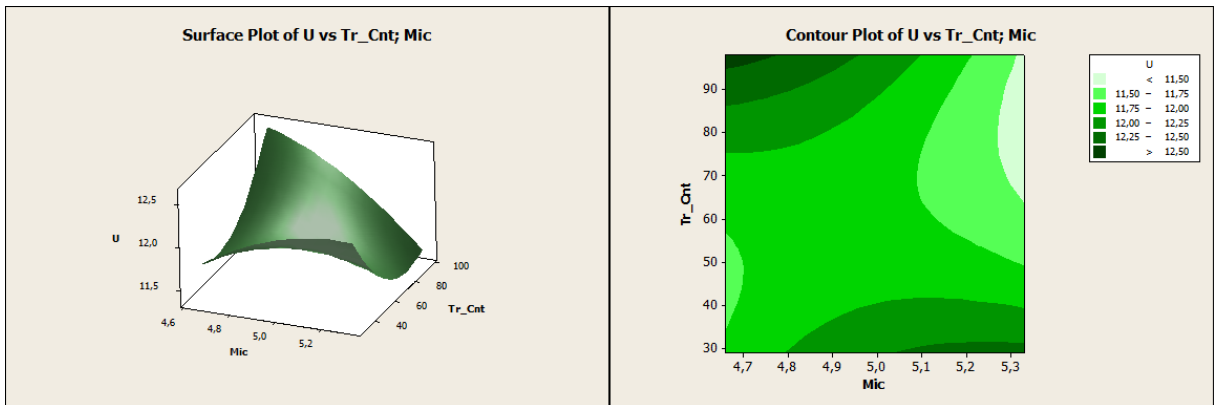
Şekil 4.25. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve rutubetine göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



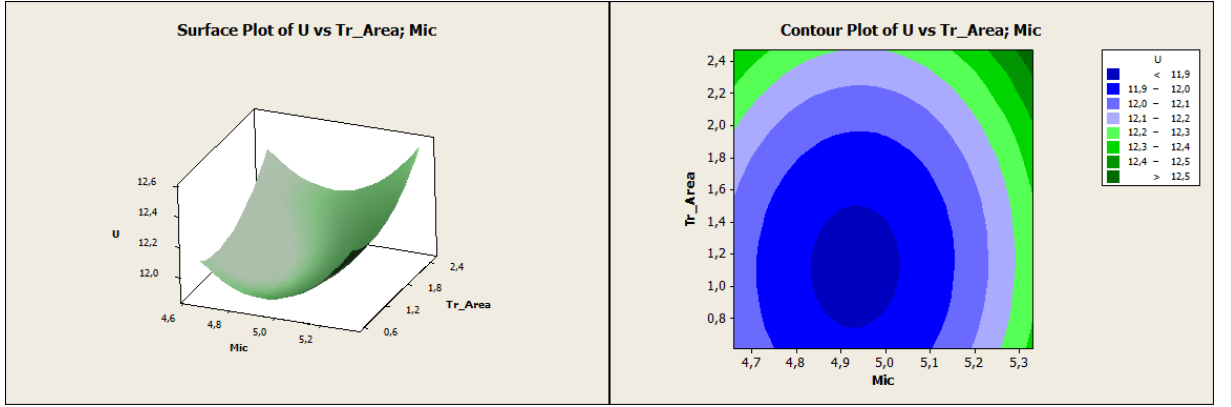
Şekil 4.26. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve parlaklığına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



Şekil 4.27. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve sarılığına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



Şekil 4.28. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde sayısına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]



Şekil 4.29. Bobinlerde %U biriminden düzgünsüzlük değişkeninin lif inceliği ve yabancı madde alanına göre değişimini gösteren yüzey ve kontur çizimi [Orijinal]

4.6. Diskriminant Analizi

Adana yöresinden elde edilmiş olan pamuk partisinden üretilmiş olan yüzyirmibeş adet iplik örneğine ait veriler PASW istatistik programına girilmiştir. Bu örneklerin otuz adedi Ne20-19,21 T/inç kopslara, doksanbeş adedi ise Ne20-19,21 T/inç bobinlere ait ipliklerdir. Bu verilere diskriminant analizi uygulanarak kopslara ve bobinlere ait ipliklerin birbirinden ayırt edilmesini sağlayacak olan bir diskriminant fonksiyonu elde edilmiştir. Elde edilen diskriminant fonksiyonunun kops ve bobin iplikleri arasında %100 ayırma kabiliyetine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca kops ve bobin ipliklerinin birbirinden ayırt edilmesinde en etkin rolü oynayan değişkenlerin hangileri olduğu anlaşılmıştır.

Öncelikle her değişken için tek yönlü ANOVA testinin sonuçları elde edilmiş ve Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.5’de standartlaştırılmış katsayılar verilmiştir. Standartlaştırılmış katsayılar tablosu, farklı ölçeklerle ölçülmüş olan değişkenlerin karşılaştırmasına imkan sağlamaktadır.

Çizelge 4.6’da yapı matrisine yer verilmiştir. Yapı matrisi, her tahmin değişkeninin diskriminant fonksiyonu ile korelasyonunu göstermektedir.

Çizelge 4.4. Her değişken için Wilks' Lambda değerleri ve ANOVA sonuçları [Orijinal]

Grup Ortalamalarının Eşitliği Testi					
	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
%U	,709	50,603	1	123	,000
%CVm	,731	45,268	1	123	,000
H	,266	338,880	1	123	,000
Thin50	,917	11,197	1	123	,001
Thick50	,973	3,423	1	123	,067
Neps200	,997	,314	1	123	,576
BForce	,988	1,466	1	123	,228
Elongation	,844	22,773	1	123	,000
Rkm	,988	1,478	1	123	,226
BWork	,944	7,290	1	123	,008

Çizelge 4.5. Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyonu katsayıları [Orijinal]

Standartlaştırılmış Kanonik Diskriminant Fonksiyonu Katsayıları	
	Fonksiyon
	1
%U	,164
%CVm	,237
H	,884
Thin50	-,159
Thick50	,038
Neps200	-,091
BForce	-1,397
Elongation	-,416
BWork	1,933

Çizelge 4.6. Yapı matrisi [Orijinal]

Yapı Matrisi	
	Fonksiyon
	1
H	,782
%U	,302
%CVm	,286
Elongation	,203
Thin50	,142
BWork	,115
Thick50	,079
BForce	-,051
Neps200	-,024

Çizelge 4.7. Grup içi matrisleri [Orijinal]

Grup İçi Matrisleri											
		%U	%CVm	H	Thin50	Thick50	Neps200	BForce	Elongation	Rkm	BWork
Korelasyon	%U	1,000	,993	-,086	,440	,576	,102	,039	,061	,040	,060
	%CVm	,993	1,000	-,123	,443	,639	,176	,050	,084	,051	,084
	H	-,086	-,123	1,000	,042	-,271	-,248	-,185	-,176	-,185	-,205
	Thin50	,440	,443	,042	1,000	,387	-,053	-,106	,085	-,105	-,023
	Thick50	,576	,639	-,271	,387	1,000	,575	,152	,222	,153	,234
	Neps200	,102	,176	-,248	-,053	,575	1,000	,131	,176	,132	,235
	BForce	,039	,050	-,185	-,106	,152	,131	1,000	,704	1,000	,917
	Elongation	,061	,084	-,176	,085	,222	,176	,704	1,000	,704	,905
	Rkm	,040	,051	-,185	-,105	,153	,132	1,000	,704	1,000	,917
	BWork	,060	,084	-,205	-,023	,234	,235	,917	,905	,917	1,000

Çizelge 4.8. Kanonik diskriminant fonksiyonu katsayıları [Orijinal]

Kanonik Diskriminant Fonksiyonu Katsayıları	
	Fonksiyon
	1
%U	,330
%CVm	,383
H	2,802
Thin50	-,040
Thick50	,001
Neps200	-,001
BForce	-,058
Elongation	-1,040
BWork	,029
(Constant)	-16,700
Standartlaştırılmamış katsayılar	

Çizelge 4.8’de diskriminant fonksiyonunun orijinal katsayıları (standartlaştırılmamış) yer almaktadır. Bu durumda kops ve bobin ipliklerini birbirinden ayırt etmede kullanılacak olan diskriminant fonksiyonu şudur:

$$\begin{aligned}
 \text{Kops_ile_Bobini_Ayırma_Denklemini} = & -16,700 + 0,330U + 0,383CVm \\
 & + 2,802H - 0,040Thin50 \\
 & + 0,001Thick50 - 0,001Neps200 \\
 & - 0,058BForce - 1,040Elongation \\
 & + 0,029BWork
 \end{aligned} \tag{4.81}$$

Hem kops hem bobin grubunda 4.81 numaralı denkleme göre hesaplamalar yapılmıştır ve iki grup arasındaki eşik değerin -2 olduğu bulunmuştur. İplik verilerine 4.81 numaralı denklem uygulandıktan sonra elde edilen değer -2’den küçükse, o iplik kopstur. Ancak -2’den büyük bir değer elde ediliyorsa, o iplik bobindir.

Çizelge 4.9. Sınıflandırma fonksiyonu katsayıları [Orijinal]

Sınıflandırma Fonksiyonu Katsayıları		
	Paketleme_Türü	
	Kops	Bobin
%U	-581,904	-580,277
%CVm	558,113	560,001
H	100,441	114,257
Thin50	-2,134	-2,332
Thick50	-,782	-,778
Neps200	,323	,319
BForce	10,307	10,022
Elongation	518,387	513,261
BWork	-6,102	-5,960
(Constant)	-2746,699	-2822,712
Fisher lineer diskriminant fonksiyonları		

Çizelge 4.9’da her iki gruba ait Z değerlerini verecek olan fonksiyonların katsayı değerleri görülmektedir. Z_1 kopsa, Z_2 ise bobine ait fonksiyonlar olmak üzere :

$$\begin{aligned}
 Z_1 = & -2746,699 - 581,904U + 558,113CVm + 100,441H - 2,134Thin50 \\
 & -0,782Thick50 + 0,323Neps200 + 10,307BForce \\
 & + 518,387Elongation - 6,102BWork
 \end{aligned} \tag{4.82}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 = & -2822,712 - 580,277U + 560,001CVm + 114,257H - 2,332Thin50 \\
 & -0,778Thick50 + 0,319Neps200 + 10,022BForce \\
 & + 513,261Elongation - 5,960BWork
 \end{aligned} \tag{4.83}$$

Diskriminant analizi uygulaması, her tahmin değişkeninin diskriminant modeline katkısının incelenmesi için yapılan ölçümlerin yanısıra, diskriminant modelinin bir bütün olarak verilere ne kadar iyi uyum sağladığının görülebilmesi için özdeğerler ve Wilks’ Lambda tabloları (Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11) oluşturmaktadır.

Özdeğerler tablosu, her diskriminant fonksiyonunun nisbi etkinliği hakkında bilgi vermektedir. İki grup sözkonusu olduğunda, kanonik korelasyon sütunu en faydalı ölçü

olmaktadır. Bu ölçü, diskriminant skorları ve gruplar arasındaki Pearson korelasyonuna eşittir.

Çizelge 4.10. Ayırma fonksiyonuna ait özdeğer [Orijinal]

Özdeğerler				
Fonksiyon	Özdeğer	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Kanonik Korelasyon
1	4,506 ^a	100,0	100,0	,905

Wilks' Lambda, her fonksiyonun unsurları ait oldukları gruplara yerleştirme konusunda ne kadar iyi olduklarının bir ölçüsüdür. Bu ölçü, açıklanamayan diskriminant skorlarındaki toplam varyansın gruplar arasındaki varyansa oranıdır. Wilks' Lambda değeri ne kadar küçükse, o fonksiyonun unsurları sınıflandırabilme kabiliyeti o kadar iyidir.

Çizelge 4.11. Ayırma fonksiyonuna ait Wilks' Lambda değeri ve Ki-Kare testinin sonuçları [Orijinal]

Wilks' Lambda				
Fonksiyon Testi	Wilks' Lambda	Ki-Kare	df	Sig.
1	,182	202,132	9	,000

Çizelge 4.12'de sınıflandırma sonuçları hem sayı olarak hem de yüzde olarak yer almaktadır.

Çizelge 4.12. Sınıflandırma sonuçları [Orijinal]

Sınıflandırma Sonuçları				
	Paketleme_Türü	Tahminlenen Grup Üyeliği		Toplam
		Kops	Bobin	
Sayı	Kops	30	0	30
	Bobin	0	95	95
%	Kops	100,0	,0	100,0
	Bobin	,0	100,0	100,0

5. DEĞERLENDİRMELER

5.1. İplik Veri Grafiklerinin Değerlendirilmesi

İplik verileri üzerinde uygulanan veri grafiği metodunun sonuçları Bölüm 4.1’de yer almaktadır. Ne20-19,21 T/inç kops ve Ne20-19,21 T/inç bobin iplikleri için elde edilen ve Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilen veri grafikleri, genel görünüm itibariyle birbirine benzemektedirler. Ancak her özellik için değişim aralığı kops ile bobin arasında farklılık göstermektedir. Değişim aralığı en az olan özellik %U, en çok olan özellik ise Neps200’dür. Adana yöresine ait pamuk partisinin veri grafiği ile birlikte incelendiğinde, pamuk partisinin yabancı madde miktarının ortalama olarak yüksek, maksimum ve minimum değerler olarak çok değişkenlik gösterdiği görülmektedir. İplik partisinde neps miktarının çok çıkmasının sebebi bu olabilir sonucuna varılabilir. Lif partisinin lif boyu homojenliği özelliği de yüksek, kısa lif indeksi düşüktür. Bu durum da, ipliğin kopma mukavemetinin yüksek olmasına, kopma işinin yüksek olmasına ve %U değerinin düşük çıkmasına sebep olmaktadır. Bunların yanı sıra, işletme şartlarının iyi olduğu ve makine ayarlarının optimum olduğu şeklinde de yorumlanabilir. Lif partisinin kopma mukavemetinin minimum ve maksimum değerlerinin arasının açık olması, kops ve bobin partilerinde kalın yer ve neps değişkenliğinin yüksek olmasına sebep olabilir. Daha çabuk kırılan lifler, kalın yer ve neps oluşturma meylini arttırır.

Bu tarz bir değerlendirme daha çok yeni olduğu için, bu inceleme, daha çok farklı bakış açılarından yorumlamalara açıktır.

5.2. Faktör Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Faktör analizinin sonuçları Bölüm 4.2’de yer almaktadır. Çizelge 4.1’e bakıldığında, temel bileşenler analizi sonucunda üç temel bileşen elde edildiği görülmektedir. Bu bileşenler özdeğerleri 1’in üzerinde olması sebebiyle seçilmişlerdir. Temel bileşenlerden birincisinin açıkladığı varyans %36,521, ikincisinin %21,312 ve üçüncüsünün %14,935’dir. Görüldüğü üzere, değişkenlerin çoğu birinci bileşen grubu üzerinde yüklem yapmaktadır. Varimax döndürmesi uygulandıktan sonra da üç adet bileşen grubu elde edilmiştir. Birinci bileşen grubunun açıkladığı varyans %28,260, ikincisinin %23,012 ve üçüncüsünün %21,497’dir.

Çizelge 4.3’de her özelliğin en fazla yüklem yaptığı bileşendeki faktör yük değerleri kırmızı ile işaretlenmiştir. İşaretlenmiş olan bu değerlere göre, birinci bileşen grubunu

Len, Unf, SFI ve Str değişkenleri, ikinci bileşen grubunu Rd, Tr_Cnt ve Tr_Area değişkenleri, üçüncü bileşen grubunu Mic, Mat ve Elg değişkenleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla üç adet değişken kombinasyonu sözkonusudur. Bölüm 4.3 ve Bölüm 4.4’de yer alan regresyon ve yapay sinir ağları uygulamalarında bu kombinasyonlardaki değişkenlerden iplik özelliklerinin tahminlemesi yapılmış ve hangi bileşen grubunun hangi özelliği daha iyi tanımladığı tespit edilmiştir.

5.3. Regresyon Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.3.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops

Ne20-19,21 T/inç kops ipliklerine ait verilere uygulanan ve Bölüm 4.3.1’de yer alan regresyon analizi sonuçlarının genel bir tablosu Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ne20-19,21 T/inç kops verilerine uygulanan regresyon analizinin sonuçları [Orijinal]

BAĞIMLI DEĞİŞKEN	BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER	R ²	DÜZELTİLMİŞ R ²	İSTATİSTİKSEL ÖNEMLİ DEĞİŞKENLER
%U	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,541	0,217	Len
	Len, Unf, SFI, Str	0,322	0,213	Sabit, Len
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,100	-0,004	Sabit
	Mic Mat, Elg	0,053	-0,057	-
%CVm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,572	0,270	Len
	Len, Unf, SFI, Str	0,332	0,225	Sabit, Len
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,063	-0,046	Sabit
	Mic Mat, Elg	0,080	-0,026	-
H	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,604	0,325	Mat
	Len, Unf, SFI, Str	0,285	0,171	Str
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,033	-0,079	-
	Mic Mat, Elg	0,356	0,282	Sabit, Mic, Mat, Elg
Thin50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,517	0,177	Tr_Area
	Len, Unf, SFI, Str	0,097	-0,047	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,176	0,081	Sabit, Rd
	Mic Mat, Elg	0,114	0,012	-

Thick50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,605	0,327	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,237	0,115	Len
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,040	-0,071	-
	Mic Mat, Elg	0,202	0,110	Sabit, Mat, Elg
Neps200	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,575	0,276	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,105	-0,038	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,014	-0,100	-
	Mic Mat, Elg	0,192	0,098	Sabit, Mat, Elg
BForce	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,247	-0,284	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,105	-0,039	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,080	-0,026	-
	Mic Mat, Elg	0,041	-0,070	-
Elongation	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,394	-0,034	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,209	0,082	Sabit, Unf
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,104	0,001	-
	Mic Mat, Elg	0,035	-0,076	-
Rkm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,248	-0,282	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,105	-0,038	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,080	-0,026	-
	Mic Mat, Elg	0,041	-0,070	-
BWork	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,343	-0,121	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,138	0,000	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,085	-0,021	-
	Mic Mat, Elg	0,046	-0,064	-

5.3.1.1. %U Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin %U biriminden düzgünsüzlük değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.11’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.21’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.31’de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, ikinci

ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmalarının gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,541$) ve birinci varimax bileşen grubu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,322$), ipliğin %U biriminden düzgünlük özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedirler.

5.3.1.2. %CVm Biriminden Düzgünlük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin %CVm biriminden düzgünlük değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.2'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.12'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.22'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.32'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, ikinci ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmalarının gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,572$) ve birinci varimax bileşen grubu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,332$), ipliğin %CVm biriminden düzgünlük özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedirler.

5.3.1.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin tüylülük değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.3'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.13'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.23'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.33'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, ikinci varimax bi-

leşen grubu ile yapılan regresyon çalışmasının gerek R^2 değerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerinin oldukça düşük çıktığı görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,604$) ile birinci ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmaları ($R^2=0,285$ ve $R^2=0,356$), ipliğin tüylülük özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedirler.

5.3.1.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin ince yer (-%50) değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.4'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.14'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.24'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.34'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, birinci, ikinci ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmalarının gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,517$), ipliğin ince yer (-%50) özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedir.

5.3.1.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kalın yer (+%50) değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.5'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.15'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.25'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.35'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, birinci, ikinci ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmalarının gerek R^2 değerlerinin ge-

rekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,605$), ipliğin kalın yer (+%50) özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedir.

5.3.1.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin neps (+%200) değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.6'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.16'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.26'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.36'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, birinci, ikinci ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmalarının gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,575$), ipliğin neps (+%200) özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedir.

5.3.1.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kopma kuvveti değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.7'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.17'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.27'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.37'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile

yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin kopma kuvveti özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.1.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kopma uzaması değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.8'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.18'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.28'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.38'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, birinci, ikinci ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmalarının gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,394$), ipliğin kopma uzaması özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedir.

5.3.1.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.9'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.19'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.29'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.39'da verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.1.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kopma işi değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.10'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.20'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.30'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.40'da verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, birinci, ikinci ve üçüncü varimax bileşenleri ile yapılan regresyon çalışmalarının gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması ($R^2=0,343$), ipliğin kopma işi özelliğini yeteri kadar tanımlayabilmektedir.

5.3.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin

Ne20-19,21 T/inç bobin ipliklerine ait verilere uygulanan ve Bölüm 4.3.2'de yer alan regresyon analizi sonuçlarının genel bir tablosu Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Ne20-19,21 T/inç bobin verilerine uygulanan regresyon analizinin sonuçları [Orijinal]

BAĞIMLI DEĞİŞKEN	BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER	R^2	DÜZELTİLMİŞ R^2	İSTATİSTİKSEL ÖNEMLİ DEĞİŞKENLER
%U	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,184	0,064	Len
	Len, Unf, SFI, Str	0,135	0,096	Len
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,004	-0,029	Sabit
	Mic Mat, Elg	0,017	-0,016	-
%CVm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,178	0,058	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,131	0,092	Len
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,003	-0,030	Sabit
	Mic Mat, Elg	0,020	-0,013	-

H	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,081	-0,054	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,024	-0,020	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,011	-0,022	Sabit
	Mic Mat, Elg	0,000	-0,033	-
Thin50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,172	0,051	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,067	0,025	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,025	-0,007	-
	Mic Mat, Elg	0,036	0,004	-
Thick50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,185	0,066	Sabit, SFI
	Len, Unf, SFI, Str	0,078	0,037	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,029	-0,003	-
	Mic Mat, Elg	0,053	0,022	-
Neps200	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,209	0,093	Moist, b
	Len, Unf, SFI, Str	0,039	-0,003	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,001	-0,031	-
	Mic Mat, Elg	0,002	-0,031	-
BForce	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,137	0,011	Tr_Area
	Len, Unf, SFI, Str	0,061	0,019	Str
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,074	0,043	Tr_Area
	Mic Mat, Elg	0,031	-0,001	-
Elongation	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,111	-0,020	-
	Len, Unf, SFI, Str	0,037	-0,006	-
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,045	0,014	-
	Mic Mat, Elg	0,035	0,003	-
Rkm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,137	0,011	Tr_Area
	Len, Unf, SFI, Str	0,061	0,019	Str
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,074	0,043	Tr_Area
	Mic Mat, Elg	0,031	-0,001	-
BWork	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	0,143	0,018	Tr_Area
	Len, Unf, SFI, Str	0,059	0,018	Str
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	0,079	0,049	Tr_Area
	Mic Mat, Elg	0,036	0,004	-

5.3.2.1. %U Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin %U biriminden düzgünsüzlük değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.41’de verilmiştir. Varimax uygula-

ması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.51'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.61'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.71'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin %U biriminden düzgünlük özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.2. %CVm Biriminden Düzgünlük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin %CVm biriminden düzgünlük değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.42'da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.52'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.62'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.72'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin %CVm biriminden düzgünlük özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin tüylülük değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.43'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.53'de verilmiştir.

Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.63'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.73'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin tüylülük özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin ince yer (-%50) değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.44'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.54'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.64'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.74'de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin ince yer (-%50) özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kalın yer (+%50) değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.45'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.55'de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi

Eş. 4.65’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uza-
ması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi
Eş. 4.75’de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değer-
lerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem
oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile
yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin kalın yer
(+%50) özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin neps (+%200) değerine ulaşmak için
elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.46’da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda,
uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört
farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.56’da verilmiş-
tir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde
alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi
Eş. 4.66’da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uza-
ması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi
Eş. 4.76’da verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değer-
lerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem
oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile
yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin neps
(+%200) özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kopma kuvveti değerine ulaşmak için
elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.47’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda,
uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört
farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.57’de verilmiş-
tir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde
alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi
Eş. 4.67’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uza-
ması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi

Eş. 4.77’de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin kopma kuvveti özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kopma uzaması değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.48’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.58’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.68’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.78’de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin kopma uzaması özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.49’da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.59’da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.69’da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.79’da verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları gö-

rılmaktadır. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.3.2.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kopma işi değerine ulaşmak için elde edilen regresyon denklemi Eş. 4.50’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.60’da verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.70’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun regresyon denklemi Eş. 4.80’de verilmiştir. Bu denklemler kendi aralarında karşılaştırıldığında, gerek R^2 değerlerinin gerekse düzeltilmiş R^2 değerlerinin oldukça düşük çıktıkları görülmektedir. Hem oniki farklı lif özelliğinden enter metodu ile yapılan regresyon çalışması hem varimax ile yapılan özellik sayısını azaltma çalışması ile yapılan regresyon çalışması, ipliğin kopma işi özelliğini yeteri kadar tanımlayamamaktadır.

5.4. Yapay Sinir Ağları Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.4.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops

Ne20-19,21 T/inç kops ipliklerine ait veriler üzerinde uygulanan yapay sinir ağı metodunun sonuçları genel bir tablo olarak Çizelge 5.3’de verilmiştir.

5.4.1.1. %U Biriminden Düzensizlik Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin %U biriminden düzensizlik değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten

oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, ikinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve birinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

Çizelge 5.3. Ne20-19,21 T/inç kops verilerine uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonuçları [Orijinal]

ÇIKIŞ KATMANI	GİRİŞ KATMANI	ARA KATMAN SAYISI	ARA KATMAN NÖRON SAYILARI	σ^2	R^2
%U	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	14	0,000042	0,999637
	Len, Unf, SFI, Str	3	5-2-4	0,056539	0,867114
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	3	6-7-5	0,004125	0,993899
	Mic Mat, Elg	2	6-5	0,059071	0,890048
%CVm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	12	0,000255	0,999815
	Len, Unf, SFI, Str	2	3-5	0,063620	0,928014
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	3	6-5-5	0,000621	0,999484
	Mic Mat, Elg	3	6-4-4	0,028565	0,946719
H	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	16	0,000046	0,999432
	Len, Unf, SFI, Str	3	5-5-4	0,000434	0,998449
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	2	5-3	0,009539	0,982122
	Mic Mat, Elg	3	1-1-1	0,128677	0,350454
Thin50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	2	16-12	0,000772	0,999561
	Len, Unf, SFI, Str	2	6-5	0,102662	0,822228
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	2	4-2	0,262717	0,330826
	Mic Mat, Elg	1	3	0,270518	0,323267
Thick50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	12	0,000318	0,99985
	Len, Unf, SFI, Str	2	8-7	0,011712	0,985716
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	2	4-3	0,015992	0,9719
	Mic Mat, Elg	3	6-7-4	0,241175	0,45006

Neps200	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	11	0,000271	0,999611
	Len, Unf, SFI, Str	4	4-4-5-1	0,184690	0,609316
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	1	6	0,074193	0,934431
	Mic Mat, Elg	4	6-5-2-2	0,253719	0,353033
BForce	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	12	0,000803	0,998676
	Len, Unf, SFI, Str	3	3-3-4	0,047294	0,867492
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	3	5-2-4	0,051292	0,853265
	Mic Mat, Elg	3	4-3-2	0,043800	0,80167
Elongation	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	8	0,000189	0,999804
	Len, Unf, SFI, Str	2	5-7	0,005552	0,981381
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	4	4-4-1-4	0,025905	0,915364
	Mic Mat, Elg	2	2-3	0,349360	0,186049
Rkm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	10	0,000247	0,999762
	Len, Unf, SFI, Str	2	6-7	0,000311	0,999069
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	3	2-3-5	0,050401	0,757897
	Mic Mat, Elg	2	6-4	0,013218	0,961054
BWork	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	1	11	0,000759	0,999365
	Len, Unf, SFI, Str	3	5-6-6	0,014513	0,989353
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	4	3-5-4-5	0,012907	0,961265
	Mic Mat, Elg	3	4-1-2	0,124993	0,624619

5.4.1.2. %CVm Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin %CVm biriminden düzgünsüzlük değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, ikinci varimax bileşen grubu biraz daha az

tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve birinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin tüylülük değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin ince yer (-%50) değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kalın yer (+%50) değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin neps (+%200) değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, ikinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, birinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kopma kuvveti değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kopma uzaması değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve ikinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.1.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, kopsdaki ipliğin kopma işi değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.1.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.1.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2. Ne20 – 19,21 T/inç Bobin

Ne20-19,21 T/inç bobin ipliklerine ait veriler üzerinde uygulanan yapay sinir ağı metodunun sonuçları genel bir tablo olarak Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Ne20-19,21 T/inç bobin verilerine uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonuçları [Orijinal]

ÇIKIŞ KATMANI	GİRİŞ KATMANI	ARA KATMAN SAYISI	ARA KATMAN NÖRON SAYILARI	σ^2	R^2
%U	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	2	13-12	0,000800	0,995619
	Len, Unf, SFI, Str	3	5-6-5	0,029288	0,714314
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	4	5-6-5-4	0,209779	0,479804
	Mic Mat, Elg	3	7-5-4	0,208731	0,473259
%CVm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	3	13-12-13	0,000648	0,995539
	Len, Unf, SFI, Str	3	3-5-4	0,029558	0,659239
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	2	6-5	0,105766	0,539492
	Mic Mat, Elg	3	5-3-4	0,142887	0,516133
H	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	2	15-16	0,000707	0,99928
	Len, Unf, SFI, Str	2	4-4	0,183141	0,337034
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	1	4	0,247232	0,053091
	Mic Mat, Elg	3	6-7-2	0,184999	0,203597
Thin50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	2	10-10	0,000479	0,998934
	Len, Unf, SFI, Str	4	6-1-2-2	0,317831	0,306887
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	2	4-5	0,264015	0,325477
	Mic Mat, Elg	2	2-2	0,448707	0,102059
Thick50	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	2	13-14	0,000859	0,998312
	Len, Unf, SFI, Str	4	5-5-6-2	0,174897	0,383805
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	4	3-3-4-6	0,237588	0,196717
	Mic Mat, Elg	3	5-2-3	0,181152	0,252364
Neps200	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	2	13-13	0,000947	0,998724
	Len, Unf, SFI, Str	3	4-3-1	0,258131	0,361039
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	4	3-1-1-3	0,202155	0,202222
	Mic Mat, Elg	2	3-1	0,303340	0,117023

BForce	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	3	10-11-15	0,000907	0,996176
	Len, Unf, SFI, Str	2	6-6	0,063749	0,675371
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	4	4-3-2-2	0,117698	0,388865
	Mic Mat, Elg	2	4-4	0,211533	0,200597
Elongation	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	2	13-14	0,000766	0,998876
	Len, Unf, SFI, Str	3	5-5-4	0,110720	0,386915
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	3	3-4-3	0,176372	0,111400
	Mic Mat, Elg	2	4-2	0,166882	0,138080
Rkm	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	4	11-14-12-16	0,000555	0,997163
	Len, Unf, SFI, Str	1	5	0,223487	0,161116
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	3	4-4-3	0,136927	0,320058
	Mic Mat, Elg	2	4-6	0,188618	0,197291
BWork	Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt, Tr_Area	3	13-12-14	0,000930	0,99962
	Len, Unf, SFI, Str	1	3	0,249123	0,06178
	Rd, Tr_Cnt, Tr_Area	4	4-4-4-5	0,196326	0,374537
	Mic Mat, Elg	3	3-2-4	0,247592	0,164147

5.4.2.1. %U Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin %U biriminden düzgünsüzlük değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.2. %CVm Biriminden Düzgünsüzlük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin %CVm biriminden düzgünsüzlük değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.3. Tüylülük Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin tüylülük değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve ikinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.4. İnce Yer (-%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin ince yer (-%50) değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, ikinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, birinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.5. Kalın Yer (+%50) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kalın yer (+%50) değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve ikinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.6. Neps (+%200) Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin neps (+%200) değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı alışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı alışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı alışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu alışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.7. Kopma Kuvveti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kopma kuvveti değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı alışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı alışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı alışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu alışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, ikinci varimax bileşen grubu daha az ve üçüncü varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.8. Kopma Uzaması Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kopma uzaması değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, birinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve ikinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.9. Rkm Biriminden Kopma Mukavemeti Özelliği İçin Karşılaştırma

Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, ikinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve birinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.4.2.10. Kopma İşi Özelliği İçin Karşılaştırma

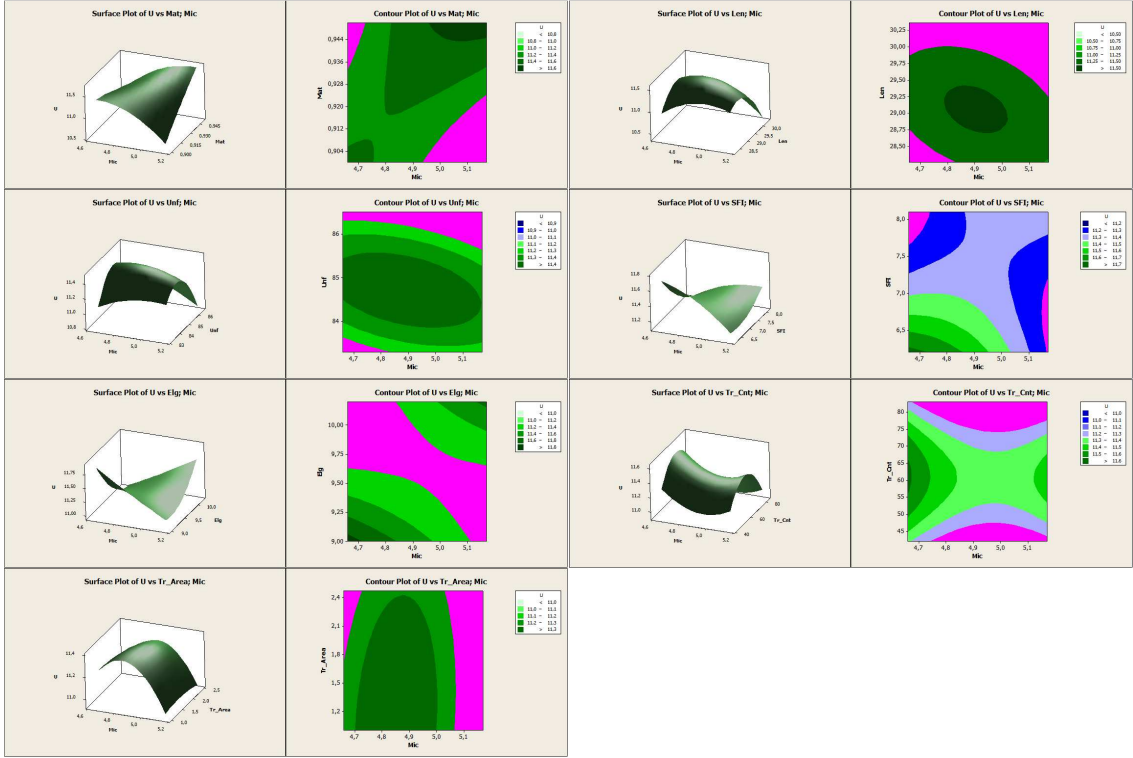
Oniki farklı lif özelliğinden, bobindeki ipliğin kopma işi değerine ulaşmak için uygulanan yapay sinir ağı çalışmasının sonucu Bölüm 4.4.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, uzunluk, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve kopma mukavemeti olmak üzere dört farklı özellikten oluşan birinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.1’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, parlaklık, yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç farklı özellikten oluşan ikinci bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.2’de verilmiştir. Varimax uygulaması sonucunda, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç farklı özellikten oluşan üçüncü bileşen grubunun yapay sinir ağı çalışması Bölüm 4.4.2.2.3’de verilmiştir. Bu çalışmalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, R^2 değerlerinin yüksek oldukları görülmektedir. Oniki farklı lif özelliğinden yapılan yapay sinir ağı çalışması en yüksek R^2 ile en iyi tanımlamayı yapabilirken, ikinci varimax bileşen grubu biraz daha az tanımlama, üçüncü varimax bileşen grubu daha az ve birinci varimax bileşen grubu en az tanımlamayı yapmaktadır.

5.5. Merkezi Bileşen Deseni Sonuçlarının Değerlendirilmesi

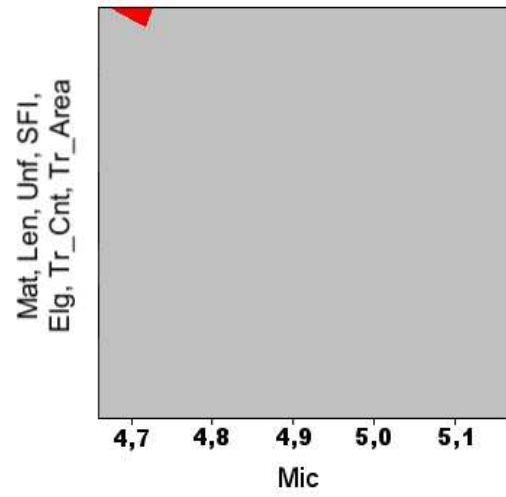
5.5.1. Ne20 – 19,21 T/inç Kops

Elverişli bölgelerin bulunması sırasında, her kombinasyon için $U < 11,25$ duruma uygun bölgeler eflatun renk ile renklendirilmiştir. Birinci elverişli bölgeyi tanımlayan kombinasyonlar için $U < 11,25$ koşulunu sağlayan bölgeler Şekil 5.1’de görülmektedir.

Kops ipliği için bulunan birinci elverişli bölge Şekil 5.2’de verilmiştir. Şekildeki toplam alan (siyah renk ile çerçevelenmiş olan) kontur çiziminin yapılmış olduğu alandır. Kırmızı ile belirtilen alan ise bulunan elverişli bölgedir. Bu bölge Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Elg, Tr_Cnt ve Tr_Area özelliklerinin bir araya gelmesinden oluşmaktadır ve iplikte U değerinin $11,25$ ’in altında kalmasına imkan sağlamaktadır. Bu bölgeyi veren değer aralıkları Mic için 4,68 - 4,72, Mat için 0,948-0,950, Len için 30,26-30,36, Unf için 86,36-86,51, SFI için 8,01-8,10, Elg için 10,14-10,20, Tr_Cnt için 81,00-83,00 ve Tr_Area için 2,40-2,47’dir.

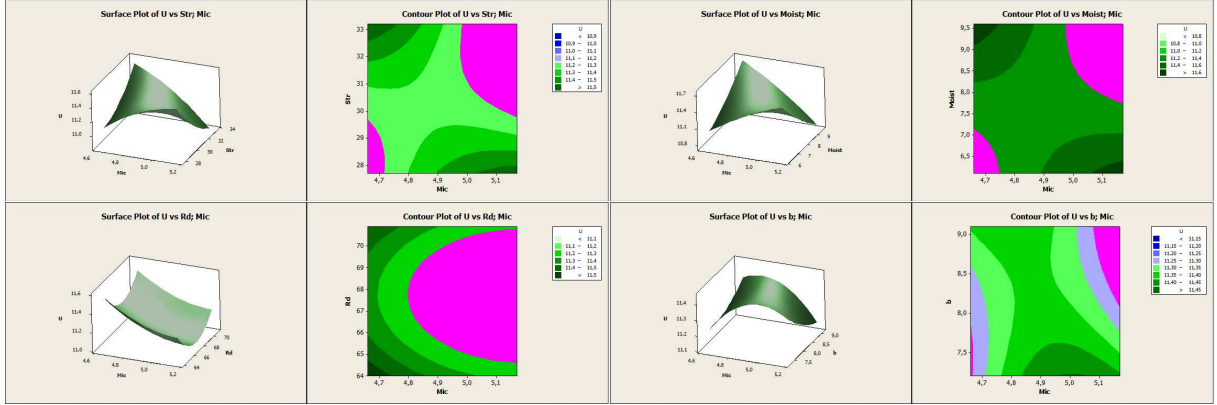


Şekil 5.1. Kopslarda birinci elverişi bölgeyi veren kombinasyonların %U<%11,25 için uygun olan alanları [Orjinal]



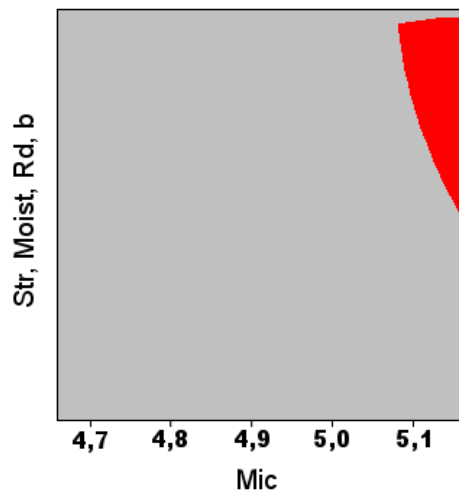
Şekil 5.2. Ne20-19,21 T/inç kops ipliği için bulunan birinci elverişi bölge [Orjinal]

Ne20-19,21 T/inç kops ipliği ile yapılan çalışmada, ikinci elverişli bölgeyi tanımlayan kombinasyonlar için $%U < %11,25$ koşulunu sağlayan renklendirilmiş bölgeler Şekil 5.3’de görülmektedir.



Şekil 5.3. Kopslarda ikinci elverişli bölgeyi veren kombinasyonların $%U < %11,25$ için uygun olan alanları [Orijinal]

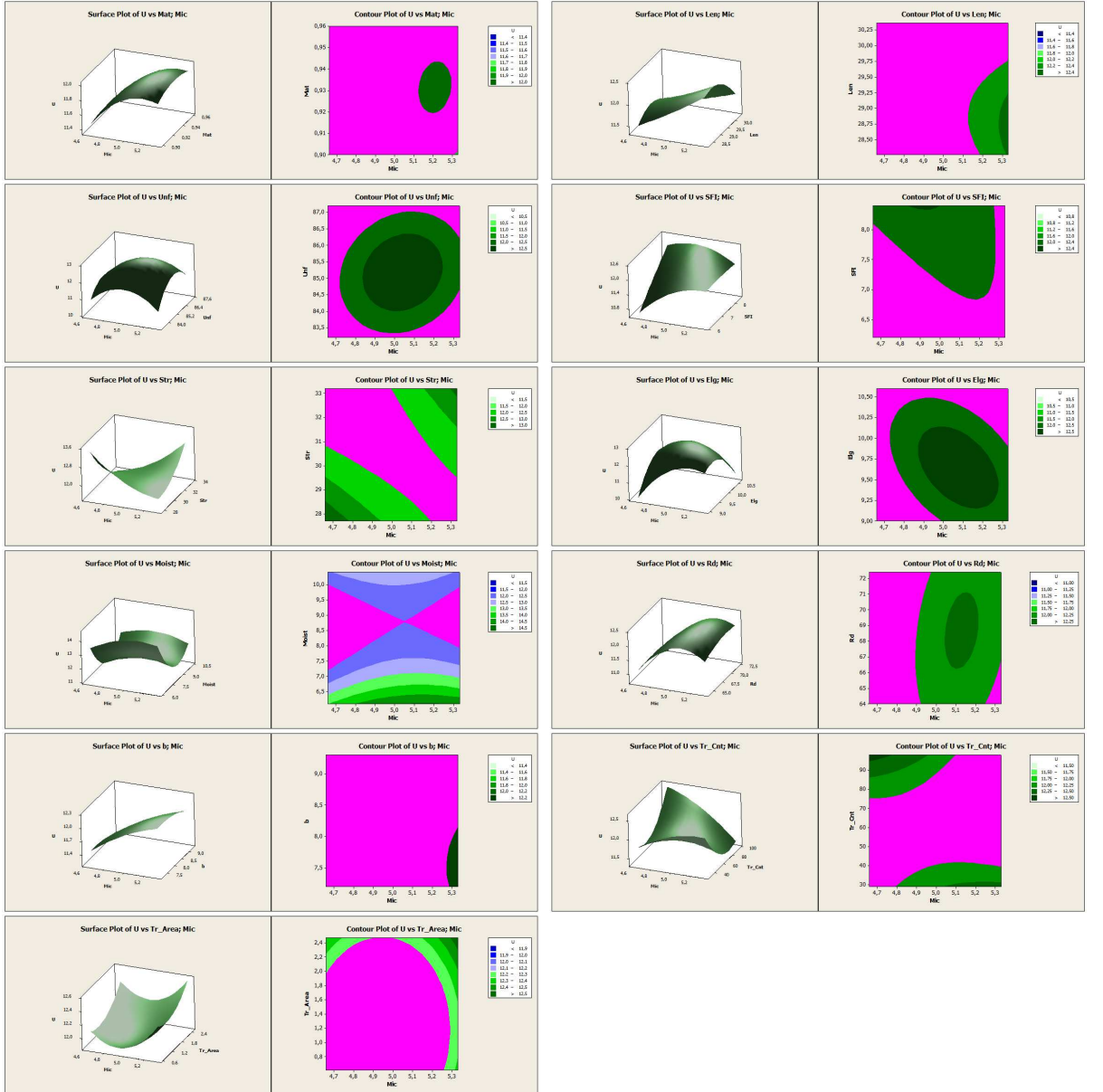
Kops ipliği için bulunan ikinci elverişli bölge Şekil 5.4’de verilmiştir. Şekildeki toplam alan (siyah renk ile çerçevesiz olan) kontur çiziminin yapılmış olduğu alandır. Kırmızı ile belirtilen alan ise bulunan elverişli bölgedir. Bu bölge Str, Moist, Rd ve b özelliklerinin bir araya gelmesinden oluşmaktadır ve iplikte $%U$ değerinin $%11,25$ ’in altında kalmasına imkan sağlamaktadır. Bu bölgeyi veren değer aralıkları Mic için 5,08-5,17, Str için 30,29-33,08, Moist için 7,74-9,52, Rd için 67,24-70,76 ve b için 8,10-9,06’dır.



Şekil 5.4. Ne20-19,21 T/inç kops ipliği için bulunan ikinci elverişli bölge [Orijinal]

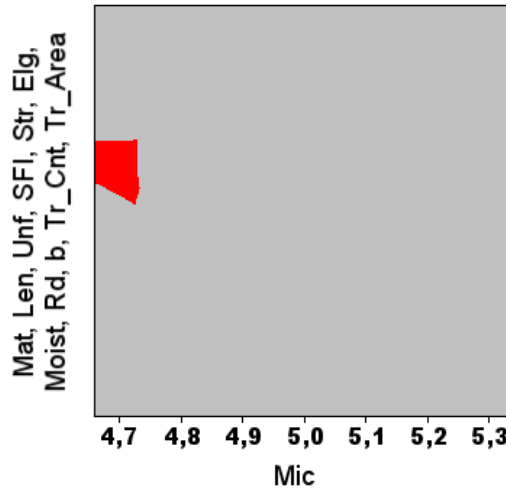
5.5.2. Ne20 – 19,21 T/ıç Bobin

Elverişli bölgenin bulunması sırasında, her kombinasyon için %U<%12,20 durumuna uygun bölgeler eflatun renk ile renklendirilmiştir. Birinci elverişli bölgeyi tanımlayan kombinasyonlar için %U<%12,20 koşulunu sağlayan bölgeler şekil 5.5’de görölmektedir.



şekil 5.5. Bobinlerde elverişli bölgeyi veren kombinasyonların %U<%12,20 için uygun olan alanları [Orjinal]

Bobin ipliği için bulunan elverişli bölge Şekil 5.6’da verilmiştir. Şekildeki toplam alan (siyah renk ile çerçevesiz olan) kontur çiziminin yapılmış olduğu alandır. Kırmızı ile belirtilen alan ise bulunan elverişli bölgedir. Bu bölge Mic, Mat, Len, Unf, SFI, Str, Elg, Moist, Rd, b, Tr_Cnt ve Tr_Area özelliklerinin bir araya gelmesinden oluşmaktadır ve iplikte %U değerinin %12,20’nin altında kalmasına imkan sağlamaktadır. Bu bölgeyi veren değer aralıkları Mic için 4,66-4,73, Mat için 0,931-0,940, Len için 29,35-29,68, Unf için 85,27-85,90, SFI için 7,34-7,68, Str için 30,56-31,40, Elg için 9,83-10,08, Moist için 8,33-9,00, Rd için 68,35-69,65, b için 8,29-8,61, Tr_Cnt için 65,00-75,00 ve Tr_Area için 1,57-1,86’dir.



Şekil 5.6. Ne20-19,21 T/inç bobin ipliği için bulunan elverişli bölge [Orijinal]

5.6. Diskriminant Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Diskriminant analizi uygulamasının sonuçları Bölüm 4.6’da yer almaktadır.

Çizelge 4.4’de verilen değerlere göre, Thick50, Neps200, BForce ve Rkm dışındaki bütün değişkenler istatistiksel önemlidir. Buradan iki grubun ortalamalarının %U, %CVm, H, Thin50, Elongation ve BWork değişkenleri için birbirlerinden farklı olduğu, dolayısıyla bu değişkenlerin modele katkısı olabileceği anlaşılmaktadır. Wilks’ Lambda, değişkenlerin potansiyelinin bir başka ölçüsüdür. Bu değer ne kadar küçük olursa, o değişkenin grupları birbirinden ayırma gücü o kadar yüksek olmaktadır. Dolayısıyla, kops ve bobin ipliklerini birbirinden ayırma konusunda en iyi değişkenin 0,266 Wilks’ Lambda değeri ile H değişkeni olduğu anlaşılmaktadır. %U ve %CVm değişkenleri, H değişkenini takip etmektedir.

Çizelge 4.5’deki değerlerden mutlak değeri en yüksek olana karşılık gelen değişken, ayırma kabiliyeti en yüksek olan değişkendir. Bu durumda, 1,933 değeri ile BWork,

ayırma kabiliyeti en yüksek olan değişkendir. İkinci sırada BForce, üçüncü sırada H değişkenleri yer almaktadır.

Çizelge 4.6'daki sıralama, Çizelge 4.4'deki Wilks' Lambda değerlerine bakılarak yapılan sıralama ile aynı, fakat Çizelge 4.5'deki standartlaştırılmış katsayılara bakılarak yapılan sıralamadan farklıdır. Yani standartlaştırılmış katsayılara göre yapılan sıralama ile yapı matrisine göre (veya Wilks' Lambda değerlerine göre) yapılan sıralama bazı noktalarda birbirinden farklılık göstermektedir. Bu uyumsuzluk, tahmin değişkenlerinden bazıları arasındaki eş doğrusallıktan (collinearity) ileri gelmektedir (Çizelge 4.7). Yani yapı matrisi, tahmin değişkenleri arasındaki eş doğrusallıktan etkilenmemektedir. Çizelge 4.7'ye bakıldığında, BForce-Rkm arasındaki korelasyonun 1'e eşit olduğu görülmektedir. Bu nedenle, Rkm değişkeni analize dahil edilmemiştir. Rkm dışındaki diğer değişkenler incelendiğinde, %U-%CVm, BForce-Elongation, BForce-BWork, BWork-Elongation arasında eş doğrusallık durumu (Çizelge 4.7'de koyu ve kırmızı renkte olan değerler) mevcuttur.

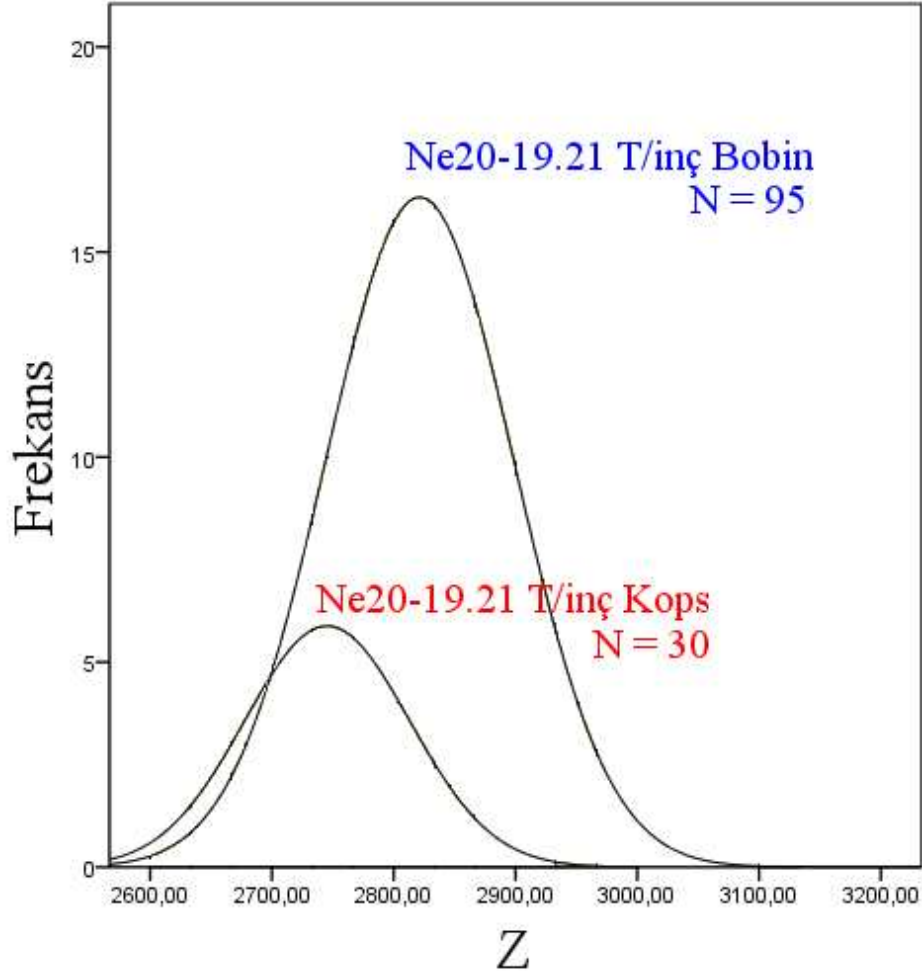
Yapı matrisi, tahmin değişkenleri arasındaki eş doğrusallıktan etkilenmediğine göre, bazı tahmin değişkenleri arasındaki eş doğrusallığın standartlaştırılmış katsayılar tablosunda birtakım tahmin değişkenlerinin (örneğin BWork ve BForce değişkenlerinin) önemini arttırdığı söylenebilmektedir. Bu yüzden, yapı matrisindeki sıralama daha dikkate değer niteliktedir.

4.82 ve 4.83 numaralı denklemlere göre kops ve bobin grupları için Z değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu Z değerlerinin frekans dağılımları incelendiğinde, iki grubun birbirinden nasıl ayrıldığına görülmesi mümkün olmaktadır. Şekil 5.7'de Ne20 numara, 19,21 T/inç büküme sahip kops ve bobin ipliklerinin Z değeri aracılığıyla birbirlerinden ayrımı görülmektedir.

Çizelge 4.11'deki sonuçlara göre, elde edilmiş olan diskriminant fonksiyonunun sınıflandırma kabiliyetinin iyi olduğu görülmektedir. Çizelge 4.11'de Ki-Kare testinin sonuçları da yer almaktadır ve önemlilik değerini küçük olduğu görülmektedir. Bu durum, elde edilen diskriminant fonksiyonunun unsurları gruplara ayırma konusunda tesadüfi yapıya oranla daha iyi olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.12'deki sonuçlara göre, elde edilen diskriminant modeli, toplamda otuz adet olan Ne20-19,21 T/inç kops ipliklerinin tamamını doğru şekilde sınıflandırabilmiştir. Aynı şekilde toplamda doksanbeş adet olan Ne20-19,21 T/inç bobin ipliklerinin tamamını

doğru Şekilde sınıflandırmaktadır. Hem kops hem bobin iplikleri için sınıflandırma başarısı %100'dür.



Şekil 5.7. Ne20 numara ve 19,21 T/in büküme sahip kops ve bobin ipliklerinin Z değeri aracılığıyla ayırımı [Orijinal]

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hammadde özelliklerinden ürün özelliklerinin tahminlenmesi, tekstil alanında çok önemlidir ve araştırma konularının başında gelmektedir. Yapılan birçok araştırmanın yanı sıra yapılacak daha birçok araştırma vardır. Bu gereksinim doğrultusunda yapılan bu araştırmada, farklı istatistik ve matematiksel yöntemler kullanarak ürün özelliklerinin tahminlenmesi çalışması yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan bu araştırmada, kullanılan veriler Uşak'ta pamuk ipliği üretimi yapan bir fabrikanın kendi içinde düzenli olarak yaptığı ölçümlerden oluşmaktadır. Lif ve ipliklere ait olan bu veriler 2005 yılına aittir. Fabrikanın artık kullanmayacağı bu ölçüm sonuçları, yapılan bilimsel çalışmada, gerçek üretimden alınan veriler ile çalışılması açısından önemlidir. Bu sayede, elde edilen sonuçların, fabrikada gerçek üretimde kullanılabilirliğinin de sağlanması düşünülmüştür. Böylece, fabrikaya geri uyarlaması da aynı derecede olanaklı olacaktır. Nihai hedef üretimde kullanılabilirlik olduğu için, başlangıç aşamasından bu hedef doğrultusunda çalışılmıştır.

Veri grafikleri yöntemi kullanılarak, Adana yöresine ait pamuk partisinin veri grafiği ile, aynı pamuk partisinden üretilen Ne20-19,21T/inç ipliğin kops formunda ve bobin formundaki veri grafikleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, liften ipliğe geçerken yapılan görsel analiz esas olmuştur. Lif partisine ait veri grafiğinde değişkenlik gösteren özelliklerin kops ve bobin iplik veri grafiğinde etkilediği özelliklerin derhal fark edilmesi sağlanmıştır. Böylece yeni satın alınan bir partinin, genel anlamda hammaddenin, veri grafiği, önceki partiler ile karşılaştırılarak hangi özelliklerde farklılıklar olduğu ve üründe hangi özelliğin nasıl etkileneceğinin subjektif olarak yorumlanması imkanı elde edilmiştir.

Çalışılan özellik çeşidi gerek lif partisi için gerek iplik partisi için, sırasıyla oniki ve on olmak üzere, oldukça yüksektir. Bu fazla özellik çeşitlerinin hepsi dahil olacak şekilde hem regresyon analizi hem de yapay sinir ağları çalışması yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda elde edilen denklemlerin, ipliğin incelenen belli bir özelliğini tanımlama dereceleri (R^2) genelde düşük çıkmıştır. Buna karşılık, yapay sinir ağları ile yapılan çalışma sonucunda R^2 değerleri her zaman daha yüksektir. Lif özelliklerinden kops formundaki iplik özelliklerine geçerken de, bobin formundaki iplik özelliklerine geçerken de yapay sinir ağlarının daha yüksek tanımlama değerlerinde olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, yapay sinir ağları metodunda değerlendirme kıstası sadece R^2 olmayıp, σ^2 hata payı ile de değerlendirme yapılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda σ^2 değerleri maksimum değerler seçi-

lerek, tahminlenen değerlerin maksimum hatayı içerecek şekilde olmaları sağlanmıştır. Yapay sinir ağları ile çalışmanın regresyon analizine göre daha doğru sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır.

Özellik sayısı çok fazla olduğu durumda yapay sinir ağlarının daha doğru sonuç verdiği anlaşıldığı halde, bu kadar çok özellik çeşidi ile çalışmak yerine, daha az özellik ile çalışıp yine aynı doğru sonuçlara ulaşmak için varimax yöntemi kullanılmış ve özellik sayısı azaltılmıştır. Anlamlı olan üç bileşen grubu oluşmuştur. Birinci bileşen grubu, lif uzunluğu, lif boyu homojenliği, kısa lif indeksi ve lifin kopma mukavemeti olmak üzere dort özelliği içermektedir. İkinci bileşen grubu, parlaklık (Rd), yabancı madde sayısı ve yabancı madde alanı olmak üzere üç özelliği içermektedir. nc bileşen grubu, incelik, olgunluk ve kopma uzaması olmak üzere üç özelliği içermektedir. Her bileşen grubunun içerdiği özellikler kullanılarak, kops ve bobin formundaki ipliklerin özelliklerinin bu lif özelliklerinden tahminlenmesi için regresyon analizi ve yapay sinir ağları ile çalışılmıştır. Kops formundaki iplik için, %U biriminden dzgnsuzlk özelliği, yapay sinir ağı ve ikinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; %.CVm biriminden dzgnsuzlk özelliği, yapay sinir ağı ve ikinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; tüylülük özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; ince yer özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; kalın yer özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; neps özelliği, yapay sinir ağı ve ikinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; maksimum kopma kuvveti özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; kopma uzaması özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; kopma işi özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir. Bobin formundaki iplik için, %U biriminden dzgnsuzlk özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; %.CVm biriminden dzgnsuzlk özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; tüylülük özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; ince yer özelliği, yapay sinir ağı ve ikinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; kalın yer özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edil-

miştir; neps özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; maksimum kopma kuvveti özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; kopma uzaması özelliği, yapay sinir ağı ve birinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliği, yapay sinir ağı ve ikinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir; kopma işi özelliği, yapay sinir ağı ve ikinci bileşen grubu ile çalışılarak en iyi olarak elde edilmiştir.

Buradan, yapay sinir ağları ile çalışmanın hep daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Birinci bileşenin kops formundaki iplikte daha iyi sonuçlar verdiği özellikler tüylülük, ince yer, kalın yer, maksimum kopma kuvveti, kopma uzaması, Rkm biriminden kopma mukavemeti ve kopma işidir. İkinci bileşenin kops formundaki iplikte daha iyi sonuçlar verdiği özellikler %U biriminden düzgünsüzlük, %CVm biriminden düzgünsüzlük ve nepsdir. Birinci bileşenin bobin formundaki iplikte daha iyi sonuçlar verdiği özellikler %U biriminden düzgünsüzlük, %CVm biriminden düzgünsüzlük, tüylülük, kalın yer, neps, maksimum kopma kuvveti ve kopma uzamasıdır. İkinci bileşenin bobin formundaki iplikte daha iyi sonuçlar verdiği özellikler ince yer, Rkm biriminden kopma mukavemeti ve kopma işidir. Kops ve bobin arasında birinci ve ikinci bileşen grupları ile bazı özellikler daha iyi tanımlanabilecek şekilde değişimler gösterebilmektedir. Örneğin; %U biriminden düzgünsüzlük özelliği kops formundaki iplikte lif parlaklık, lifteki yabancı madde sayısı ve lifteki yabancı madde alanı ile daha iyi tanımlanabilirken, bobin formundaki iplikte lif uzunluğu, lif boyu homijenliği, kısa lif indeksi ve lifin maksimum kopma mukavemeti ile daha iyi tanımlanabilmektedir.

Buraya kadar açıklanan sonuçlar, bu tez kapsamında elde edilen sonuçların bir kısmıdır. Ancak, lif özelliklerinden iplik özelliklerinin tahminlenmesi için yapılan diğer çalışmalarla da bu tez çalışmasının sonuçları karşılaştırılmıştır :

Bu tez çalışmasında diğer araştırmacıların inceledikleri özelliklerden çok daha fazlası incelenmiştir. Ancak, karşılaştırmak için sadece onların inceledikleri özellikler burada ele alınacaktır. Farklı çalışmalardan da olsa, diğerlerinin inceledikleri buradaki çalışmadaki %U biriminden düzgünsüzlük, %CVm biriminden düzgünsüzlük, tüylülük, kopma uzaması ve Rkm biriminden kopma mukavemetidir. Bu tez çalışmasında ise, aynı numara ve bükümdeki ipliğin kops ve bobin formları ile çalışılmıştır. Hem regresyon analizi hem yapay sinir ağı uygulamasında, Varimax ile tahminleyici değişken sayısı azaltılarak üç farklı bile-

şen grubu elde edilmiştir. Her bileşen grubu için ayrı ayrı regresyon analizi ve yapay sinir ağı yöntemi uygulanmıştır. Daha az sayıda parametre kullanılarak da, tüm değişkenlerin modele dahil edildiği durumdakine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Mustafa Erdem Üreyen ve Hüseyin Kadoğlu [12], HVI sisteminden elde edilen lif ölçüm sonuçları, iplik numarası (Ne), iplik bükümü ve fitil parametreleri kullanılarak iplik kopma mukavemeti, düzgünsüzlüğü, kopma uzaması ve tüylülüğünü regresyon analizi ile tahminlenmeye çalışmışlardır. Benzer bir çalışmayı HVI yerine AFIS ölçüm cihazının sonuçlarını kullanarak gerçekleştirmişlerdir [13]. Önemli bir fark olarak iplik numarası değişkeni modele Ne yerine tex cinsinden değerleri ile dahil edilmiştir. Üreyen ve Kadoğlu, ipliğin kopma mukavemeti özelliğinin tahminlenmesinde $R^2=0,954$, düzeltilmiş $R^2=0,952$ ve 0,838 standart hata elde etmişlerdir. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,248$, düzeltilmiş $R^2=-0,282$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,105$, düzeltilmiş $R^2=-0,038$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,080$, düzeltilmiş $R^2=-0,026$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,041$, düzeltilmiş $R^2=-0,070$ elde edilmiştir. Üreyen ve Kadoğlu, ipliğin kopma uzaması özelliğinin tahminlenmesinde $R^2=0,720$, düzeltilmiş $R^2=0,705$ ve 0,454 standart hata elde etmişlerdir. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin kopma uzaması özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,394$, düzeltilmiş $R^2=-0,034$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,209$, düzeltilmiş $R^2=0,082$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,104$, düzeltilmiş $R^2=0,001$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,035$, düzeltilmiş $R^2=-0,076$ elde edilmiştir. Üreyen ve Kadoğlu, iplik düzgünsüzlük özelliğinin tahminlenmesinde $R^2=0,952$, düzeltilmiş $R^2=0,949$ ve 0,533 standart hata elde etmişlerdir. Bu tez çalışmasında ise, kops formundaki ipliğin %U biriminden düzgünsüzlük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,541$, düzeltilmiş $R^2=0,217$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,322$, düzeltilmiş $R^2=0,213$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,100$; düzeltilmiş $R^2=-0,004$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,053$, düzeltilmiş $R^2=-0,057$ elde edilmiştir. kops formundaki ipliğin %CVm biriminden düzgünsüzlük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,572$, düzeltilmiş $R^2=0,270$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,332$, düzeltilmiş $R^2=0,225$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,063$, düzeltilmiş $R^2=-0,046$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında

$R^2=0,080$, düzeltilmiş $R^2=-0,026$ elde edilmiştir. Üreyen ve Kadoğlu, ipliğin tüylülük özelliğinin tahminlenmesinde $R^2=0,843$, düzeltilmiş $R^2=0,835$ ve $0,326$ standart hata elde etmişlerdir. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,604$, düzeltilmiş $R^2=0,325$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,285$, düzeltilmiş $R^2=0,171$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,033$, düzeltilmiş $R^2=-0,079$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,356$, düzeltilmiş $R^2=0,282$ elde edilmiştir. Üreyen ve Kadoğlu'nun çalışmasında, ipliğin kopma mukavemeti özelliğinin tahminlenmesinde lif kopma mukavemeti başta olmak üzere lif kopma uzaması, lif uzunluğu (UHML), lif boyu homojenliği (uniformity index), lif inceliği, iplik numarası, iplik bükümü, fitil numarası (Ne) ve fitil düzgünlüğünün istatistiksel önemli tahminleyici parametreler olduğu belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, hem tüm değişkenlerle hem bileşen grupları ile çalışıldığında hiçbir özelliğin istatistiksel önemli olmadığı görülmüştür. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, kısa lif indeksi; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği, uzunluk; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, kopma uzaması, incelikdir. Üreyen ve Kadoğlu'nun çalışmasında, iplik kopma uzamasının iplik numarası iplik bükümü ve fitil numarasından yüksek derecede etkilendiği anlaşılmıştır. Bu tez çalışmasında ise, kops formundaki ipliğin kopma uzaması özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında sabit değer ve lif boyu homojenliği özelliğinin istatistiksel önemli olduğu; tüm değişkenlerle, ikinci ve üçüncü bileşen grupları ile çalışıldığında hiçbir özelliğin istatistiksel önemli olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, Kops formundaki ipliğin kopma uzaması özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, kısa lif indeksi, incelik; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği, uzunluk; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Üreyen ve Kadoğlu'nun çalışmasında, iplik

düzensüzlüğü özelliğinin en çok iplik numarası ve fitil düzensüzlüğünden etkilendiği, lif özellikleri arasında ise lif kopma mukavemetinin en büyük etkiyi yarattığı anlaşılmıştır. İplik düzensüzlüğü için diğer önemli faktörler ise parlaklık, lif kopma uzaması, lif boyu homojenliği (uniformity index), sarılık, lif inceliği ve kısa lif indeksidir. Bu tez çalışmasında, Kops formundaki ipliğin hem %U hem %CVm biriminden iplik düzensüzlüğü özelliklerinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında lif uzunluğu özelliğinin, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında sabit değer ve lif uzunluğu özelliğinin, ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yalnızca sabit değer istatistiksel önemli olduğu; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında hiçbir özelliğin istatistiksel önemli olmadığı görülmüştür. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, kops formundaki ipliğin %U biriminden iplik düzensüzlük özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, uzunluk; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında uzunluk, kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında parlaklık, yabancı madde alanı, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Kops formundaki ipliğin %CVm biriminden iplik düzensüzlük özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, kısa lif indeksi; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında uzunluk, kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Üreyen ve Kadoğlu'nun çalışmasında, iplik tüylülüğünün tahminlenmesinde en önemli faktörün iplik bükümü olduğu görülmüştür. Lif özellikleri arasında ise lif kopma mukavemetinin iplik tüylülüğü üzerinde maksimum etkiyi yarattığı ve onu lif kopma uzaması ve lif uzaması özelliklerinin takip ettiği belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında lif olgunluğu özelliğinin, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında lif kopma mukavemeti özelliğinin, üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında sabit değer, lif inceliği, lif olgunluğu, lif kopma uzaması özelliklerinin istatistiksel önemli olduğu; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında hiçbir özelliğin istatistiksel önemli olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, kops formundaki ipliğin tüylülük özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, kopma uzama-

sı; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, uzunluk, kopma mukavemeti; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Üreyen ve Kadoğlu, AFIS lif verileri ile yapmış oldukları benzer çalışmada, ipliğin kopma mukavemeti özelliğinin tahminlenmesinde, $R^2=0,938$, düzeltilmiş $R^2=0,936$ ve $0,967$ standart hata; ipliğin kopma uzaması özelliğinin tahminlenmesinde $R^2=0,712$, düzeltilmiş $R^2=0,702$ ve $0,457$ standart hata; iplik düzgünsüzlük özelliğinin tahminlenmesinde $R^2=0,887$, düzeltilmiş $R^2=0,882$ ve $0,809$ standart hata; ipliğin tüylülük özelliğinin tahminlenmesinde $R^2=0,799$, düzeltilmiş $R^2=0,790$ ve $0,367$ standart hata elde etmişlerdir. Lif çapının iplik kopma mukavemetinin tahminlenmesinde en etkili parametre olduğunu ve önemli olan diğer tahminleyici değişkenlerin ise neps sayısı, üst çeyrek uzunluk ve toz miktarı olduğunu belirtmişlerdir. İpliğin kopma uzaması özelliğinin tahminlenmesinde en önemli tahmin değişkeninin iplik numarası olduğunu, lif özellikleri içinden üst çeyrek uzunluk ve lif çapının en önemli özellikler olduklarını ifade etmişlerdir. İplik kopma uzaması için önemli olan diğer parametrelerin ise iplik bükümü, fitil numarası (tex) ve fitil düzgünsüzlüğü olduğu sonucuna varmışlardır. İplik düzgünsüzlüğü özelliği için en etkili parametrelerin toz miktarı ve neps miktarı olduğu görülmüştür. İplik düzgünsüzlüğü için elde edilen regresyon modelinde her özellik için regresyon katsayı değerlerine bakıldığında, toz, neps, lif çapı, kısa lif miktarı (%), fitil düzgünsüzlüğü ve fitil numarasının iplik düzgünsüzlüğü üzerindeki etkisinin pozitif olduğu görülmüştür. İplik tüylülüğünün tahminlenmesinde en etkili özelliğin lif çapı olduğu belirtilmiştir. Lif çapı, neps, fitil düzgünsüzlüğü, iplik numarası ve fitil numarasının iplik tüylülüğü üzerindeki etkisi pozitif iken, üst çeyrek uzunluk ve iplik bükümü özelliklerinin etkisi negatiftir. Araştırma sonuçlarına genel olarak bakıldığında, fitil özelliklerinin iplik özellikleri üzerinde oldukça etkili olduğu, iplik numarası ve bükümünün iplik özellikleri için en belirleyici faktörler olduğu belirlenmiştir. Lif özellikleri arasında, lif çapının bütün regresyon denlemlerinde önemliliğini koruyan tek özellik olduğu, dolayısıyla iplik özelliklerinin tahminlenmesinde en önemli özellik olduğu anlaşılmıştır. Diğer önemli lif özellikleri ise üst çeyrek uzunluk, kısa lif miktarı (%), toz miktarı ve neps miktarıdır. Bu tez çalışmasında AFIS lif özellikleri ile çalışma yapılmamıştır.

Üreyen ve Kadoğlu'nun çalışmalarında yüksek R^2 değerlerinin bulunmasının ancak bu tez çalışmasında daha düşük değerler bulunmasının sebebi olarak, onların cerden ipliğe olmak üzere sadece iki işlem basamağında çalışmış olduklarında, bu tez çalışmasında ise,

balyalar halinde işletmeye gelen pamuk lifinin özelliklerinden kops ve bobin formundaki ipliklerin özelliklerine olacak şekilde uzun bir aralığı kapsayacak şekilde tahminleme yapıldığından olduğu düşünülmektedir. Bu tez çalışmasında elde edilen R^2 değerlerinin düşük çıkmasının başka bir nedeni, yalnızca lif parametrelerinin tahminleyici olarak kullanılmış olmasıdır. Üreyen ve Kadoğlu, kendi çalışmalarında, lif özelliklerinin yanında iplik numarası, iplik bükümü, fitil numarası, fitil düzgünsüzlüğü ve fitil bükümü parametrelerini de tahminleyiciler olarak kullanmışlardır. Bu tez çalışmasında ise, iplik numarası ve bükümü tek bir değer olduğu için tahminleyici olarak seçilmemişlerdir. Bu tesdeki kopslarla yapılan çalışmalarda elde edilen R^2 değerleri, bobinlerle yapılanlara oranla yüksek çıkmıştır, bunun, bobinleme ve fiksaj işlem basamaklarında etken olan faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mustafa Erdem Üreyen ve Pelin Gürkan [14,15], iplik numarası (Ne), iplik bükümü (T/inç), fitil numarası, %CVm biriminden fitil düzgünsüzlüğü ve HVI ölçüm cihazından elde edilen lif inceliği, lif kopma mukavemeti, lif uzunluğu (UHML), lif boyu homojenliği, lif kopma uzaması özelliklerinden ipliğin kopma mukavemeti, kopma uzaması, tüylülük ve düzgünsüzlük özelliklerini hem yapay sinir ağları hem regresyon analizi yöntemi ile tahminlemeye çalışmışlar ve iki yöntemin karşılaştırmasını yapmışlardır. Benzer bir çalışmayı, iplik tüylülüğü ve düzgünsüzlüğünün tahminlenmesi için de yapmışlardır. Ancak tüylülük ve düzgünsüzlüğün tahminlenmesinde kullandıkları tahmin değişkenleri farklıdır. Üreyen ve Gürkan'ın iplik tüylülüğü ve düzgünsüzlüğünün tahminlenmesi için yapmış oldukları çalışmada kullandıkları tahmin değişkenleri, iplik bükümü (T/inç), lif kopma mukavemeti, %CVm biriminden fitil düzgünsüzlüğü, lif kopma uzaması, lif uzunluğu (UHML), kuadratik lif inceliği, iplik numarası (Ne), sarılık ve lif boyu homojenliğidir. Üreyen ve Gürkan, iplik kopma mukavemetinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde $R^2=0,954$, düzeltilmiş $R^2=0,952$ ve 0,838 standart hata; yapay sinir ağları ile tahminlenmesinde $R^2=0,981$, düzeltilmiş $R^2=0,981$ ve 0,528 standart hata elde etmişlerdir. Her iki yöntemde de iplik kopma mukavemetini etkileyen en önemli özelliklerin lif kopma mukavemeti ve lif kopma uzaması olduğu anlaşılmıştır. Bu tez çalışmasında, Kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,248$, düzeltilmiş $R^2=-0,282$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,105$, düzeltilmiş $R^2=-0,038$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,080$, düzeltilmiş $R^2=-0,026$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında

$R^2=0,041$, düzeltilmiş $R^2=-0,070$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999762$, $\sigma^2=0,000247$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,999069$, $\sigma^2=0,000311$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,757897$, $\sigma^2=0,050401$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,961054$, $\sigma^2=0,013218$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, hem tüm değişkenlerle hem bileşen grupları ile çalışıldığında hiçbir özelliğın istatistiksel öneli olmadığı görülmüştür. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, Kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, kısa lif indeksi; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği, uzunluk; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, kopma uzaması, incelikdir. Üreyen ve Gürkan, iplik kopma uzamasının regresyon analizi ile tahminlenmesinde $R^2=0,720$, düzeltilmiş $R^2=0,705$ ve $0,454$ standart hata; yapay sinir ağları ile tahminlenmesinde $R^2=0,889$, düzeltilmiş $R^2=0,888$ ve $0,280$ standart hata elde etmişlerdir. Yapay sinir ağları yöntemine göre, iplik kopma uzamasını etkileyen en önemli özelliklerin lif inceliği ve lif kopma uzaması olduğu anlaşılmıştır. Regresyon analizi yöntemine göre ise, iplik kopma uzamasını etkileyen en önemli özelliklerin iplik numarası ve lif kopma uzaması olduğu görülmüştür. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin kopma uzaması özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,394$, düzeltilmiş $R^2=-0,034$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,209$, düzeltilmiş $R^2=0,082$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,104$, düzeltilmiş $R^2=0,001$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,035$, düzeltilmiş $R^2=-0,076$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin kopma uzaması özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999804$, $\sigma^2=0,000189$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,981381$, $\sigma^2=0,005552$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,915364$, $\sigma^2=0,025905$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,186049$, $\sigma^2=0,349360$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin kopma uzaması özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında sabit değer ve lif boyu homojenliği özelliğinin istatistiksel önemli olduğu; tüm değişkenlerle, ikinci ve üçüncü bileşen

grupları ile çalışıldığında hiçbir özelliğin istatistiksel önemli olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, kops formundaki ipliğin kopma uzaması özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, kısa lif indeksi, incelik; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği, uzunluk; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Üreyen ve Gürkan, ipliğin tüylülük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde $R^2=0,843$, düzeltilmiş $R^2=0,835$ ve $0,326$ standart hata; yapay sinir ağları ile tahminlenmesinde $R^2=0,951$, düzeltilmiş $R^2=0,951$ ve $0,174$ standart hata elde etmişlerdir. Yapay sinir ağları yöntemine göre, iplik tüylülüğünü etkileyen en önemli özelliklerin lif boyu homojenliği, fitil düzgünsüzlüğü, lif kopma mukavemeti ve lif kopma uzaması olduğu anlaşılmıştır. Her iki yönteme göre, fitil düzgünsüzlüğünün iplik tüylülüğü üzerinde büyük etkisi olduğu, lif uzunluğunun etkisinin ise daha az olduğu belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında ise, kops formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,604$, düzeltilmiş $R^2=0,325$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,285$, düzeltilmiş $R^2=0,171$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,033$, düzeltilmiş $R^2=-0,079$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,356$, düzeltilmiş $R^2=0,282$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999432$, $\sigma^2=0,000046$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,998449$, $\sigma^2=0,000434$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,982122$, $\sigma^2=0,009539$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,350454$, $\sigma^2=0,128677$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında lif olgunluğu özelliğinin, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında lif kopma mukavemeti özelliğinin, üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında sabit değer, lif inceliği, lif olgunluğu, lif kopma uzaması özelliklerinin istatistiksel önemli olduğu; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında hiçbir özelliğin istatistiksel önemli olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, kops formundaki ipliğin tüylülük özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, kopma uzaması; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, uzunluk, kopma mukavemeti; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı,

parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Üreyen ve Gürkan, iplik düzgünlük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde $R^2=0,952$, düzeltilmiş $R^2=0,949$ ve $0,533$ standart hata; yapay sinir ağları ile tahminlenmesinde $R^2=0,993$, düzeltilmiş $R^2=0,993$ ve $0,195$ standart hata elde etmişlerdir. Her iki yonteme göre, lif kopma mukavemetinin iplik düzgünlüğü üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu görülmektedir. Yapay sinir ağları yöntemine göre, iplik düzgünlüğü için ikinci ve üçüncü en etkili parametreler sırasıyla fitil numarası ve lif inceliğidir. Regresyon analizi yöntemine göre, iplik düzgünlüğü için ikinci ve üçüncü en etkili parametreler sırasıyla lif kopma uzaması ve sarılık özellikleridir. Bu tez çalışmasında, Kops formundaki ipliğin %U biriminden düzgünlük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,541$, düzeltilmiş $R^2=0,217$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,322$, düzeltilmiş $R^2=0,213$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,100$; düzeltilmiş $R^2=-0,004$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,053$, düzeltilmiş $R^2=-0,057$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin %U biriminden düzgünlük özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999637$, $\sigma^2=0,000042$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,867114$, $\sigma^2=0,056539$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,993899$, $\sigma^2=0,004125$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,890048$, $\sigma^2=0,059071$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin %CVm biriminden düzgünlük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,572$, düzeltilmiş $R^2=0,270$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,332$, düzeltilmiş $R^2=0,225$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,063$, düzeltilmiş $R^2=-0,046$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,080$, düzeltilmiş $R^2=-0,026$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin %CVm biriminden düzgünlük özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999815$, $\sigma^2=0,000255$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,928014$, $\sigma^2=0,063620$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,999484$, $\sigma^2=0,000621$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,946719$, $\sigma^2=0,028565$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin hem %U hem %CVm biriminden iplik düzgünlüğü özelliklerinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında lif uzunluğu özelliğinin, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında sabit değer ve lif uzunluğu özelliğinin, ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yalnızca sabit değer in istatistiksel önemli olduğu; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında hiçbir özelliğ in istatistik-

sel önemli olmadığı görülmüştür. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, kops formundaki ipliğin %U biriminden iplik düzgünsüzlük özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, uzunluk; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında uzunluk, kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında parlaklık, yabancı madde alanı, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Kops formundaki ipliğin %CV_m biriminden iplik düzgünsüzlük özelliği için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliği olgunluk, incelik, kısa lif indeksi; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında uzunluk, kısa lif indeksi, lif boyu homojenliği; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır. Üreyen ve Gürkan, yapay sinir ağlarının tahminleme performansının regresyon analizine göre daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır. Bu tez çalışmasında da aynı sonuca varılmıştır.

Chattopadhyay, R. ve Guha, A. [16], lif özelliklerinden (%2,5 span uzunluk, lif boyu homojenliği, lif inceliği, demet lif mukavemeti, yabancı madde miktarı) iplik özelliklerini (kopma mukavemeti, iplik numarası ve kopma mukavemeti çarpım sonucu (CSP), iplik numarasının değişim katsayısı (%CV_N), kopma mukavemetinin değişim katsayısı (%CV_{KM}), iplik düzgünsüzlüğü (%CV_m), noktasal hatalar (adet/km)) yapay sinir ağı ile tahminlemeye çalışmışlar ve daha sonra ağın tahminleme performansını arttırmak amacıyla girdi sayısının azaltılması ve temel bileşenler analizi yöntemi uygulamışlardır. Elde edilen sonuçları hem ring hem rotor iplikleri için karşılaştırmışlar ve en iyi performansın hangi durumda elde edildiğini belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında rotor eğirme sistemi ile elde edilen ipliklerle çalışılmamıştır. Chattopadhyay ve Guha'nın çalışmasında elde edilen yapay sinir ağı, eğitimde kullanılan veri setini hemen hemen %100 doğrulukta tahminleyebilmiştir. Kopma mukavemeti, kopma mukavemeti çarpım sonucu (CSP), kopma mukavemetinin değişim katsayısı (%CV_{KM}), iplik düzgünsüzlüğü (%CV_m) özellikleri çok iyi tahminlenmiştir. Chattopadhyay ve Guha, çalışmada kullanılan ipliklerin hangi formda (kops veya bobin) olduklarını belirtmemişlerdir. Bu nedenle, bu tez çalışması ile karşılaştırılırken her iki formun sonuçları da yazılmıştır. Bu tez çalışmasında, kopma mukavemeti çarpım sonucu (CSP) ve kopma mukavemetinin değişim katsayısı (%CV_{KM}) özellikleri incelenmemiştir. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin R_{km} biriminden

kopma mukavemeti özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999762$, $\sigma^2=0,000247$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,997163$, $\sigma^2=0,000555$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin %CVm biriminden düzgünsüzlük özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999815$, $\sigma^2=0,000255$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin %CVm biriminden düzgünsüzlük özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,995539$, $\sigma^2=0,000648$ elde edilmiştir. Chattopadhyay ve Guha'nın çalışmasında, iplik numarasının değişim katsayısı (%CV_N) ve noktasal hatalar (adet/km) özelliklerinde ortaya çıkan hata yüzdeleri (sırasıyla %19,1 ve %13,6) nispeten yüksektir. Ortalama hata yüzdesi ise %7,5'dir. Bu tez çalışmasında ise, iplik numarasının değişim katsayısı (%CV_N) özelliği incelenmemiştir. Noktasal hatalar toplam olarak değil, ayrı ayrı incelenmiştir. Bu tez çalışmasında noktasal hatalara karşılık olarak, ince yer (-%50), kalın yer (+%50) ve neps (+%200) özelliklerinin sonuçları verilmiştir. Kops formundaki ipliğin ince yer (-%50) özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999561$, $\sigma^2=0,000772$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin ince yer (-%50) özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,998934$, $\sigma^2=0,000479$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin kalın yer (+%50) özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,99985$, $\sigma^2=0,000318$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin kalın yer (+%50) özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,998312$, $\sigma^2=0,000859$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin neps (+%200) özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999611$, $\sigma^2=0,000271$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin neps (+%200) özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,998724$, $\sigma^2=0,000947$ elde edilmiştir. Chattopadhyay ve Guha'nın çalışmasında ikinci uygulama olarak, girdi sayısı azaltılarak ağdaki karmaşıklığın giderilmesi ve dolayısıyla ağın performansının geliştirilmesine çalışılmıştır. Bunun için, girdi değişkenleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. %2,5 span uzunluk ve iplik numarası olmak üzere iki girişli ve altı çıkışlı bir yapay sinir ağı ile çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tahminleme hata yüzdelerinde (%9,2 ortalama hata yüzdesi) artış gözlemlenmiş ve bu yön-

temin yapay sinir ağını geliştirici bir etki yaratmadığı anlaşılmıştır. Bunun üzerine, yapay sinir ağının performansının temel bileşenler analizi ile geliştirilmesine çalışılmıştır. Beş temel bileşen elde edilmiştir. Bu temel bileşenlerin özdeğerleri sırasıyla 0,2602, 0,1188, 0,6961, 1,5000 ve 31,2348'dir. Beş lif özelliği, birbirine ortogonal olan beş özellik grubuna dönüştürülmüştür. Bu ortogonal veriler girdi olarak kullanılarak yapay sinir ağı uygulaması yapılmıştır. Daha sonra, özdeğerlere bakılarak, ilk iki temel bileşenin dikkate alınması gerektiği kararlaştırılmıştır. Ortogonal ve azaltılmış verilerle de bir yapay sinir ağı uygulaması yapılmıştır. Azaltılma yapılmadan sadece ortogonalleştirilmiş verilerle çalışıldığında, ağın toplam performansında orijinal verilerle çalışılana göre değişim olmamıştır. Her ikisinde de ortalama hata yüzdesi %7,5'dir. Ortogonal ve azaltılmış verilerle çalışıldığında, ortalama hata yüzdesi %7,5'den %7,1'e düşmüştür. Noktasal hatalar (adet/km) (%13,6'dan %3,5'e) ve kopma mukavemeti (%3,9'dan %2,5'e) özelliklerinde görülen tahminleme hata yüzdesindeki düşüşlerin anlamlı, kopma mukavemeti çarpım sonucu (CSP) ve iplik düzensizliği (%CVm) özelliklerindeki düşüşlerin sınır değerinde olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, ortogonal ve azaltılmış verilerle çalışmanın yapay sinir ağlarının tahminleme performansına katkıda bulunduğu anlaşılmıştır. Yazarlar, aynı çalışmayı rotor iplikleri için de uygulamışlardır. Kopma mukavemeti, kopma mukavemeti çarpım sonucu (CSP) ve iplik düzensizliği (%CVm) özellikleri çok iyi tahminlenirken; kopma mukavemetinin değişim katsayısı, iplik numarasının değişim katsayısı (%CV_N) ve noktasal hatalar (adet/km) özellikleri çok kötü tahminlenmiştir. Ortalama hata yüzdesi %17,4'dür. Temel bileşenler analizi uygulamasında, beş temel bileşen elde edilmiştir. Bu temel bileşenlerin özdeğerleri sırasıyla 8,6777, 12,9608, 5,0479, 2,4215 ve 41,1866'dır. Ring ipliklerle yapılan çalışmada olduğu gibi, önce ortogonal verilerle, daha sonra ortogonal ve azaltılmış verilerle yapay sinir ağı uygulamaları yapılmıştır. Rotor iplikleri için yapılan yapay sinir ağı uygulamalarından elde edilen hata yüzdeleri karşılaştırıldığında, ortogonal verilerle yapılan çalışmanın orijinal verilerle yapılanaya göre daha iyi olduğu görülmektedir. Kopma mukavemeti çarpım sonucu (CSP) dışındaki tüm özelliklerin hata yüzdelerinde düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bunların arasında noktasal hatalar (adet/km) özelliğindeki düşüş dikkat çekicidir. Genel olarak bakıldığında, ortalama hata yüzdesi %17,4'den %14,7'ye düşmüştür. Bu tez çalışmasında, üç farklı Varimax bileşen grubu ile de tahminleyici sayısında azaltma çalışmaları yapılmıştır. Bu durumda, kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bi-

leşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,999069$, $\sigma^2=0,000311$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,757897$, $\sigma^2=0,050401$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,961054$, $\sigma^2=0,013218$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,161116$, $\sigma^2=0,223487$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,320058$, $\sigma^2=0,136927$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,197291$, $\sigma^2=0,188618$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin %CVm biriminden düzgünlük özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,928014$, $\sigma^2=0,063620$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,999484$, $\sigma^2=0,000621$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,946719$, $\sigma^2=0,028565$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin %CVm biriminden düzgünlük özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,659239$, $\sigma^2=0,029558$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,539492$, $\sigma^2=0,105766$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,516133$, $\sigma^2=0,142887$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin ince yer (-%50) özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,822228$, $\sigma^2=0,102662$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,330826$, $\sigma^2=0,262717$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,323267$, $\sigma^2=0,270518$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin ince yer (-%50) özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,306887$, $\sigma^2=0,317831$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,325477$, $\sigma^2=0,264015$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,102059$, $\sigma^2=0,448707$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin kalın yer (+%50) özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,985716$, $\sigma^2=0,011712$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,9719$, $\sigma^2=0,015992$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,45006$, $\sigma^2=0,241175$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin kalın yer (+%50) özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,383805$, $\sigma^2=0,174897$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,196717$, $\sigma^2=0,237588$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,252364$, $\sigma^2=0,181152$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin neps (+%200) özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,609316$, $\sigma^2=0,184690$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,934431$, $\sigma^2=0,074193$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,353033$,

$\sigma^2=0,253719$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin neps (+%200) özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,361039$, $\sigma^2=0,258131$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,202222$, $\sigma^2=0,202155$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,117023$, $\sigma^2=0,303340$ elde edilmiştir. Chattopadhyay ve Guha'nın çalışmasında, korelasyon katsayı değerlerine bakılarak girdi sayısının azaltılmasının, ağın karmaşıklığını azaltması sebebiyle, daha iyi bir ağ performansı sağlayabileceği anlaşılmıştır. Temel bileşenler analizi yardımıyla girdilerin ortogonalleştirilmesi sonucu, ağ performansında bir geliştirme yapılmıştır. Girdi değişkenleri arasındaki korelasyonlar yüksek olduğunda, önemliliği az olan ortogonal bileşenlerin çıkarılmasının ağ performansında daha ileri bir gelişme sağlayacağı ifade edilmiştir. Bu tez çalışmasında da, Varimax döndürme tekniği uygulanan temel bileşenler analizi yöntemi ile azaltılmış tahminleyiciler ile, tüm tahminleyicilerin kullanılması ile elde edilen sonuçlara yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Babay, A. ve arkadaşları [18], lif inceliği (micronaire index), lif uzunluğu (UHML), lif boyu homojenliği (uniformity index), kısa lif indeksi, iplik bükümü (T/m) ve iplik numarası özelliklerinden ring pamuk ipliğinin tüylülüğünü yapay sinir ağları metodu ve doğrusal regresyon analizi yardımıyla tahminlemeye çalışmışlardır. Her iki yöntemde de iplik tüylülüğü değeri doğru bir şekilde tahminlenmiştir. Karşılaştırma yapıldığında, yapay sinir ağlarının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yapay sinir ağları metodunda elde edilen hata değeri, Uster İstatistiklerindeki tüylülük standart sapma grafiğinin %5 aralığındaki değerden daha da düşük çıkmıştır. Test verileri ile yapılan çalışma sonucunda yapay sinir ağlarında $R^2=0,9353$ ve regresyon analizinde $R^2=0,8893$ elde edilmiştir Babay ve arkadaşları, çalışmada kullanılan ipliklerin hangi formda (kops veya bobin) olduklarını belirtmemişlerdir. Bu nedenle, bu tez çalışması ile karşılaştırılırken her iki formun sonuçları da yazılmıştır. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,604$, düzeltilmiş $R^2=0,325$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,285$, düzeltilmiş $R^2=0,171$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,033$, düzeltilmiş $R^2=-0,079$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,356$, düzeltilmiş $R^2=0,282$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999432$, $\sigma^2=0,000046$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,998449$, $\sigma^2=0,000434$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,982122$,

$\sigma^2=0,009539$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,350454$, $\sigma^2=0,128677$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,081$, düzeltilmiş $R^2=-0,054$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,024$, düzeltilmiş $R^2=-0,020$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,011$, düzeltilmiş $R^2=-0,022$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,000$, düzeltilmiş $R^2=-0,033$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin tüylülük özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,99928$, $\sigma^2=0,000707$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,337034$, $\sigma^2=0,183141$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,053091$, $\sigma^2=0,247232$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,203597$, $\sigma^2=0,184999$ elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında da yapay sinir ağlarının regresyon analizine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Cheng, L. ve Adams D. L. [17], HVI ölçüm cihazı ile ölçülen lif özelliklerinden ipliğin kopma mukavemeti özelliğini yapay sinir ağları aracılığıyla tahminlemeye çalışmışlardır. Ölçülen lif özellikleri, üst yarı ortalama uzunluk (UHML), lif boyu homojenliği (UI), kısa lif miktarı (SFC), kopma mukavemeti (STR), incelik (Fin), olgunluk (Mat), parlaklık (Rd) ve sarılık (+b) özellikleridir. İncelik ve olgunluk özellikleri Shirley IIC ölçüm cihazı ile de ölçülmüştür. Ancak, incelik özelliği bu araştırmada kullanılmamıştır. Yapay sinir ağına yukarıda bahsedilen lif özellikleri girdi olarak verilmiş, kopma mukavemeti ile iplik numarasının çarpım sonucu (CSP) hedef çıktı olarak alınmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, korelasyon katsayısı $R=0,85$ elde edilmiştir. Mwasiagi, J. I. ve arkadaşları, pamuk liflerinin HVI ölçüm cihazından elde edilen özellikleri, iplik numarası (tex) ve iplik bükümü (T/inç) özelliklerinden rotor ve ring eğirme sistemleri ile üretilmiş pamuk ipliklerinin kopma mukavemeti özelliğini yapay sinir ağları yöntemi ile tahminlemeye çalışmışlardır. Mwasiagi ve arkadaşları, yapay sinir ağı ile iplik kopma mukavemetinin tahminlenmesinde hata karelerinin ortalaması (MSE) 0,0156 olarak elde etmişlerdir. Ağdan elde edilen çıktı değerleri ile hedef değerler arasındaki korelasyon katsayısının (R) ise 0,974 olduğunu belirtmişlerdir [21]. Majumdar A. ve arkadaşları, iplik numarası (Ne) ve HVI ölçüm cihazı ile ölçülen lif özelliklerinden (demet halinde lif kopma mukavemeti, kopma uzaması, üst yarı ortalama uzunluk (UHML), lif boyu homojenliği, incelik, parlaklık ve sarılık) ring ve rotor ipliklerinin kopma mukavemeti özelliğini yapay sinir ağı aracılığıyla tahminlemeye çalışmışlardır. Ring ipliklerin kopma mukavemeti özelliğinin

tahminlenmesinde ortalama hata değeri %5, rotor ipliklerde %2 olduğu sonucuna varılmıştır. Babay ve arkadaşlarının çalışmasında, ring ipliklerde yapılan tahminlemede $R=0,738$, rotor ipliklerde yapılan tahminlemede $R=0,964$ korelasyon katsayı değerleri elde edilmiştir. Rotor iplik verileri ile yapılan çalışmanın tahminleme doğruluğu, ring iplik verileri ile yapılabildiğine göre daha iyi çıkmıştır. Majumdar ve arkadaşları, iplik kopma mukavemeti üzerindeki en etkili parametrelerin belirlenmesi amacıyla ayrı bir çalışma daha yapmışlardır. Hem ring hem rotor ipliğinin kopma mukavemeti özelliği üzerinde en etkili parametrenin demet lif kopma mukavemeti olduğu anlaşılmıştır. Demet lif mukavemetini ring ipliklerde sırasıyla kopma uzaması ve lif boyu homojenliği, rotor ipliklerde lif boyu homojenliği ve üst yarı ortalama uzunluk özellikleri takip etmektedir. Sonuçlara genel olarak bakıldığında, hem ring hem rotor ipliklerinin kopma mukavemeti için oluşturulan pamuk lif özelliklerinin önem sırasınca demet lif kopma mukavemeti, kopma uzaması ve lif boyu homojenliği özelliklerinin ilk dörtte yer aldıkları görülmüştür. Renk özellikleri (parlaklık ve sarılık) ve incelik özelliklerinin ise alt sıralarda yer aldığı görülmüştür. Bunların yanısıra, iplik numarasının rotor ipliklerinin kopma mukavemeti üzerindeki etkisi, ring ipliklere nazaran daha belirgindir [19]. İpliğin kopma mukavemeti özelliğinin tahminlendiği bu üç çalışmada da yazarlar, kullanılan ipliklerin hangi formda (kops veya bobin) olduklarını belirtmemişlerdir. Bu nedenle, bu tez çalışması ile karşılaştırılırken her iki formun sonuçları da yazılmıştır. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999762$, $\sigma^2=0,000247$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,999069$, $\sigma^2=0,000311$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,757897$, $\sigma^2=0,050401$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,961054$, $\sigma^2=0,013218$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,997163$, $\sigma^2=0,000555$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,161116$, $\sigma^2=0,223487$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,320058$, $\sigma^2=0,136927$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,197291$, $\sigma^2=0,188618$ elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında rotor eğirme sistemi ile üretilmiş iplikler kullanılmamıştır. Bu tez çalışmasına göre ise, kops formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, hem tüm değişkenlerle hem bileşen grupları ile çalışıldığında hiçbir özelliğin istatistiksel önemi olmadığı görülmüştür. Bobin formundaki ipliğin Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğinin reg-

resyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenlerle çalışıldığında yabancı madde alanı özelliğinin, birinci bileşen grubu ile çalışıldığında lif kopma mukavemeti özelliğinin, ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı özelliğinin istatistiksel önemli olduğu; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında hiçbir özelliğın istatistiksel önemli olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca regresyon katsayı değerleri üzerinden iplik özellikleri için en önemli lif parametrelerinin neler olduklarına bakıldığında, kops formundaki ipliğın Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğı için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliğı olgunluk, incelik, kısa lif indeksi; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, lif boyu homojenliğı, uzunluk; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, kopma uzaması, incelikdir. Bobin formundaki ipliğın Rkm biriminden kopma mukavemeti özelliğı için, tüm değişkenler ile çalışıldığında en önemli ilk üç lif özelliğı olgunluk, yabancı madde alanı, kısa lif indeksi; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında kısa lif indeksi, kopma mukavemeti, lif boyu homojenliğı; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında yabancı madde alanı, parlaklık, yabancı madde sayısı; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında olgunluk, incelik, kopma uzamasıdır.

Majumdar, P. K. ve Majumdar, A. [20], demet lif mukavemeti, lif kopma uzaması, üst çeyrek ortalama uzunluk (UHML), lif boyu homojenliğı, lif inceliğı, parlaklık, sarılık ve iplik numarasını (Ne) tahminleyici değişkenler olarak kullanarak, regresyon analizi ve yapay sinir ağıları aracılığıyla, ipliğın kopma uzamasını tahminlemeye çalışmışlardır. Majumdar ve Majumdar, ipliğın kopma uzamasının regresyon analizi ve yapay sinir ağı aracılığıyla tahminlenmesinde sırasıyla, 0,870 ve 0,938 korelasyon katsayı değerleri (R) elde etmişlerdir. En iyi tahminleme yapan yöntemin yapay sinir ağıları olduğunu ifade etmişlerdir Majumdar ve Majumdar, çalışmada kullanılan ipliklerin hangi formda (kops veya bobin) olduklarını belirtmemişlerdir. Bu nedenle, bu tez çalışması ile karşılaştırılırken her iki formun sonuçları da yazılmıştır. Bu tez çalışmasında, kops formundaki ipliğın kopma uzaması özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,394$, düzeltilmiş $R^2=-0,034$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,209$, düzeltilmiş $R^2=0,082$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,104$, düzeltilmiş $R^2=0,001$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,035$, düzeltilmiş $R^2=-0,076$ elde edilmiştir. Kops formundaki ipliğın kopma uzaması özelliğinin yapay sinir ağıları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,999804$, $\sigma^2=0,000189$; birin-

ci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,981381$, $\sigma^2=0,005552$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,915364$, $\sigma^2=0,025905$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,186049$, $\sigma^2=0,349360$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin kopma uzaması özelliğinin regresyon analizi ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,111$, düzeltilmiş $R^2=-0,020$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,037$, düzeltilmiş $R^2=-0,006$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,045$, düzeltilmiş $R^2=0,014$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,035$, düzeltilmiş $R^2=0,003$ elde edilmiştir. Bobin formundaki ipliğin kopma uzaması özelliğinin yapay sinir ağları metodu ile tahminlenmesinde, tüm değişkenler ile çalışıldığında $R^2=0,998876$, $\sigma^2=0,000766$; birinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,386915$, $\sigma^2=0,110720$; ikinci bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,111400$, $\sigma^2=0,176372$; üçüncü bileşen grubu ile çalışıldığında $R^2=0,138080$, $\sigma^2=0,166882$ elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında da, yapay sinir ağları metodunun regresyon analizine göre daha etkin bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Şimdiye kadar anlatılanlar, bu tez çalışmasının bir kısmıdır. Burada yapılan yanıt yüzeyleri ve diskriminant analizi araştırmaları da bulunmaktadır. Yanıt yüzeyleri çalışması, ipliğin %U biriminden düzgünsüzlük özelliği için yapılmıştır. %U değerini düşük veren elverişli bölge elde edilmiş ve bu bölgedeki lif özellikleri listelenmiştir. Bu tür bir çalışma, diğer iplik özellikleri ile de yapılabilir, burada sadece bir tanesine yer verilmiştir. Sonuç olarak, eldeki hammaddenin özelliklerinden ürün özelliklerinin hangi değerde elde edileceğinin çok rahat bir şekilde görsel olarak tahmin edilip rakamsal değerlere geçilebileceği sonucuna varılmaktadır.

Diskriminant analizi ile kops formundaki iplik ile bobin formundaki iplik başarılı bir şekilde birbirlerinden ayırd edilmiştir. Buradan, diskriminant analizinin aynı iplik özellikleri kullanılarak form ayırmadaki başarısı kanıtlanmış olmaktadır.

Elde edilen birçok değerli bilgi ışığında gelecekte yapılabilecek çalışmalar hakkında yeni ufuklar açılmıştır. Önerilenler, öncelikle, farklı pamuk lifi partilerinde farklı numara ve bükümlerdeki ipliklerde aynı çalışmaların yapılması şeklindedir. Örneğin; bu araştırmada sadece Adana yöresinin pamukları ile çalışılmıştır. Farklı yörelerin pamuklarının dahil edildiği çalışmaların da yapılması gerekmektedir. Böylece, genelleştirme ve standartlaşmaya yönelik olarak kapsam genişletilmiş olacaktır. Ayrıca, yine bu tarz bir çalışmanın farklı liflerde ve farklı iplik numara ve bükümlerinde yapılması önerilmektedir. Örneğin; bu araştırmada sadece pamuk lifleri ile yapılmıştır, ancak yün ve sentetik lifler ve hatta

bunların karışımlarında da yapılması gerekmektedir. Böylece, kapsam genişleyecek ve bakış açısı derinleşecektir. Diğer bir önerilen nokta ise, aynı bu çalışmanın devam ettirilerek dokuma ve örme safhalarına taşınmasıdır. Böylece, farklı bir form olan kumaş da, özellikleri ile araştırma konusu olacaktır. Hatta, konunun konfeksiyon, insan kullanımına hazır hale getirilmesi, safhasına da taşınması önerilmektedir. Tüm bu işlem safhaları tamamlandığında, bir hammde partisinin özelliklerinden nihai ürünün, insanın kullandığı safhada, istenilen özelliklerinin tahminlenmesi mümkün olacaktır.

Önerilenler sadece bunlarla kalmayıp, bu çalışmanın tekstilin farklı dallarında uygulanması da önemli bir konudur. Diğer alanlarda bu çalışmaların başarılı bir şekilde uygulanabileceği ve doğru sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir. Uygulama alanı sadece tekstil ile sınırlı olmayıp diğer bilim dallarında da uygulanabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kawabata, S., 1980, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation 2nd ed.", *The Textile Machinery Society of Japan*, Osaka, Japan, 97 sayfa.
2. Kawabata, S. ve Niwa, M., 1998, "Clothing Engineering Based on Objective Measurement Technology", *International Journal of Clothing Science and Technology*, 10(3/4): 263-272.
3. Yokura, H. ve Niwa, M., 2000, "Objective Hand Measurement of Materials Used for Disposable Diapers", *Int. J. Clothing Sci. Technol.*, 12(3): 184-192.
4. Park, S. W. ve ark., 2001, "Total Handle Evaluation from Selected Mechanical Properties of Knitted Fabrics Using Neural Network", *Int. J. Clothing Sci. Technol.*, 13(2): 106-114.
5. Shyr, T. W. ve ark., 2004, "New Approaches to Establishing Translation Equations for the Total Hand Value of Fabric", *Textile Research Journal*, 74(6): 528-534.
6. Hui, C. L. ve ark., 2004, "Neural Network Prediction of Human Psychological Perceptions of Fabrics Hand", *Textile Research Journal*, 74(5): 375-383.
7. Vassiliadis, S. G. ve ark., 2005, "Optimization Aspects on the Hand of the Fabrics", *Textile Research Journal*, 75(9): 653-661.
8. Lam, J. K. C. ve Postle, R., 2006, "Multivariate Studies of Mechanical Properties for Wool and Cotton Fabrics", *Textile Research Journal*, 76(5): 414-425.
9. Sular, V. ve Okur, A., 2008, "Objective Evaluation of Fabric Handle by Simple Measurement Methods", *Textile Research Journal*, 78(10): 856-868.
10. Üreyen, M. E. ve Kadoğlu, H., 2006, "Ring Pamuk İplikleri ile HVI Lif Özellikleri Arasındaki İnteraksiyonlar", *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, Vol.3, p:180-184.
11. Üreyen, M. E. ve Kadoğlu, H., 2008, "Ring Pamuk İplikleri ile AFIS Lif Özellikleri Arasındaki İnteraksiyonlar", *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, Vol.1, p:8-13.
12. Üreyen, M. E. ve Kadoğlu, H., 2006, "Regression Estimation of Ring Cotton Yarn Properties from HVI Fiber Properties", *Textile Research Journal*, 76(5): 360-366.
13. Üreyen, M. E. ve Kadoğlu, H., 2007, "The Prediction of Cotton Ring Yarn Properties from AFIS Fibre Properties by Using Linear Regression Models", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(4): 63-67.
14. Üreyen, M. E. ve 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.
15. Üreyen, M. E. ve 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.

16. Chattopadhyay, R. ve Guha, A., 2004, "Performance of Neural Networks for Predicting Yarn Properties Using Principal Component Analysis", *Journal of Applied Polymer Science*, 91(3): 1746-1751.
17. Cheng, L. ve Adams, D. L., 1995, "Yarn Strength Prediction Using Neural Networks Part I: Fiber Properties and Yarn Strength Relationship", *Textile Research Journal*, 65(9): 495-500.
18. Babay, A. ve ark., 2004, "Selecting The Optimal Neural Network Architecture For Predicting Cotton Yarn Hairness", *The Journal of Textile Institute*, 96(3): 185-192.
19. Majumdar, A. ve ark., 2004, "Prediction of Single Yarn Tenacity of Ring and Rotor Spun Yarns from HVI Results Using Artificial Neural Networks", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol.29, p:157-162.
20. Majumdar, P. K. ve Majumdar, A., 2004, "Predicting the Breaking Elongation of Ring Spun Cotton Yarns Using Mathematical, Statistical and Artificial Neural Network Models", *Textile Research Journal*, 74(7): 652-655.
21. Mwasiagi, J. I. ve ark., 2007, "Predicting Yarn Tensile Strength by use of an Elman Network", *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, New Orleans, Louisiana, 1924-1929.
22. Şengöz, G., 2010, "Application of Data Chart To Yarn Characteristic Values", *The 39th Textile Research Symposium*, New Delhi, India, 8 sayfa.
23. Altunışık, R. ve ark., 2005, "Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri-SPSS Uygulamalı 4. baskı", *Sakarya Kitabevi*, Adapazarı, 212-226.
24. www.ekoist.net/faktor-analizi.
25. Field, A. P., 2005, "Exploratory Factor Analysis", *Discovering Statistics Using SPSS 2nd ed.*, Sage Publications, London, 619-680.
26. Pazarlıoğlu, M. V. ve ark., 1999, "Dokuz Eylül Üniversitesi Öğrencilerinin Yüksek Öğretim Beklenti Değişkenlerinin Faktör Analizi ile İncelenmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2): 97-109.
27. www.fikretgultekin.com/regresyon.
28. Püskülcü, H. ve İkiz, F., 1983, "Değişkenler Arasındaki İlişkiler: Regresyon ve Korelasyon", *İstatistiğe Giriş*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, Bornova, 229-258.
29. www.electroblog.org/yapay-sinir-aglari.
30. www.yapay-sinir-aglari.uzerine.com.
31. Yurtoğlu, H., 2005, "Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği", *Uzmanlık Tezi*, *Devlet Planlama Teşkilatı*, Ankara, 113 sayfa.
32. Yaman, B. ve Ballı, E., 2009, *Otomatik Kontrol 2 Laboratuvarı Ara Proje Raporu*, *Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, İstanbul.
33. www.wikipedia.org.
34. www.omereksi.com/yapay-sinir-aglari.

35. www.members.comu.edu.tr/boraugurlu/courses/bm434/bm434.html.
36. www.bilimbilmek.com/yapay-sinir-aglari.
37. Box, G. E. P. ve Draper, N. R., 1987, "Empirical Model-Building and Response Surfaces", *John Wiley & Sons*, New York, 1-19, 304-322.
38. www.statsoft.com/design-of-experiments.
39. Antony, J., 2003, "Design of Experiments for Engineers and Scientists", *Elsevier Science & Technology Books*, Great Britain, 6-10, 29-43.
40. JMP 8 Design of Experiments Guide 2nd ed., 2009, *Sas Publishing*, Cary, North Carolina, 273 sayfa.
41. www.mathworks.com/design-of-experiments.
42. Montgomery, D. C., 2009, "Design and Analysis of Experiments 7th ed.", *John Wiley & Sons*, New York, 656 sayfa.
43. www.weibull.com/design-of-experiments.
44. Myers, R. H. ve Montgomery, D. C., 2002, "Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments 2nd ed.", *John Wiley & Sons*, New York, 1-16, 321-350.
45. Bradley, N., 2007, "The Response Surface Methodology", Yüksek Lisans Tezi, *Indiana University Institute of Technology*, South Bend, IN, 84 sayfa.
46. Amago, T., 2000, "Response Surface Methodology and Its Application To Automotive Suspension Designs", *Toyota Central R&D Labs., Technology Public Relations Sec., Intellectual Property Div.*, Nagoya, Japan, 32 sayfa.
47. www.itl.nist.gov/design-of-experiments.
48. Ünsal, A. ve Güler, H., 2005, "Türk Bankacılık Sektörünün Lojistik Regresyon ve Diskriminant Analizi ile İncelenmesi", *VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, İstanbul, 16 sayfa.
49. Kaya, A., 1998, "Diskriminant Analizinde Ayırma'nın Gücü ile Faktör Analizinde Kullanılan Kovaryans Matrisi Arasındaki İlişki Üzerine Bir Çalışma", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(1): 203-210.
50. Ünsal, A., 2000, "Diskriminant Analizi ve Uygulaması Üzerine Bir Örnek", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(3): 19-36.
51. Bektaş, S. ve Hıms M. A., 2009, "Emniyet Kemeri Kullanımına Etki Eden Faktörlerin Otomobil Sürücülerine İçin Tahmin Modeli", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1-2): 208-222.
52. Yurtkoru, E. S. ve Sipahi, B., 2003, "Öğretim Üyesi Performans Değerlendirme Kriterinin Cinsiyete Göre Belirlenmesi Üzerine Analitik Bir Çalışma", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(4): 13-37.
53. Yüksel, İ., 2002, "Sürücü Davranışlarının Stres Oluşturucu Değişkenlere Bağlı Olarak Öngörülmesi", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Vol.19, p:173-182.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Soyadı, adı : ARSLAN, Pınar

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 09.11.1987 Uşak

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (276) 227 58 18

e-mail : p1n4r@msn.com

Eğitim:

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet tarihi</u>
Lisans	Uşak Üniversitesi/ Tekstil Mühendisliği Bölümü	2009
Lise	Uşak Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı)	2005

İş Denevimi:

Uşak Üniversitesi 2008 – 2009 Öğretim Yılı Mühendislik Fakültesi “Birincilik Ödülü”

Dülgeroğlu İplik San. ve Tic. A.Ş. (1 Aylık Yaz Pratiği) 2008

Kaynak İplik San. ve Tic. A.Ş. (1 Aylık Yaz Pratiği) 2007

Yabancı Dil:

İngilizce – ÜDS: 76,250 puan Mart 2011

Yayımlar:

Lisans Bitirme Tezi

Bir Pamuk İplik İşletmesinde Hammaddeden Ürüne Kontrollü Ölçümler, Haziran 2009,

Danışman: Yrd.Doç.Dr.N.Gönül ŞENGÖZ