



**T.C.  
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# **TEKSTİL KUMAŞLARINDA YAPAY GÖRME İLE HATA TESPİT UYGULAMASI**

**İbrahim KARATAŞ**

**BURDUR, 2016**

**T.C.  
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEKSTİL KUMAŞLARINDA YAPAY GÖRME İLE  
HATA TESPİT UYGULAMASI**

**İbrahim KARATAŞ**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Devrim D. SOYASLAN**

**BURDUR, 2016**

## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

İbrahim KARATAŞ tarafından Yrd. Doç. Dr. Devrim D. SOYASLAN yönetiminde hazırlanan “Tekstil Kumaşlarında Yapay Görme ile Hata Tespit Uygulaması” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 02/08/2016

**Doç. Dr. Funda Cengiz ÇALLIOĞLU** (Başkan)  
Süleyman Demirel Üniversitesi.....

**Yrd. Doç. Dr. Devrim D. SOYASLAN** (Jüri Üyesi)  
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

**Yrd. Doç. Dr. İsmail KIRBAŞ** (Jüri Üyesi)  
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

### ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun \_\_\_\_\_ Tarih ve \_\_\_\_\_ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

**Yrd. Doç. Dr. İ. İskender SOYASLAN**

Müdür  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Tekstil Kumaşlarında Yapay Görme İle Hata Tespit Uygulaması”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğumu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

02/08/2016



İbrahim KARATAŞ

## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesi ile her aşamamda bana yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Devrim D. SOYASLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Eğitim hayatım boyunca beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamda, yardımlarını esirgemeyen Ekin Biye Konfeksiyon fabrikasına teşekkür ederim. “Tekstil Kumaşlarında Yapay Görme ile Hata Tespit Uygulaması” başlıklı proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

**Ağustos, 2016**

**İbrahim KARATAŞ**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET .....	viii
SUMMARY .....	ix
1. GİRİŞ .....	10
2. GENEL BİLGİLER .....	12
2.1. Temel Örmeye Kumaş Yapıları .....	12
2.1.1. Düz Örgü .....	12
2.1.2. Rib Örgü .....	14
2.1.3. Haroşa Örgü .....	15
2.1.4. İnterlok Örgü .....	16
2.2. Örmeye Kumaş Hataları .....	16
2.2.1. Enine Yönde Çizgi Hatası .....	16
2.2.2. Boyuna Yönünde Çizgi Hatası .....	17
2.2.3. Dokusal Hatalar .....	18
2.2.4. Çekme .....	19
2.2.5. Dönme .....	19
2.2.6. Doku Düşmesi .....	20
2.2.7. İlmek Düşmesi .....	20
2.2.8. Çift İlmek .....	20
2.2.9. Yağ Lekeleri .....	21
2.2.10. Uçuntu .....	21
2.2.11. Kenar Bozuklukları .....	22
2.2.12. Kenar Kıvrılması .....	22
2.2.13. Kaçma .....	22
2.2.14. İlmeklenme .....	23
2.2.15. Boncuklanma .....	23
2.2.16. Elastan İplikle İlgili Problemler .....	23
2.2.17. Kumaşta Kırıklar .....	24
2.3. Kumaş Hatası Tespit Sistemleri .....	24
2.4. Kumaş Hatası Tespit Yaklaşımları .....	25
2.4.1. Yapısal Yaklaşımlar .....	25
2.4.2. İstatistiksel Yaklaşımlar .....	25
2.4.2.1. Histogram Temelli Yaklaşımlar .....	26
2.4.2.2. Eş Oluşum Matrisi Temelli Yaklaşımlar .....	27
2.4.2.3. Oto Korelasyon Temelli Yaklaşımlar .....	28
2.4.2.4. Matematiksel Morfoloji Temelli Yaklaşımlar .....	30
2.4.3. Spektral Yaklaşımlar .....	31
2.4.3.1. Dalgacık Dönüşümü Temelli Yaklaşım .....	31
2.4.3.2. Fourier Dönüşümü Temelli Yaklaşım .....	32
2.4.3.3. Gabor Dönüşümü Temelli Yaklaşım .....	33

2.4.3.4. Filtre Temelli Yaklaşım.....	34
2.4.4. Model Tabanlı Yaklaşımlar.....	35
2.4.4.1. Autoregressive Modeli.....	36
2.4.4.1. Gaus Markov Rastgele Alan Modeli.....	36
2.4.5. Öğrenme Yaklaşımı.....	37
2.4.6. Melez Yaklaşımlar.....	38
2.5. Yapay Görme Sistemlerinin Avantajları.....	39
2.6. Yapay Görme Sistemleri Uygulama Alanları.....	39
2.7. Yapay Görme Sistemlerinin Bileşenleri.....	42
2.7.1. Işıklandırma.....	43
2.7.2. Görüntü Alma.....	44
2.7.3. Görüntü İşleme.....	44
2.8. Görüntü Analizi.....	45
2.8.1. Nesne Tanıma.....	45
2.8.2. Şablon.....	46
2.8.3. Tarama Yöntemleri.....	46
2.8.3.1. Konvolüsyon Tekniği.....	46
2.8.3.2. Korelasyon Tekniği.....	46
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	47
3.1. Materyal.....	47
3.2. Aletler ve Cihazlar.....	49
3.2.1. Arduino Nano Devre Kartı Donanım Yapısı.....	49
3.2.2. TSL201R Optik Çizgi Sensörü.....	50
3.3. Yöntem.....	53
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	58
5. SONUÇ.....	64
KAYNAKLAR.....	66
EKLER.....	71
Yazılımlar.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	73

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Yapay görme otomasyon sistemi .....	10
Şekil 2.1: Örme kumaş yapısı sıra ve may .....	12
Şekil 2.2. Düz örgü yapısı .....	13
Şekil 2.3. Yuvarlak örme makinası temel bileşenleri.....	14
Şekil 2.4. Rib örgü Yapısı .....	14
Şekil 2.5. Haroşa örgü yapısı.....	15
Şekil 2.6. İnterlok örgü yapısı .....	16
Şekil 2.7. Enine yönde gerginlik hatası.....	17
Şekil 2.8. Boyuna yönde yağ lekesi .....	17
Şekil 2.9. Boyuna yönde may kaçığı hatası .....	18
Şekil 2.10. Kumaşta patlak hatası .....	18
Şekil 2.11. May dönmesi hatası (a-Şematik görünümü, b-Kumaş üzerindeki görünümü) .	19
Şekil 2.12. Kumaş yüzeyindeki doku düşmesi hatası .....	20
Şekil 2.13. İplik ve kumaş üzerindeki uçuntu hatası.....	21
Şekil 2.14. Kumaş yüzeyinde meydana gelen ilmek kaçığı hatası.....	23
Şekil 2.15. Kumaş hatası tespit sistemleri (I-İnsan odaklı, II-Makine odaklı).....	24
Şekil 2.16. Hatalı ve hatasız kumaşın bir piksel değeri için oto korelasyon değeri.....	29
Şekil 2.17. Gabor dönüşüm temelli yaklaşım filtre kümesi .....	34
Şekil 2.18. Yapay görme sistemi bileşenleri .....	43
Şekil 2.19. Histogram oluşumları.....	45
Şekil 3.1. Havlı kumaşa ait a) ön yüz ve b) arka yüz görüntüleri .....	48
Şekil 3.2. Havlı örme kumaş görüntüsü .....	49
Şekil 3.3. Arduino nano (a-Ön yüzü, b-Arka yüzü) .....	50
Şekil 3.4. Tsl201r optik çizgi sensörü yapısı.....	51
Şekil 3.5. Tsl201r duyarlılık ve direnç grafiği .....	53
Şekil 3.6. Hata tespit sistemi uygulaması kullanıcı arayüzü .....	53
Şekil 3.7. Arduino Nano ve TSL201R optik çizgi sensörünün board üzerine entegrasyonu.....	54
Şekil 3.8. Arduino nano ve TSL201R .....	54
Şekil 3.9. Optik çizgi sensörü çalışma uzaklık verileri (Taos).....	55



<b>Şekil 3.10.</b> Hata tespit cihazının uygulaması.....	56
<b>Şekil 4.1.</b> Örme kumaştaki hata görüntüleri ve histogramları.....	59
<b>Şekil 4.2.</b> İlmek düşmesi hatası kumaş görüntüsü ve histogramı .....	60
<b>Şekil 4.3.</b> Uçuntu hatası ve histogramları .....	60
<b>Şekil 4.4.</b> Yağ lekesi hatası kumaş görüntüsü ve histogramı .....	61
<b>Şekil 4.5.</b> Enine yönde çizgi hatası ve histogramı.....	61
<b>Şekil 4.6.</b> Patlak hatası ve histogramı.....	62
<b>Şekil 4.7.</b> Boncuklanma hatası ve histogramı .....	62
<b>Şekil 4.8.</b> Çalışmalara ait hata histogram grafikleri .....	63

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 2.1.</b> İstatistiksel yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri .....	26
<b>Tablo 2.2.</b> Histogram temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar .....	26
<b>Tablo 2.3.</b> Gri seviye eş oluşum matrisi temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar .....	28
<b>Tablo 2.4.</b> Oto korelasyon temelli yaklaşımı kullanılan çalışmalar .....	29
<b>Tablo 2.5.</b> Matematiksel morfoloji yaklaşımı kullanılan çalışmalar .....	30
<b>Tablo 2.6.</b> Spektral yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri .....	31
<b>Tablo 2.7.</b> Dalgacık dönüşümü yaklaşımı kullanılan çalışmalar .....	32
<b>Tablo 2.8.</b> Fourier dönüşüm yaklaşımı kullanılan çalışmalar .....	33
<b>Tablo 2.9.</b> Gabor filtre dönüşüm temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar .....	34
<b>Tablo 2.10.</b> Filtre temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar .....	35
<b>Tablo 2.11.</b> Model tabanlı öğrenme yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri .....	36
<b>Tablo 2.12.</b> Autoregressive model tabanlı yaklaşım kullanılan çalışmalar .....	36
<b>Tablo 2.13.</b> Gaus Markov Rastgele Alan modeli yaklaşımı kullanılan çalışmalar .....	37
<b>Tablo 2.14.</b> Öğrenme yaklaşımı kullanılan çalışmalar .....	38
<b>Tablo 2.15.</b> Melez yaklaşımı kullanılan çalışmalar .....	39
<b>Tablo 3.1.</b> Arduino nano teknik özellikleri .....	50
<b>Tablo 3.2.</b> TSL201R optik çizgi sensörü terminal fonksiyonları .....	51
<b>Tablo 3.3.</b> TSL201R optik çizgi sensörü çalışma koşulları .....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b><math>E_e</math></b>	: Parlama olduğu andaki değer ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
<b>Fps</b>	: Frames Per Second
<b>G</b>	: Görüntüde oluşan farklı piksel sayıları
<b>Gmra</b>	: Gaus Markov rastgele alan modeli
<b>N</b>	: Toplam örnek sayısı
<b>n</b>	: Görüntüdeki toplam piksel sayısı
<b><math>n_k</math></b>	: Görüntüye ait gri seviye değerine ait piksel sayısı
<b>Ocr</b>	: Optik karakter tanımlama
<b>Pcb</b>	: Baskılı devre tasarımı
<b>p</b>	: Normalize edilmiş eş oluşum matrisi
<b><math>R_e</math></b>	: Verilen ışığın dalga boyu için aygıt duyarlılığı ( $\text{V}/(\mu\text{J}/\text{cm}^2)$ )
<b>r</b>	: Oto korelasyon değeri
<b><math>T_{\text{int}}</math></b>	: Entegrasyon süresi (saniye)
<b><math>\mu_x, \mu_y</math></b>	: Matrisin ortalaması
<b><math>\sigma_x, \sigma_y</math></b>	: Matrisin standart sapma değeri
<b><math>\tau</math></b>	: Zamandaki kayma değeri
<b>t</b>	: Zaman
<b><math>r_k</math></b>	: Gri ton değeri
<b><math>\lambda</math></b>	: Dalga boyu
<b><math>\eta</math></b>	: Verim
<b>X</b>	: Normalize edilmiş sinyal verileri
<b><math>V_{\text{drk}}</math></b>	: Karanlık durum için analog çıkış voltajı
<b><math>V_{\text{out}}</math></b>	: Beyaz durum için analog çıkış voltajı
<b>Ysa</b>	: Yapay sinir ağları

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tekstil Kumaşlarında Yapay Görme İle Hata Tespit Uygulaması**

**İbrahim Karataş**

**Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Devrim D. Soyaslan**

**Ağustos, 2016**

Bu tez çalışmasında; Arduino nano ve TSL201R optik çizgi sensörü kullanılarak bir hata tespit cihazı geliştirilmesi ve bu cihazın oto korelasyon yöntemi ile havlı örme kumaş üzerinde bulunan ilmek düşmesi, uçuntu, yağ lekesi, enine yönde çizgi, boncuklanma ve patlak hatalarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, hata tespit cihazından elde edilen hatalı ve hatasız kumaş görüntüleri; tez kapsamında java programlama dili kullanılarak yazılan bir programla histogramlara dönüştürülmüştür.

Çalışma sonucunda; uçuntu, boncuklanma ve enine yönde çizgi hataları birbirleri ile benzer histogram grafikleri vermişlerdir. Böylece; geliştirilen cihazın bu hata tiplerine yönelik olarak istenilen ayırt edilebilirlik ölçüsünde yeterli olmadığı ve bu hataların tespiti için mikro boyutlarda inceleme gerektiği sonucuna varılmıştır. İlmek düşmesi, yağ lekesi ve patlak hataları ile ilgili olarak ise; birbirlerinden farklı ve tipik histogram grafikleri elde edilmiş ve geliştirilen cihazın bu hata tipleri için istenilen ayırt edilebilirlik ölçüsünde yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay görme, arduino, tekstil, hata tespiti, kumaş

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi tarafından 0376-YL-16 proje numarası ile desteklenmiştir.

# **SUMMARY**

**M. Sc. Thesis**

**Defect Detection With Machine Vision Applications in Textile Fabrics**

**İbrahim Karataş**

**Mehmet Akif Ersoy University**

**Institute of Science and Technology**

**Master of Science Program in Engineering in Material Technologies**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Devrim D. Soyaslan**

**August, 2016**

In this study, it has been aimed to develop an error detection device by using Arduino Nano and TSL201 optical line sensor, and to determine stitch drop, fly generation, oil stains, lines in the transverse direction, pilling and crack errors by the auto correlation method in this device

In the study, defective and defect-free fabric images obtained from the error detection device has been converted into the histograms via a program written in the Java programming language.

In conclusion; fly generation, pilling and lines in the transverse direction errors have given identical histogram images with each other. Thus; it has been concluded that these types of errors require micro-analysis and the device developed does not efficient enough to distinguish them. Regarding stitch drop, oil stains and crack errors, it has been obtained different and typical histogram graphics from each other and has been concluded that the device developed is efficient enough to distinguish these types of errors at desired level.

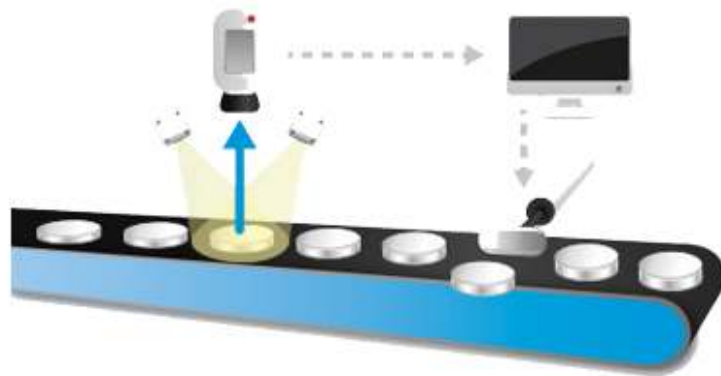
**Keywords:** Machine vision, arduino, textile, defect detection, fabric

The present M.Sc. Thesis was supported by Mehmet Akif Ersoy University Under the Project number of 0376-YL-16

## 1. GİRİŞ

Robotik biliminin gelişimi 1940'lı yıllara kadar dayanmaktadır. Robotik bilimi sayesinde benzer bilim dalı içerisinde yer alan bilgisayar bilimleri ve teknolojisi de yüksek bir gelişim ivmesi ile günümüze kadar farklı teknoloji ve cihazları beraberinde getirmiştir. İnsana ait özelliklerin makine ve bilgisayarlara aktarılması ya da benzetilmesi işlemleri robotik teknolojileri ve bilgisayar bilimlerini geliştirmiş ve bu alanda önemli çalışmaların yapılmasını sağlamıştır. İnsan gözüne benzer yapılar ile makine görmesi terimi ortaya çıkmış ve bilgisayarların da donanımsal ve yazılımsal araçlar ile nesnelere algılayabilmesi ya da ayırt edebilmesi sağlanmıştır. Bilgisayar tarafından kontrol edilebilen sistemler farklı yaklaşımlar ve yöntemler ile gelişme göstererek ilerlemiş ve günümüzde mikro boyutlarda olan, insan gözü tarafından ayırt edilemeyecek güçlükteki nesnelere bilgisayarlar ve makinalar aracılığı ile kontrol edilebilmektedir. Bu sistemlerin gelişmesi ile birlikte yapay görme sistemleri makine sistemleri ile bütünleşik bir yapı haline gelmiş durumdadır.

Günümüzde yapay görme uygulamaları; kalite kontrol, etiket denetimi, barkod okuma, üç boyutlu modelleme, tıbbi şişe denetimi, paketleme işlemleri, güneş paneli hücrelerinin denetimi, ürün seri numara kontrolü ve üç boyutlu yüzey ölçümü gibi farklı sektörlerde farklı işlemler için yaygın olarak kullanılmaktadır.



**Şekil 1.1.**Yapay görme otomasyon sistemi

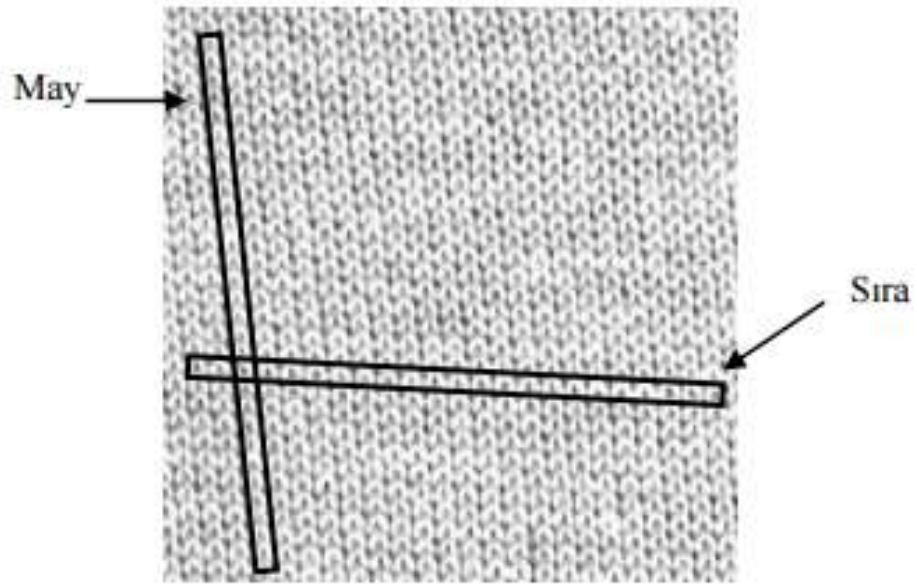
Yapay görme sistemleri, belirli bir algoritma ve donanım kullanılarak uygulandıkları için yüksek performans ve güvenilirlik değerine sahiptirler. Bu nedenle insan

odaklı denetim sistemleri daha az tercih edilmektedir. Fakat yapay görme sistemlerinin kullanıcılar için maliyetleri de oldukça fazladır. Bu nedenle her endüstriyel kuruluş, yapay görme teknolojilerinden tam anlamıyla faydalanamamakta ve klasik yöntemler ile faaliyetlerini sürdürmektedirler. Yapay görme sistemleri ile ürün kalitesi arttırılmakta, üretim sırasında meydana gelen hatalar en aza indirilerek maliyet azaltılmakta ve kalite kontrol işlemi için ek bir personele ihtiyaç duyulmamakta dolayısıyla personel giderleri de azaltılmaktadır. Tüm bu etmenler dikkate alındığında yapay görme sistemlerinin daha endüstriyel kuruluşlarca daha yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. Yapay görme sistemleri alanında yapılacak olan çalışmalar bu sistemlerin daha da gelişmesine ve herkesin kolaylıkla ulaşabilmesine olanak tanıyacaktır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Temel Örme Kumaş Yapıları

Örme kumaş yapıları ilmeklerden meydana gelmektedir. Kumaşlarda ilmeklerin boyuna yönde dizilmesi ile oluşan yapılara “may”, enine yönde dizilen yapılara ise “sıra” adı verilmektedir. Şekil 2.1’de sıra ve may yapıları gösterilmiştir (Atmaca, 2005).



Şekil 2.1. Örme kumaş yapısı sıra ve may (Atmaca, 2005)

Örme kumaşlar, atkılı ve çözümlü olmak üzere iki farklı teknikle üretilebilirler. Bu çalışmada atkılı örme temel yapıları anlatılmıştır

#### 2.1.1. Düz Örgü

Düz örgüler tek yataklı makinalar ile ya da çift yataklı makinaların tek yatağı kullanılarak elde edilen basit bir örgü tipidir. RL örgü, single jersey veya süprem adı da kullanılmaktadır. Kazaklarda, ince bayan çoraplarında ve de tişörtlerde düz örgü tipi örme kullanılmaktadır. Yuvarlak örme makinalarında üretimi gerçekleştirilen düz örgülere süprem adı verilmektedir. Şekil 2.2’de düz örgünün ön yataklarda oluşturulması şekli verilmiştir.



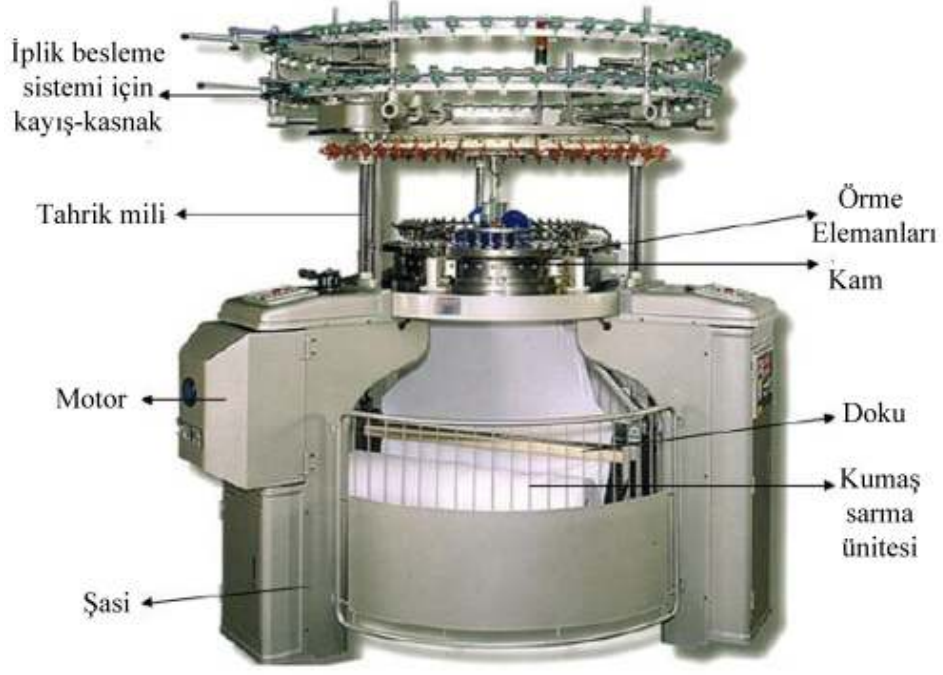


**Şekil 2.2.** Düz örgü yapısı (Bayazıt, 1999)

Düz örgüyü oluşturan ilmekler çok kolay deforme olabilmektedir. Çok küçük kuvvetlerin uygulanması ile boyuna ve enine yönde uzamalar meydana gelebilmektedir. İlmeklerdeki bozukluklar ise örgü şeklinde değişikliklere yol açmaktadır.

Düz örgülere boyuna yönde bir kuvvet uygulandığında kumaşın normal boyunun yarısı kadar uzama gerçekleşirken, enine yönde uygulanan bir kuvvet ile kumaşın normal genişliğinin iki katı genişleme meydana gelmektedir. Örne kumaşlara uygulanan kuvvet ortadan kalktığı zamanda ise kumaş üzerindeki gerilimin minimum olduğu şekle dönecektir. Örne kumaşlarda düşen ya da bozulan bir ilmek, o çubukta yer alan diğer ilmeklerin de bozulmasına neden olmaktadır.

Örne kumaşların ön ve arka yüzlerinin birbirinden farklı olması nedeni ile dengesiz bir yapıya sahiptir. Serbest bırakıldığı zaman kenarlarında kıvrılmalar görülmektedir. Bunun nedeni ise kumaş içerisinde dengelenemeyen kuvvetler kumaş kenarlarında kıvrılma momenti oluşturmaktadır. Bu nedenle kıvrılmalar konfeksiyon aşamalarında birçok problem oluşturmaktadır.

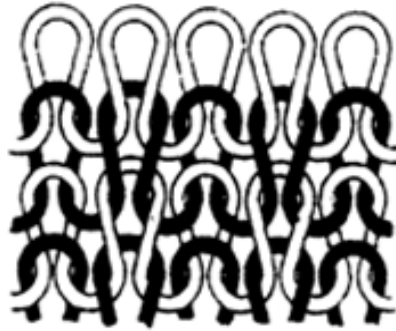


Şekil 2.3. Yuvarlak örme makinası temel bileşenleri (Atmaca, 2005)

Şekil 2.3'te yuvarlak örme makinası gösterilmiştir. 90 sıra iplik besleme ünitesine sahip olan yuvarlak örme makinalarında 1 dakikada 20 devir/dakika hız ile çalışırken 1800 sıra kumaş örülmüş olur (Atmaca, 2005).

### 2.1.2. Rib Örgü

Lastik ya da RR örgü olarak bilinen rib örgüler; iç çamaşırlarda, kazaklarda kol kenarlarında ya da etek yakalarında, vücudu saran stretch giysilerin üretiminde kullanılmaktadır. Rib örgü kumaşlar enine yönde yüksek elastikiyete sahip yapılardır. Şekil 2.4'te rib örgü kumaş şekli verilmiştir.



Şekil 2.4. Rib örgü yapısı (Bayazıt, 1999)

Rib örgü kumaşlar iki iğne sırası ile birlikte üretildiğinden dolayı sadece çift yataklı örme makinalarında örülebilmektedir. Rib örgülerin ön ve arka yüzlerinde ters ve düz ilmeklerden oluşan çubuklar bulunmaktadır. Oluşan bu çubukların genişliği örgüye ait rapora bağlı olarak değişebilir.

Tüm rib örgü kumaşlar yapılarından kaynaklı olarak yüksek elastikiyete sahiptirler. Dengeli rib örgü kumaşlarda arka yüz ve ön yüz aynı görünüme sahiptir. Bu nedenle de kumaş kenarlarında kıvrılma olmaz. Dengesiz örgülerde ise iki yüzün görünüşü birbirinden farklı olduğu için kıvrılmalar meydana gelmektedir.

### 2.1.3. Haroşa Örgü

Links-links örgü ya da LL örgü olarak bilinmektedir. Haroşa örgülerin bazı sıraları ters ilmeklerle oluşurken bazı sıraları düz ilmeklerden oluşmaktadır. Şekil 2.5'te haroşa örgü kumaş şekli verilmiştir.



Şekil 2.5. Haroşa örgü yapısı (Bayazıt, 1999)

Haroşa örgü kumaşlarda her çubukta hem ters hem de düz ilmekler bulunmaktadır. Sıralarda ise; sadece ters, sadece düz ya da her ikisi de karışık olarak yer alabilmektedir. Haroşa örgülerin boyuna yönde elastikiyet özellikleri oldukça yüksektir.

Ters ve düz ilmeklerin düzenlenmesine bağlı olarak, haroşa örgülerde kenar kıvrılmaları genellikle bulunmaz. Ön ve arka yüz görünüşleri birbirinden farklı olan haroşa örgü kumaş yapılarında kıvrılmalar meydana gelebilir. Yumuşak ve hacimli yapısı nedeni ile bu örgü türü, kalın kazakların imalatında, bebek ve çocuk giysilerin üretiminde kullanılmaktadır.

#### 2.1.4. İnterlok Örgü

Çift yataklı yuvarlak örme makinalarında üretilmekte olan İnterlok örgü kumaşları, iki ayrı rib yapısının birbiri içerisine geçmesi ile oluşmaktadır. Kumaşlardan birine ait düz ilmek çubuğu diğer kumaşın ters ilmek çubuğu ile tam karşılıklı yer almaktadır. Şekil 2.6'da İnterlok örgü kumaş yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2.6. İnterlok örgü yapısı (Bayazıt, 1999)

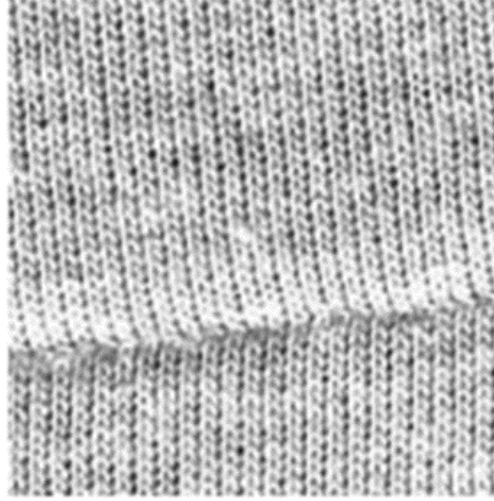
İnterlok örgü kumaşlar, eşofman ve iç çamaşırı üretiminde kullanılmaktadır. İnterlok kumaşlar dengeli bir yapıya sahip oldukları için kenar kıvrılmaları görülmemektedir. Rib örgü kumaşları ile karşılaştırıldığında enine yönde daralma eğilimi rib örgülerin yarısı kadardır.

#### 2.2. Örme Kumaş Hataları

Bu çalışmada, en sık rastlanılan örme kumaş hataları açıklanmıştır.

##### 2.2.1. Enine Yönde Çizgi Hatası

Enine yönde oluşan hatalar kumaşlarda sıra adı verilen yapılarda meydana gelen hata türleridir. Enine yönde hata türünün meydana gelmesinde ki en büyük iki nedenden biri, farklı hammaddeden üretilmiş ipliklerin ya da farklı numaralara sahip ipliklerin kullanılmasıdır. Bu hata türünün nedenini iplikler oluşturmaktadır. Diğer neden ise, makinalardır. Makinanın eskimesi, aşınması ya da ayar bozuklukları ipliklerdeki beslemelerin normalden farklı gerginlikte oluşmasına neden olmakta ve böylece hatalı kumaşlar ortaya çıkmaktadır. Enine yönde hatalar Şekil 2.7'de gösterildiği gibi ipin beslenen sırasında diğer sıralara göre yatay yönlü kayma meydana gelmektedir.



**Şekil 2.7.** Enine yönde gerginlik hatası (Atmaca, 2005)

### **2.2.2. Boyuna Yönünde Çizgi Hatası**

Boyuna yönde oluşan hatalar kumaşlarda may adı verilen yapılarda meydana gelen hata türleridir. Örme kumaşlarda makinadan kaynaklı olarak kumaşlardaki may yapılarının oluşturmada belirli bir iğne kullanılmaktadır. Bu hatalar kullanılan iğnelerden ya da iğnenin hareketini sağlayan kam sisteminde meydana gelebilecek aşınmalardan kaynaklanabilir. Bu aşınmalar iğnenin oluşturduğu maydan itibaren boyuna yönde bir hataya sebep olur. Boyuna yönde hataya sebep olan bir başka neden ise; örme makinasının yüksek hızda çalışmasını sağlamak için sürtünmeyi azaltıcı yağların kullanılmasıdır. Örülen kumaşa bulaşan yağlar da boyuna yönde hatalara neden olmaktadır. Şekil 2.8’de boyuna yönde gerçekleşen yağdan kaynaklı hata türü görülmektedir.



**Şekil 2.8.** Boyuna yönde yağ lekesi

Bir diğer hata t¼r¼ may kaçığı olarak bilinmektedir. Bu hata t¼r¼ iğneden kaynaklanmaktadır. İğnenin taşımış olduğu ilmeği herhangi bir nedenle bırakmasından kaynaklanır. şekil 2.9’da may kaçığı olarak bilinen hata t¼r¼ g¼r¼lmektedir. Bu hata, kumaşta boyuna y¼nde bir boşluk olarak g¼r¼l¼r.



**şekil 2.9.** Boyuna y¼nde may kaçığı hatası (Atmaca, 2005)

### 2.2.3. Dokusal Hatalar

Dokusal hataların başlıca t¼r¼leri, delik ya da patlaklardır. Bu hataların oluşmasında iğne ve platinler etkindir. şekil 2.10’da dokusal hata t¼r¼ne ¼rnek olarak kumaşta patlak hatası g¼r¼lmektedir.



**şekil 2.10.** Kumaşta patlak hatası (Atmaca, 2005)

#### 2.2.4. Çekme

Örgü kumaşların boyutlarında, kullanım sırasında özellikle de ilk yıkama işleminden sonra meydana gelen değişimdir. Örne kumaş ürününün boyutlarında enine ve boyuna yönde küçülme gerçekleştiği için çekme adı verilmiştir (Sezer, 2005).

Kaliteli bir üretimin gerçekleşebilmesi için örme işlemi sonrasında ürünün boyutlarının korunması gerekmektedir. Bu hataya; örme makinaları, örme işlemi sonrası uygunsuz depolama işlemleri, aşırı en daralması ve aşırı boy kısalması gibi etkenler neden olmaktadır.

#### 2.2.5. Dönme

Örgü yapıları içerisindeki ilmek çubuk ve sıraların birbirine 90°'lik açılar ile dik olması gerekmektedir. Fakat may dönmesi de denilen ve dengesiz örgü yapılarında görülen örgü dönmesi sebebiyle düzgün örme kumaş yapısında bozulmalar görülebilmektedir. Dikdörtgen şeklinde örülen bir kumaş parçası dönme işleminden sonra paralelkenar şeklini alır. Şekil 2.11'de may dönmesi şematik görünüm ve kumaş üzerindeki görüntüsü verilmiştir.



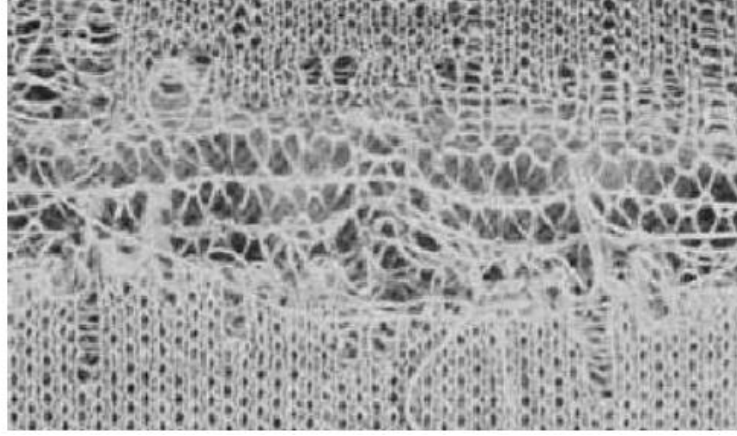
Şekil 2.11. May dönmesi hatası (a-Şematik görünümü, b-Kumaş üzerindeki görünümü) (Megep, 2008)

May dönmeleri iki nedenden kaynaklanmaktadır. Bunlar; ipliklerden kaynaklı hatalar ve makinadan kaynaklı hatalar olmak üzere iki çeşittir. İplikten kaynaklı hatalar; ipliğin bükülme eğiliminden, yuvarlak örme makinası sisteminden ve örme yönünden kaynaklanmaktadır. Makinadan kaynaklı hatalarda ise örgü işlemi yapılan kumaş örme

işlemi sonrası aşağıya doğru dönerek çekilmektedir. Bu işlem sonrası örgü kumaşlarda may dönmesi adı verilen hata meydana gelebilmektedir.

### 2.2.6. Doku Düşmesi

Yatay may kaçıkları; yuvarlak örme makinalarında uzun mesafede bulunan iğneler üzerindeki ilmeklerin iğnelere kurtulup boşalması sonucunda meydana gelmektedir. Şekil 2.12’de doku düşmesinin kumaş görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.12. Kumaş yüzeyindeki doku düşmesi hatası (Megep, 2011)

### 2.2.7. İlmek Düşmesi

İlmek düşmeleri iğnelerin kırık ya da dillerinin bozuk olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle jakarlı yapılara sahip kumaşlarda iplik geriliminin yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle uygun iplik gerilimi seçilmelidir. İlmek düşmesinin nedenleri; iplik kılavuzunun doğru olarak ayarlanmamış olması, kumaş çekiminin yeterli olmaması, makine hızının çok yüksek olması, iğne dili açıcıların iğne uçlarında bozulmalara neden olması, ipliklerin bazı yerlere takılı kalması olarak sıralanabilir.

### 2.2.8. Çift İlmek

Örme kumaş endüstrisinde; üretim sırasında iplikte bulunan yağın ya da parafinin az olmasından dolayı, ilmeği iğne dili üzerinden aşarak iğnenin üzerinde kalması sonucu çift ilmek hatası meydana gelmektedir. Bu aşamada ipliğin gerilimi ve parafin durumunun kontrol edilmesi gerekmektedir. İplik dilinin kırık ya da sıkışık olması, silindir kapak yüksekliğinin fazla olması, gerilimin ayarsız olması, kilit düzeneklerinin ayarlanmaması ve



sıklığın çok yüksek olması gibi nedenlerden dolayı çift ilmek hataları meydana gelebilmektedir.

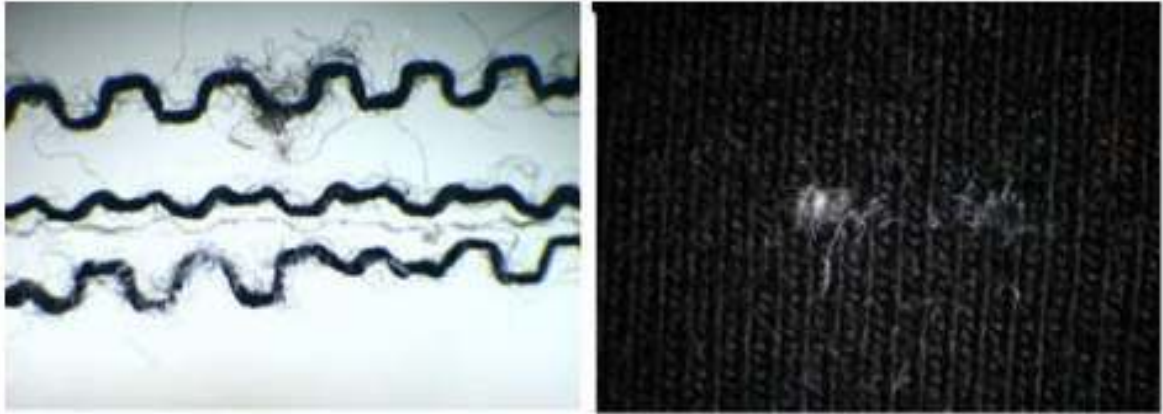
### 2.2.9. Yağ Lekeleri

Örme kumaşların üretimi esnasında, makinaların düzenli olarak yağlanması gerekmektedir. Makinalarda fazla yağlama işlemi yapılan parçalarda, yağlar birikmekte ve giysi ya da kumaş üzerinde lekeler neden olmaktadır. Boyuna yönde yağ lekesi makinadan kaynaklanırken enine yönde yağ lekesi ise kumaştan kaynaklanmaktadır.

Yağlama sistemlerinin düzenli olarak kontrol edilmesi, yağlamanın sürekli ve minimum düzeylerde olmasının sağlanması, makine temizliğinin yapılması ile yağ lekesi hataları önlenebilmektedir.

### 2.2.10. Uçuntu

Uçuntu hatası, ilmeğe karışmış lif birikintilerinin kumaş içerisinde kalınlık meydana getirmesi şeklinde oluşmaktadır. Şekil 2.13’de uçuntu şekli ve kumaş üzerindeki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 2.13. İplik ve kumaş üzerindeki uçuntu hatası (Megep, 2011)

Uçuntu hataları; doğal liflerde hammaddeden kaynaklı koyu renkli kalıntılardan veya eğirme işlemi esnasında örme işletmesinin havasında bulunan ve iğne üzerine ya da iplik üzerine düşen uçuntulardan meydana gelmektedir. İplik üretim bölgesinin temiz tutulması ve örme işleminin yapıldığı yerin sık sık uçuntulardan temizlenmesi ile bu hata türü önlenebilmektedir.

### **2.2.11. Kenar Bozuklukları**

Kumaşlarda yan, üst ve alt kenarlarda görülen kıvrılmalar. Düz örme makinalarında karşılaşılan bir hata türüdür. İplik gerilimlerinin yeterli olmaması, iplik kılavuz freni ile son iğne arasındaki mesafenin fazla olması, kilitlerin temizliği ve doku çekiminin çok düşük olması nedenlerinden dolayı kenar bozuklukları hataları meydana gelmektedir. En uygun iplik gerilimin ayarlanması, uygun kılavuz ve iğne mesafesinin ayarlanması ve kumaş çekiminin artırılması işlemleri ile bu hata türü engellenebilmektedir.

### **2.2.12. Kenar Kıvrılması**

Düz örgü yapısına sahip dengesiz kumaş yapılarında görülen bir hata türüdür. Düz örme makinasında elde edilen ya da yuvarlak örme makinasında tüp halinde elde edilen ve kesilerek açık hale getirilen kumaşın kenarlarında kıvrılmalar meydana gelmektedir. Kumaşın ön yüzünden bakıldığında üst ve alt kenarlarda ön yüze doğru, sağ ve sol kenarlarda arka yüze doğru kıvrılmalar görülür. Tekstil endüstrisinde büyük sorunlara neden olan bu problemler; kumaş kenarlarına termofikse ile yapışkan madde aplike ederek, bant yapıştırıp dikim işlemi yaparak ve kenar kıvrılmalarını önleyici spreyleyler kullanarak önlenmektedir.

### **2.2.13. Kaçma**

Kumaş hataları arasında en fazla görülen hata türüdür. Kumaşın herhangi bir zorlanma sonucu ilmeği meydana getiren ipliğin kopmasından kaynaklı olarak enine yönde ya da boyuna yönde arka arkaya meydana gelen hatalardır. Örgü kumaşta; iğne ilmeğini oluşturan iplikte kopma meydana gelirse kaçma aşağı yönde, platin ilmeği oluşturan ipliğin kopması ile de kaçma boyuna yönde ilerler. Bu hata türü özellikle de bayan çoraplarında çok sık görülmektedir. Bu hatanın oluşmaması, pürüzlü ya da çıkıntılı yüzeyler ile kumaş üzerine temasın kesilmesi ile önlenmektedir. Şekil 2.14'de ilmek kaçığı hatası görülmektedir.



**Şekil 2.14.** Kumaş yüzeyinde meydana gelen ilmek kaçığı hatası (Megep, 2011)

#### **2.2.14. İlmeklenme**

İlmeklenme hatası; bazı farklı nedenlerle kumaş yüzeyindeki bir ilmeğin kumaş düzlemi dışına çekilmesi sonucu bir iplik halkasının meydana gelmesidir. Bu hata ile tüm sıradaki ilmeklerden iplik çekileceği için o sıranın yapısı ve görünüşünde de bozulmalar olacaktır. Bu hata türünü önlemek için; kalın flamanlı elastikiyeti düşük ve yüksek bükümlü iplikler kullanılmalı ve pürüzlü yüzeylerle temastan kaçınılmalıdır.

#### **2.2.15. Boncuklanma**

Boncuklanma hatası; kumaş yüzeylerinin yıkama ve giyme esnasında oluşan sürtünme sonucu, kumaş yüzeylerinde bir ya da daha fazla lifte tutunmuş küçük lif yumaklarının oluşması sonucu meydana gelmektedir. Boncuklanma hatası sadece yüzeyde gerçekleşen bir hata türü değildir. Boncuklanma sırasında iplik yapısından lifler ayrıldığı için kumaşın ömrü de kısalmaktadır. Bu nedenle dokuma kumaşlara göre örme kumaşlar daha kısa ömürlü olurlar. Boncuklanma, iplik özelliklerine ve örgü yüzey özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Boncuklanma hatasını azaltmak için; büküm katsayısını artırmak, kalın iplik kullanmak, daha az tüye sahip iplikler tercih etmek, katlı iplik kullanmak ve tamamen tek cinsten oluşan iplikler kullanmak gereklidir.

#### **2.2.16. Elastan İplikle İlgili Problemler**

Günümüzde enine ve boyuna yönlere elastikiyeti arttırmak, ayrıca giyim sırasında meydana gelen deformasyonları önlemek ve vücudu saran giysiler üretmek amacı ile örme kumaşlarda elastan iplik kullanımı artmaktadır. Çoraplarda, kazakların yaka, kol ve bel lastiklerinde, çeşitli iç ya da dış giysilerde kaplanmış elastan kullanılırken, hafif kumaşlarda ve spor giysilerde ise yalın elastan kullanılmaktadır. Elastan ipliğin gerginlik

ayarına çok dikkat edilmelidir. Çok gergin bir iplik, kumaşta büzülmelere ve dalgalanmalara yol açabilir. Tam tersi bir durumda ise elestan, kumaş yüzeyinde görülür ve istenilen elastikiyet sağlanamaz.

### 2.2.17. Kumaşta Kırıklar

Örme kumaş kırılmaları, terbiye işlemi esnasında oluşan bir hata türüdür. Özellikle de ağır kumaşların halat şeklinde terbiye işlemi gerçekleştirilirken bazı bölgelerin katlanması sonucu oluşmaktadır. Bu gibi kumaşlar terbiye işlemi esnasında fikse olabilmekte ve bu bölgelerdeki boya alma miktarı diğer bölgelere göre daha farklı olacağından bitmiş kumaşta dalgalı ya da çizgili bir görüntü oluşabilmektedir. Bu hataları önlemek için; kumaşın terbiye işlemi sırasında hortum şişirici sistemlerin kullanılması, kırık önleyici maddelerin kullanılması ve flotte oranının artırılması gerekmektedir.

### 2.3. Kumaş Hatası Tespit Sistemleri

Kumaşlarda meydana gelen hatalar; genel olarak iplik problemlerinden, makine kaynaklı hatalardan, aşırı germe ve kötü sonlandırma gibi işlemlerden kaynaklanmaktadır. Kalite standartları bakımından incelendiğinde, kumaşın bölgesel olarak doku düzensizliği ve yüzeysel renk değişimi bakımından hatalar iki farklı şekilde gruplanmaktadır (Mahajan vd., 2009). Kumaş hatası tespit işlemi, kumaşların yüzeylerinde bulunan hataların konumunu, türünü ve boyutunu belirleme işlemidir. Kumaş hatası tespit işlemleri çevrimiçi ve çevrimdışı olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir (Kumar, 2008).

Kumaş hata tespit işlemlerinde insan ve makine odaklı sistemler kullanılmaktadır. Her iki sistemin de avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Şekil 2.15’de makine ve insan odaklı kumaş hata tespit sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Kumaş hatası tespit sistemleri (I-İnsan odaklı, II-Makine odaklı)

## **2.4. Kumaş Hatası Tespit Yaklaşımları**

Kumaş hatası tespit uygulamaları için önerilen yaklaşımlar genel olarak yedi ana başlık altında toplanmaktadır. Bu yaklaşımlar; istatistiksel, model tabanlı, yapısal, spektral, karşılaştırma, öğrenme ve melez yaklaşımlardır. Bazı yaklaşımlar kendi içerisinde de alt başlıklara ayrılarak gruplanmıştır.

### **2.4.1. Yapısal Yaklaşımlar**

Yapısal yaklaşımlar kumaş yüzeyinde tekrar eden en küçük birimleri inceleyen yaklaşımdır. Yapısal yaklaşıma göre kumaşların genel doku örüntüsünü elde etmek için basit doku yapılarının birleşmesi gereklidir ve ancak bu şekilde genel doku örüntüsü elde edilebilir. Yapısal doku analizi birbirini takip eden iki aşamalı bir süreçtir. İlk aşama kumaşta bulunan temel dokuların (basit doku) tespiti ve ikinci aşama ise kumaşın genel doku örüntüsünün modellenmesi işlemidir (Abouelela vd., 2005). Abouelela ve arkadaşları çalışmalarında, kumaş görüntüsüne temel yapısal işlemleri uygulayarak yapısal yaklaşımı temel alan hata tespit işlemini gerçekleştirmişlerdir. Elde etmiş oldukları başarı oranı %91 olarak belirtilse de bu yöntemin dayanmış olduğu parametre sayısı ve bu parametrelerin kontrolü yapısal yaklaşım yönteminin güvenilirliğini ve geçerliliğini düşürmektedir. Bu nedenle, yapısal yaklaşım ile gerçekleştirilebilecek hata tespit işlemlerinin doku yüzeyi düzenli olan kumaşlar üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Fakat hata içeren bir kumaşın görüntüsünde düzenli yapıların olmayacağı nedeni ile yapısal yaklaşım yönteminin güvenilirliği kesin olarak görülmemektedir (Duchesne vd., 2012).

### **2.4.2. İstatistiksel Yaklaşımlar**

İstatistiksel yaklaşım, kumaş görüntüsünden elde edilen görüntü üzerinde yoğunluk değerlerinin dağılımlarını incelemektedir. İstatistiksel yaklaşımın esas amacı, kumaş üzerinde farklı istatistiksel davranış gösteren bölgeleri tespit etmektir. İstatistiksel yaklaşım içerisinde en çok kullanılan yöntemler ise; oto korelasyon fonksiyonu, eş oluşum matrisi, matematiksel morfoloji ve histogram özellikleri yaklaşımlarıdır. Bu yaklaşımlar, literatürde en fazla kullanılan yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımların dışında; istatistiksel moment, kenar bulma ve çapraz korelasyon gibi farklı istatistiksel yaklaşımlar da vardır fakat bunlar çok sık kullanılan yaklaşımlar değildirler. Tablo 2.1’de istatistiksel yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri karşılaştırılmıştır.

**Tablo 2.1.** İstatistiksel yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri (Hanbay ve Talu, 2014)

<b>Metot Adı</b>	<b>Zayıf Yönleri</b>	<b>Güçlü Yönleri</b>
<b>Histogram Yaklaşımı</b>	Karmaşık işlemleri daha azdır.	Düzenli olmayan örüntülerde zayıftır. Gürültüye karşı hassastır.
<b>Eş Oluşum Yaklaşımı</b>	En uygun yer değiştirme vektörü belirlenmesi zordur. Hesaplama maliyeti yüksektir.	Doğruluk oranı yüksektir. Detaylı doku niteliğini 14 farklı istatistiksel hesaplama ile yapar.
<b>Oto Korelasyon Yaklaşımı</b>	Büyük boyutlu ve eş zamanlı çalışmalarda yavaş çalışmaktadır.	Hesaplama işlemleri kolaydır. Aydınlatma ve gürültü farklılıklarına karşı dayanıklıdır.
<b>Morfoloji Yaklaşımı</b>	İkili görüntüden genel kumaş hatası türleri yok olmaktadır.	Dokuların detaylı geometrik şablonu elde edilir. Karışık tekniklerde başarı oranı yüksektir.

#### 2.4.2.1. Histogram Temelli Yaklaşımlar

Histogram temelli yaklaşımlar, kumaş örüntüsünden elde edilen görüntü üzerindeki piksel renk dağılımlarının en temel istatistiksel verilerini içermektedir (Gonzalez ve Woods, 1982). İstatistik alanında kullanılan standart sapma, ortalama, ortanca ve varyans gibi işlemler histogram temelli yaklaşımda kullanılan özellikler arasındadır. Histogram yaklaşımı basit bir kullanışa sahip olması ve düşük maliyeti sebebi ile birçok farklı uygulamada kullanılmaktadır (Pietikainen vd., 2002). Yüksek çalışma hızı ve işlem kolaylığı, bu yaklaşım yönteminin olumlu yönleri olarak değerlendirilebilir. Fakat bu yaklaşımda güvenilirlik oranı oldukça düşüktür. Histogram temelli yaklaşımların özetini içeren Tablo 2.2’de görülmektedir.

**Tablo 2.2.** Histogram temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar

<b>Kumaş Türü</b>	<b>Hata Türü</b>	<b>Sınıflandırıcı</b>	<b>Başarı Oranı</b>	<b>Referanslar</b>
Dokuma	5 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Yuan, 2009
Kord	4 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Wuyi vd., 2012
Jakar	2 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Ngan vd., 2003

### 2.4.2.2. Eş Oluşum Matrisi Temelli Yaklaşımlar

Eş oluşum matrisi temelli yaklaşımda, renkler arasındaki yoğunluk bağımlılıklarının ölçülmesi sonucu kumaş dokularının özelliklerinin belirlenmesi sağlanır. Eş oluşum matrisi temelli yaklaşım; kumaştan elde edilen görüntü üzerindeki, belirli bir uzaklıkta gradyan eğilimlerinin dağılımı şeklinde ifade edilir. Gradyan eğilimlerinin ilişkileri, kumaşın dokusunu ifade etmek için kullanılır. Matematiksel ifade olarak ele alacak olursak kxl boyutuna sahip bir kumaş görüntüsü ve (x,y) uzaklık değeri için eş oluşum matrisi şu şekilde tanımlanmaktadır (Watanabe vd., 2009):

$$C_{\Delta i, \Delta j}(i, j) = \sum_{p=1}^k \sum_{q=1}^l \begin{cases} 1, & \text{if } I(p, q) = i \text{ ve } I(p + \Delta x, q + \Delta y) = j \\ 0, & \text{yoksa} \end{cases} \quad (2.1)$$

Eş oluşum matrislerinden çıkan veriler, görüntüye ait dokusal özellikleri belirtmektedir. Haralick ve arkadaşları, kumaşlardan elde edilen doku görüntülerinin farklı özelliklerini belirlemek için on dört farklı dokusal özellik ölçümü belirlemişlerdir (Haralick vd., 1973). Bu özelliklerden en fazla kullanılan ölçümler ise; korelasyon, entropi, enerji ve zıtlık hesaplamalarıdır. Bu değişkenleri tanımlayan matematiksel formülasyonlar aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{Enerji} = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} [p(i, j) x p(i, j)] \quad (2.2)$$

$$\text{Zıtlık} = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} (i - j) x (i - j) p(i, j) \quad (2.3)$$

$$\text{Korelasyon} = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} \frac{i \cdot j \cdot p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.4)$$

$$\text{Entropi} = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} p(i, j) \log_2(p(i, j) + \epsilon) \quad (2.5)$$

Yukarıda verilen denklemlerde yer alan p değişkeni normalleştirilmiş eş oluşum matrisini gösterirken, G, görüntüde oluşan farklı piksel sayılarını ifade etmektedir. Matrisin ortalama ve standart sapma değerlerini ise  $\mu_x, \mu_y$  ve  $\sigma_x, \sigma_y$  ifade etmektedir. Tsai ve arkadaşları (Tsai vd., 1995); farklı uzaklık ve açı değerleri için gri seviye eş oluşum matrisleri oluşturarak elde etmiş oldukları verileri yapay sinir ağları (YSA) ile sınıflandırmışlardır. Hareket etmeyen kumaş görüntüsü üzerine yapılan çalışmalarda ise alt bant gri seviye eş oluşum matrisi yöntemi kullanılarak kumaş hatalarında %90,78 başarı elde edilmiştir. Hareket etmeyen kumaşlarda yapılan çalışmada, eş oluşum matrisinin

zıtlık, ters farklılık, entropi ve açısal hız özellikleri kullanılmıştır. Başka bir çalışmada, örme kumaşlarda meydana gelen hataları bulmak için parlaklık değeri ayarlanmış görüntünün birinci ve ikinci dereceden istatistiksel nitelikleri kullanılarak hata tespit işlemi gerçekleştirilmiştir (Elragal, 2006).

Eş oluşum matrisi temelli yaklaşımda; piksellerde oluşan renk farklılığından yararlanıldığı için bu yaklaşım, gürültü ve çevresel etkenlerden olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle, filtreleme aşamaları kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın iki ana zayıf noktası bulunmaktadır. Bunlardan birinci zayıf nokta; işlem maliyetinin oldukça yüksek olmasıdır. İkinci zayıf nokta ise; yüksek çözünürlük değerine sahip görüntülerde, beklenenin aksine düşük performansa sahip olmasıdır. Bu problemi çözmek için ise dalgacık dönüşümü yaklaşımı kullanılmakta ve işlemin doğruluk değeri artırılmaktadır. Tablo 2.3'te eş oluşum matrisi temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

**Tablo 2.3.** Gri seviye eş oluşum matrisi temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar

Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
Düz, fitilli, saten	Belirtilmemiştir	YSA	Belirtilmemiştir	Jing vd., 2011
Fitilli	Belirtilmemiştir	YSA	%96	Tsai vd., 1995
Düz	Belirtilmemiştir	Mahalanobis	%90.78	Amet vd., 2000
Örgü	5 Farklı hata	FCM ve ANFIS	%97.50	Elragal., 2006),
Dokuma	4 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Reheja ve Ajay, 2013

\*FCM: Bulanık C ortalamaları algoritması

\*Anfis: Yapay sinir ağları sınıflandırma modeli

\*Mahalanobis: uzaklık sınıflandırıcı

#### 2.4.2.3. Oto Korelasyon Temelli Yaklaşımlar

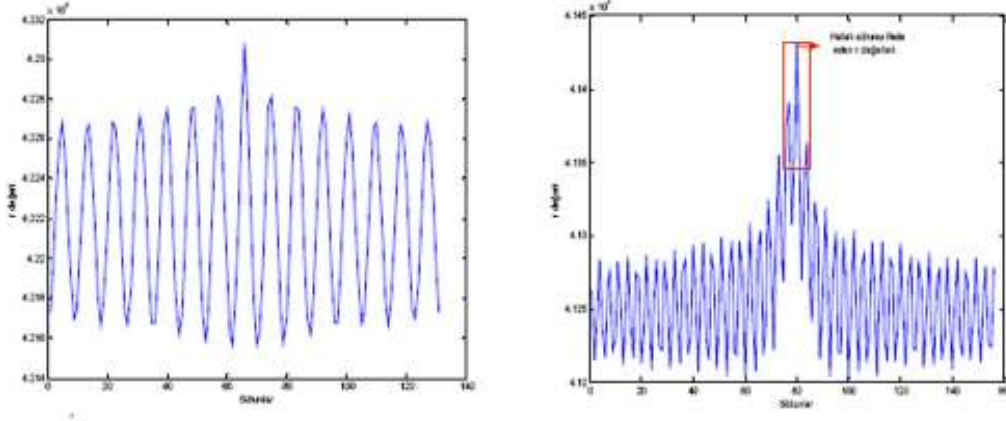
Oto korelasyon yöntemi; kumaştan elde edilen görüntü üzerinde meydana gelen tekrarlı yapıları inceleyen bir yöntemdir. Tek boyutlu oto korelasyon fonksiyonuna ait formülasyon aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$r(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-\tau-1} x(t + \tau)x(t) \quad (2.6)$$

Verilen fonksiyonda x normleştirilmiş sinyal verilerini, N toplam örnek sayısını,  $\tau$  zamandaki kayma değerini, r oto korelasyon değerini ve son olarak t de zaman değerini



göstermektedir. Kumaş görüntüsünde gürültü tespitinde yatay kaydırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Kumaş görüntüsünde hata var ise, histogram grafiğindeki düzenli yapının bozulmasına neden olacağı için oto korelasyon fonksiyonu işlemi sonucunda histogramda vadiler ve tepeler meydana gelecektir (Şekil 2.16).



**Şekil 2.16.** Hatalı ve hatasız kumaşın bir piksel değeri için oto korelasyon değeri (Hanbay ve Talu, 2014)

Oto korelasyon yönteminin, aydınlatma ve gürültü değişimlerine karşı çok korunumlu bir yapısı vardır ve bu yapısı ile istatistiksel yaklaşımlardan daha üstündür. Oto korelasyon yönteminde ayrıca belirli tip kumaş görüntüleri üzerindeki sınıflama doğruluk oranı, morfolojik yaklaşımların doğruluk oranına göre de daha fazladır. Fakat işlem maliyetlerinin yüksek olması bu yaklaşım için önemli bir dezavantajdır. Bu yöntemi kullanan çalışmalar, Tablo 2.4'te özetlenmiştir.

**Tablo 2.4.** Oto korelasyon yaklaşımı kullanılan çalışmalar

Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
Düz, Fitilli	2 farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Zhang ve Bresee, 1995
Belirtilmemiştir	2 farklı hata	İleri Beslemeli YSA	%93.50	Hoshino vd., 2007
Düz halı	Belirtilmemiştir	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Tilocca vd., 2007

#### 2.4.2.4. Matematiksel Morfoloji Temelli Yaklaşımlar

Matematiksel morfoloji yöntemi; bir nesneye ait geometrik verileri hakkında ön bilgiye dayanan nitelik çıkarım yöntemidir. Bu yöntem, oto korelasyon ve eş oluşum matrisi ile birlikte kullanılmaktadır. Bu birleşik sistemin, sınıflandırma doğruluk oranı %96.7 seviyesine kadar çıkmaktadır (Kwak vd., 2000). Dongyun ve arkadaşı, geliştirilmiş morfolojik aşındırma operatörünü kullanarak, kumaş yüzeylerinde oluşan hataların yerlerini bulan bir yöntem geliştirmişlerdir. Fakat bu yönteme dair doğruluk değeri verilmemiştir (Dongyun ve Huiqin, 2010).

Kumaşlarda ortaya çıkan hataların büyük bir çoğunluğu, eşikleme operatörünün üretmiş olduğu ikilik kumaş görüntülerinde yok olduğu için morfolojik yaklaşımların tek başına uygulamalarda kullanımı sınırlıdır. Belirli türdeki kumaş görüntülerinde çalışabilen en uygun morfolojik filtre ile eş zamanlı bir sistem üzerinde yapılan hata tespit uygulamasında, doğruluk oranında %97.4'e çıkmıştır (Mak vd., 2009). Başka bir çalışmada ise morfoloji ve korelasyon yöntemleri birlikte kullanılarak kumaş hataları tespit edilmiştir (Jayashree ve Subbaramn, 2012). Bu yaklaşımlar istatistiksel yaklaşımlar ile karşılaştırıldığında daha düşük doğruluk oranlarına sahiptirler.

Görüntüdeki piksellerin konumsal yönelimleri ve düzenliliklerini ölçen yaklaşımlara göre morfolojik yaklaşımların doğruluk oranı çok daha düşüktür (Chetverikov ve Hanbury, 2002). Fakat uygun yapı aracı kullanarak, kumaş hatalarının yeri etkin ve hızlı, aynı zamanda hataların boyutu tespit edilebilmektedir. Matematiksel morfoloji yöntemini kullanan çalışmalar Tablo 2.5' te özetlenmiştir.

**Tablo 2.5.** Matematiksel morfoloji yaklaşımı kullanılan çalışmalar

<b>Kumaş Türü</b>	<b>Hata Türü</b>	<b>Sınıflandırıcı</b>	<b>Başarı Oranı</b>	<b>Referanslar</b>
Deri	5 Farklı hata	Geri yayımlı YSA	%96.25	Kwak vd., 2000
Düz, fitilli kot	9 Farklı hata	Kullanılmamıştır	%97.40	Mak ve Peng, 2009
Düz dokuma	3 Farklı hata	Hata Arama Algoritması	%79.10	Jayashree ve Subbaramn, 2012
Kord	1 Farklı Hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Dongyun ve Huiqin, 2010
Örüntüsüz	Belirtilmemiştir	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Aziz ve Haggag, 2013

### 2.4.3. Spektral Yaklaşımlar

Kumaş hatası tespit uygulamalarının büyük bir çoğunluğu spektral yaklaşımlara odaklanmaktadır. Bu yaklaşımlar; ilk olarak görüntüdeki dokunun temellerini çıkarmayı, ikinci olarak da elde etmiş olduğu doku temellerini kullanarak uzaysal yerleşim kuralına göre genelleştirmeyi hedeflemektedir (Vilnrotter vd., 1986). Spektral yaklaşımlar yüksek seviyede periyodiklik gerektirmektedir. Kumaşlardaki desenlerin ya da ipliklerin belirli bir düzende oluşu bu yaklaşımın kullanılmasında kolaylık sağlamaktadır. Fakat farklı dokular içeren kumaşlar için bu yaklaşım uygun değildir. Spektral yaklaşımlar içerisinde; Gabor dönüşümü, dalgacık dönüşümü, filtreleme ve Fourier dönüşüm yöntemleri de incelenmiştir. Tablo 2.6'da spektral yaklaşıma ait yöntemlerin güçlü ve zayıf yönleri gösterilmiştir.

**Tablo 2.6.** Spektral yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri (Hanbay ve Talu, 2014)

Metot Adı	Zayıf Yönü	Güçlü Yönü
Dalgacık Dönüşümü	Yüksek maliyete sahiptir.	Görüntülerin birden fazla ölçekli analizini yapar. Yüksek doğruluk oranına sahiptir.
Fourier Dönüşümü	Düzensiz kumaş doku örüntülerinde başarısızdır.	Uzaysal frekans spektrumu döndürme, öteleme ve ölçeklemeden bağımsız gerçekleşir.
Gabor Dönüşümü	Yüksek hesaplama maliyeti vardır. Döndürme bağımlıdır.	Frekans ve uzaysal hata tespiti gerçekleştirilir. Doku analizinde yaygın kullanılmaktadır.
Filtre Yaklaşımı	Yüksek hesaplama maliyeti vardır.	Farklı kumaşlar için farklı filtreleri barındıran filtre bankası vardır.

#### 2.4.3.1. Dalgacık Dönüşümü Temelli Yaklaşım

Dalgacık dönüşümü temelli yaklaşım, frekans değerine bağlı geçici çözünürlükleri en uygun hale getirmek için Fourier dönüşüm yaklaşımına alternatif olarak geliştirilmiş bir sinyal analiz tekniğidir (Han ve Shi, 2007).

Dalgacık dönüşümü temelli yaklaşım; birbiri ile aynı olmayan türdeki bir ana dalgacıktan, ölçekleme ve kaydırma değerlerinin değiştirilmesi ile üretilen bir fonksiyondur. En fazla bilinen dalgacık türleri; Mexican Hat, BiorSplines, Haar, Gaussian, Symlets dalgacık fonksiyonlarıdır.

Dalgacık dönüşümü yaklaşımında, doku farklılıkları ile birlikte renk değişimleri de analiz edilebilmektedir. Daha çok periyodik ve düzenli doku yapısında olan kumaş görüntülerinde dalgacık dönüşümü yaklaşımı kullanılarak daha iyi doku analizi sonuçları elde edilmesi mümkündür. Tablo 2.7’de dalgacık dönüşümü yaklaşımı kullanan çalışmalar gösterilmiştir.

**Tablo 2.7.** Dalgacık dönüşümü yaklaşımı kullanılan çalışmalar

Ana Dalgacık	Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
Coif2, coif5, sym3, sym5	5 kategoride iplik	Belirtilmemiştir	Fuzzy Artmap YSA	%87.30	Liang vd., 2012
Daubechies 16	Dokuma	Belirtilmemiştir	Geri Y. YSA	%94	Karayiannis vd., 1999
Adaptive	Düz, fitilli	8 Farklı hata	Kullanılmamıştır	%97.5	Yang vd., 2005
Daub2, daub5, sym9	Örgü	4 Farklı hata	YSA	%89.48	Tabassian vd., 2011
Daubechies	Örgü	2 Farklı hata	Kullanılmamıştır	%98	Li vd., 2013
Dalgacık çerçeveleri	Düz, fitilli	8 Farklı Hata	Euclidean	%95.8	Yang vd., 2005

\*Euclidean: Uzaklık hesaplamasında kullanılan ölçüt

Dalgacık dönüşüm temelli yaklaşımda hata tespit işlemi için işlem basamakları, şu sıra ile gerçekleştirilmektedir. Kumaş üzerinde bir görüntü elde edilir ve bu görüntü işleme tabi tutulur. İşlem sırasında iplik karakterizasyonu gerçekleştirilir ve yapay sinir ağları kullanılır. Hata ayıklama işlemi, dalgacık analizi ve istatistiksel ölçümler ile beraber kullanılarak gerçekleştirilmiş olur. Tablo 2.7’de verilen dalgacık türleri ve kullanılan yapay sinir ağlarının başarı oranları yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir.

#### 2.4.3.2. Fourier Dönüşüm Temelli Yaklaşım

Fourier dönüşüm temelli yaklaşım, sinyal ve frekans verilerini kullanarak detaylı bir analizin gerçekleştirilmesini sağlar. Sinyalleri zaman alanından frekans alanına taşır. Görüntü işleme işlemlerinde bu yöntem ile kumaş dokusu görüntüleri, frekans öğeleri bakımından karakterize edilir. Bu dönüşüm sırasında kumaşın görüntü boyutu sabit kalmaktadır. Fakat, veri kayıplarına yol açmamak için karesel görüntü verileri kullanılır.

$N \times N$  boyutuna sahip bir görüntüde  $(x,y)$  gri seviye görüntü piksel verilerinin Fourier yaklaşımı ile dönüşümü aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir:

$$F(a,b) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) x e^{-j2\pi(ax+by)/N} \quad (4.7)$$

Kumaşlarda meydana gelebilecek bir hata, kumaşın genel düzenli yapısını bozmaktadır ve bu bozulmaların meydana geldiği noktalara denk gelen frekans spektrumundaki özel durumlar, hatayı ifade etmektedir. Fourier dönüşüm temelli yaklaşımı kullanan çalışmalara ait veriler Tablo 2.8’de verilmiştir.

**Tablo 2.8.** Fourier dönüşüm temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar

Fourier Türü	Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
FFT	Düz	10 farklı hata	Seviye seçim filtresi	%97,	Malek, 2012
FFT	Düz	4 farklı hata	Kullanılmamış	Belirtilmemiş	Chi-Ho vd., 2000
FFT	Belirtilmemiş	Düğüm	Geri Yayılımlı YSA	%95	Zhao vd., 2008
FFT	Spor örgü	Belirtilmemiş	Kullanılmamış	%90	İsmail vd., 2011

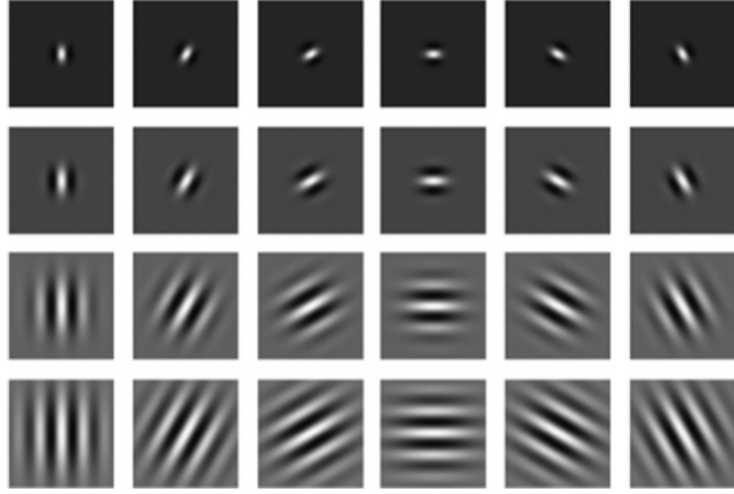
\*FFT: Hızlı Fourier dönüşümü

### 2.4.3.3. Gabor Dönüşüm Temelli Yaklaşım

Gabor dönüşüm temelli yaklaşım; temelde sinüzoidal tarafından elde edilmekte olan Gaus dağılımının bir fonksiyonudur ve bu yöntem kumaş hatalarının tespitinde kullanılmaktadır. Bu yaklaşım frekans ve uzaysal dokuları incelemek için kullanılmaktadır. Farklı açı ve ölçek değerleri ile anlamlandırılan Gabor filtreleri, incelenecek dokuların yapılarına göre kumaş hata tespit işlemlerinde kullanılmaktadır.

Yuan ve çalışma arkadaşı, hatalı kumaş yüzeylerinin dokularının frekans değerlerine hakim olan en uygun Gabor filtresi ile 128 görüntü verisi üzerinde hata tespit işlemini gerçekleştirmişlerdir (Yuan ve Zheng, 2004). Elde edilen görüntülerin 28’i hatasız iken, 100 tanesi ise hatalı görüntülerdir. Geliştirilen teknikte; Gabor filtresinden alınan verileri görüntü yumuşatma, ikilik şekle getirme ve birleştirme işlemleri uygulanarak gürültü etkileri azaltılmıştır. 6 farklı açı ve 4 farklı ölçek için oluşturulan 24 adet Gabor

filtresi Şekil 2.17’de verilmiştir. Gabor filtre temelli yaklaşımı kullanan çalışmalara ait veriler Tablo 2.9’da verilmiştir.



**Şekil 2.17.** Gabor dönüşüm temelli yaklaşım filtre kümesi (Hanbay ve Talu, 2014)

**Tablo 2.9.** Gabor filtre dönüşüm temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar

Gabor Sayısı	Filtre Türü	Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
1		Fitilli, düz, kot	4 Farklı	Elman YSA	%100	Yuan ve Zheng, 2004
16		Dokuma	3 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiş	Zhang vd., 2010
Belirtilmemiş		Düz	9 Farklı hata	GMM	%87	Bissi vd., 2012
Belirtilmemiş		TILDA’dan R1, R3 hatası	TILDA’dan 5 Farklı hata	En yakın komşuluk	%98.8	Han ve Zhang, 2009
2		Belirtilmemiştir	Belirtilmemiştir	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiş	Alimohamadi vd., 2009
24		Belirtilmemiştir	32 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiş	Jing vd., 2012

\*TILDA tekstil doku veritabanı

\*GMM: Gaus karşım modeli sınıflandırıcı

#### 2.4.3.4. Filtre Temelli Yaklaşım

Filtre temelli yaklaşım; hata tespit işlemlerinde özellik çıkartma, gürültü giderme ve görüntü iyileştirme işlemleri için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Kullanılacak

olan filtreler, frekans ya da uzaysal alanda tasarlanmaktadır (Varma ve Zisserman, 2005). Frekans alanında çarpma işlemi kullanılarak uzaysal alanda konvolüsyon işlemi ile filtrelenmiş görüntüler elde edilmektedir. Filtreleme işleminde global yoğunluk değişimlerinin engellenebilmesi için, normalleştirme teknikleri kullanılmaktadır.

Kumaş hata tespit işlemlerinde Rong ve çalışma arkadaşları bölgesel ikilik örüntüler tekniği ile altı farklı hata türü olan 768x512 piksel ebatlarındaki kumaş görüntülerini 16x16 piksel boyutlarında görüntü blokları şeklinde filtreleyerek nitelik çıkarımı yapmışlardır (Rong vd., 2009). Filtre temelli yaklaşımlar ile yapılan çalışmalar Tablo 2.10’da verilmiştir.

**Tablo 2.10.** Filtre temelli yaklaşım kullanılan çalışmalar

<b>Kumaş Türü</b>	<b>Hata Türü</b>	<b>Sınıflandırıcı</b>	<b>Başarı Oranı</b>	<b>Referanslar</b>
Düz	3 Farklı hata	Kullanılmamıştır	%91	Aboulela vd., 2005
Belirtilmemiştir	6 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Zeng vd., 2002
Düz	3 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Meylani vd., 1996
Belirtilmemiştir	4 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiştir	Dana vd., 1999

#### 2.4.4. Model Tabanlı Yaklaşımlar

Model tabanlı yaklaşım ile doku analizi teknikleri, elde edilen analiz sonucu görüntü oluşturmaya dayalı bir yöntemdir. Oluşturulan model yardımı sayesinde, doku sentezi ve doku tanımlaması yapılabilmektedir. Model tabanlı yaklaşımın kullanım yerleri, daha çok iplik kopmasının meydana geldiği ya da iğne kırılması olayının olduğu durumlarda kumaş yüzeyinde meydana gelebilen yüzey değişimlerindeki hatalardır. Burada önemli olan, kullanılacak olan modelin parametreleridir. Çünkü bu parametreler ile ihtiyaç duyulan doku bilgileri yakalanır. Model tabanlı yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri Tablo 2.11’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.11.** Model tabanlı öğrenme yaklaşımlarının güçlü ve zayıf yönleri (Hanbay ve Talu, 2014)

<b>Metot Adı</b>	<b>Zayıf Yanları</b>	<b>Güçlü Yanları</b>
------------------	----------------------	----------------------

<b>Autoregressive</b>	Düzensiz doku ve büyük boyutlu görüntülerde düşük hata tespitine sahiptir.	Düşük maliyete sahiptir. Pikseller arasındaki lineer bağlantı incelenir.
<b>Gaus Markov</b>	Kumaş hatalarındaki küçük hatalarda yetersizdir. Doku analizi içinde başarısızdır.	Spektral ve istatistiksel yaklaşımlar ile beraber kullanılabilir.
<b>Öğrenme Yaklaşımı</b>	Büyük yapıdaki özellik vektörlerinde çalışımı yavaştır.	Yüksek doğruluk oranına sahiptir. Eş zamanlı çalışan YSA uygulamaları için uygundur

#### 2.4.4.1. Autoregressive Modeli

Autoregressive modeli, dokuya sahip olan bir görüntünün farklı piksellerin aralarındaki lineer ilişkilerin derecelerini ifade edebilmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemin genel olarak kullanılmasının nedeni ise, sadece lineer denklem sistemi sonucunu gerektirmesinden dolayıdır. Lineer olan bu denklem sistemleri, zaman kazanımı sağlamaktadır. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda; yakın zamanda yapılmış, güvenilirliği yüksek ve geçerliliği olan bir çalışmaya rastlanılmamış ve mevcut çalışmalarda ise sınırlı örneklemelerin kullanılmış olduğu ve doğruluk değerlerinin net olarak verilmediği tespit edilmiştir. Tablo 2.12’de bu yaklaşımı kullanan çalışmalar gösterilmiştir.

**Tablo 2.12.** Autoregressive model tabanlı yaklaşım kullanılan çalışmalar

<b>Kumaş Türü</b>	<b>Hata Türü</b>	<b>Sınıflandırıcı</b>	<b>Başarı Oranı</b>	<b>Referanslar</b>
Dokuma	Belirtilmemiş	Kullanılmamış	Belirtilmemiş	Serefim, 1992
Deri	Belirtilmemiş	Kullanılmamış	Belirtilmemiş	Alata ve Ramananjarasoa, 2005
Brodatz’dan veri	Belirtilmemiş	Kullanılmamış	Belirtilmemiş	Bouhamidi ve Jbiliou, 2009

\*Brodatz: Tekstil veri seti

#### 2.4.4.1. Gaus Markov Rastgele Alan Modeli

Gaus Markov Rastgele Alan (GMRA) Modeli temelli yaklaşımında; kumaş görüntülerindeki piksel noktaları, gürültü verileri içermediği sürece birbirleri ile ilişkilidirler. GMRA modeli, kumaşlardaki piksel noktalarının bağımlılığını kullanan önemli bir modeldir. Bu modele göre; kumaş görüntüsü üzerindeki her piksele ait konumsal bir alan üzerinde bulunan yoğunluk verisi hesaplanarak, piksellerin ani



değişimleri ve arasındaki bağlantılar değerlendirilmektedir. Bu teknik; özellik çıkarımı, sınıflandırma ve bölütleme işlemleri gibi çok farklı alanlarda kullanılmaktadır (Cohen ve Fan, 1988). GMRA modeli kullanan çalışmalar Tablo 2.13’de özetlenmiştir.

**Tablo 2.13.** Gaus Markov Rastgele Alan modeli yaklaşımı kullanılan çalışmalar

Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
Kot, kord, pamuklu, dokuma, yün, deri	4 Farklı hata	Bayessian	Belirtilmemiş	Xun vd., 2011
Dokuma	2 Farklı hata	Kullanılmamış	Belirtilmemiş	Özdemir ve Ercil, 1996
Beyaz yün	4 Farklı hata	Kullanılmamış	Belirtilmemiş	Xie, 2008

#### 2.4.5. Öğrenme Yaklaşımı

Yapay Sinir Ağları (YSA), yapısı bakımından insan beynini model olarak geliştirilen sistemlerdir. Bu nedenle de, paralel çalışma prensipleri ve parametrik olmayan veriler ile kullanımında hem esnek hem de hızlı bir sınıflandırıcı niteliği taşımaktadır. Karmaşık lineer olmayan giriş/çıkış (Input/Output) bağlantılarını, insan beyninin doğası gibi öğrenebilmesi, optimize edebilmesi ve de sınıflandırabilmesinden dolayı günümüzde de birçok çalışmada kullanılan yaygın bir tekniktir. Tekstil alanında Kumar, ham kumaşların görüntülerindeki piksellerin bölgesel bağlantılarına dayalı bir teknik ile doku niteliklerini elde etmiş ve geri beslemeli YSA ile hata tespit işlemlerini gerçekleştirmiştir (Kumar, 2008). Özellik vektörlerinin boyutları, temel bileşenler analizi tekniği kullanılarak YSA’nın verimi arttırılmıştır. Öğrenme yaklaşımına dayalı yapılan çalışmalar Tablo 2.14’te verilmiştir.

**Tablo 2.14.** Öğrenme yaklaşımı kullanılan çalışmalar

Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
Fitilli, düz	5 Farklı hata	İleri beslemeli YSA	Belirtilmemiş	Jelil, 2013
Dokuma	Belirtilmemiştir	YSA	%99.2	Semnani ve Vadood, 2010
Örgü	Belirtilmemiştir	YSA	%97.2	Wong vd., 2009
Örgü	5 Farklı hata	Geri yayımlı YSA	%100	Shi vd., 2009
Dokuma	TILDA’dan 17 hata	Adım birleştirmeli YSA	Belirtilmemiş	TILDA

Dokuma	TILDA'dan 9 hata	SVM	%96.36	Han ve Xu, 2010
--------	------------------	-----	--------	-----------------

\*SVM: Destekçi vektör makinası

#### 2.4.6. Melez Yaklaşımlar

Otomatik olarak gerçekleştirilen kumaş hatası tespit işlemlerinin birçok üstün yanı olmasına rağmen, bazı noktalarda yetersiz kalmaktadırlar. Bu nedenle, araştırmacıların birçoğu iki ya da daha fazla yöntemi birlikte kullanarak daha iyi sonuçlar alınabilen hata tespit işlemlerini kullanmayı tercih etmektedirler. Bunun yapılmasındaki temel amaç ise, hesaplama işlemlerinde gerçekleştirilecek olan karmaşıklığın önüne geçmek ya da en aza indirmektir. Bu sayede, hata tespit oranı daha yüksek seviyelere çıkmaktadır. Han ve Xu, çalışmalarında küçük çapta kumaş hatalarını tespit edebilmek için eşikleme ve şablon eşleştirme metodunu beraber kullanmışlardır (Han ve Xu, 2010). Bu yöntem ile kumaş görüntüsünden elde edilen doku üzerinde istatistiksel veriler çıkartılarak kullanılan şablon eşleştirme yöntemi geliştirilmiştir.

Venkatesan ve çalışma arkadaşları, hata içeren kumaşların dalgacık dönüşümlerini hesaplayarak görüntülerin zıtlık, homojenlik, gri seviye eş oluşum matrisi tekniği, korelasyon ve enerji niteliklerini çıkarmışlardır (Venketesan vd., 2012). Elde edilen veriler ANFIS ile sınıflandırılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; dalgacık dönüşümünün hızlı olması ve gri seviye eş oluşum matrisi yönteminin ise istatistiksel sonuçlarda daha iyi olması sebebi ile bu yöntemlerin beraber kullanılmalarının hata tespit işlemlerinde daha başarılı olacağı görülmüştür. Melez yaklaşım kullanan çalışmalar Tablo 2.15'te listelenmiştir.

**Tablo 2.15.** Melez yaklaşım kullanılan çalışmalar

Kumaş Türü	Hata Türü	Sınıflandırıcı	Başarı Oranı	Referanslar
Örüntüsüz	Belirtilmemiştir	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiş	Aziz vd., 2013
Düz, fitilli, kot, dokuma	9 Farklı hata	Kullanılmamıştır	%97.4	Mak vd., 2009
Düz dokuma	3 Farklı hata	Hata arama algoritması	%79.1	Jayashree ve Subbaramn, 2012
Fitilli	Belirtilmemiştir	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiş	Nagan vd., 2005

Jakar	6 Farklı hata	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiş	Ngan ve Pang, 2007
7 Farklı kumaş	Çözü	Kullanılmamıştır	Belirtilmemiş	Bu vd., 2009
TILDA'dan 3 farklı kumaş	TILDA'dan 9 Farklı hata	Kullanılmamıştır	%98.8	Venketesan vd., 2012

## 2.5. Yapay Görme Sistemlerinin Avantajları

Makine odaklı sistemlerin kullanımı, otomasyon işlemlerinde daha fazla verimin alınmasını sağlamakta ve insan odaklı sistemlere göre daha güvenilir bir nitelik taşımaktadır. Bu nedenlerle, birçok farklı alanda yapay görme sistemi uygulamaları kullanılmaktadır. Yapay görme sistemlerinin getirdiği avantajları şu şekilde sıralamak mümkündür: Üretimi yapılan ürünlerin kalitelerinin artırılması, kumaş üretimi sırasında meydana gelen kumaş hatalarını en aza indirerek maliyetlerinin düşürülmesi, insan kaynaklı yorgunluk, dalgınlık, dikkatsizlik ya da unutkanlık gibi durumlarda ortaya çıkabilen hataların ortadan kaldırılması, ürünlerin kalite kontrol işlemlerinin kısa bir süre içerisinde gerçekleşmesi, kalite kontrol işlemi için ek personel ihtiyacını gidererek personel gideri maliyetlerinin düşürülmesi, üretim sırasında yüksek hassasiyet ile en doğru ölçümün gerçekleştirilmesi. Bu özelliklere sahip olması nedeni ile birçok sanayi kuruluşu, yapay görme sistemi uygulamalarını tercih etmektedir.

## 2.6. Yapay Görme Sistemleri Uygulama Alanları

Yapay görme, biyolojik insan göz yapısından yola çıkılarak geliştirilmiş bir bilgisayar sistemidir. İnsanlardaki göz yapısı oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bir saniyenin onda biri kadar zamanda birey, büyük boyutlarda veriyi algılayabilmekte, değerlendirebilmekte ve cisimleri farklı yönlerden ve hatta çok az görüş alanına sahip olduğu alanlarda bile tanımlayabilmektedir. İnsan retinasının, saniyede yaklaşık olarak on milyar işlem gerçekleştirdiği ve beyindeki korteks yapısının ise bu hızdan daha yüksek bir hıza sahip olduğu bilinmektedir.

Yapay görme sistemlerinin kullanıldığı ilk zamanlarda, sistemlerin karmaşıklığı ve mevcut bilgi işleme gücünün sınırlılıkları bulunmaktaydı. Günümüz teknolojileri sayesinde artık makine görmesi, tıp biliminden uzay araştırmalarına kadar uzanan çok geniş bir alanda karmaşık ve başarılı uygulamalara sahip bir teknoloji olma konumuna gelmiştir.

Bilgisayar görmesi olarak da geçen yapay görme terimi, çeşitli kamera ya da sensörler aracılığı ile alınan sayısal verilerin anlamlı hale getirilerek bilgisayarlar tarafından yorumlanması işlemidir.

Yapay görme teknikleri ve görüntü işleme yöntemleri, teknolojinin gelişmesiyle birlikte yıllar içerisinde farklılıklar göstermiş ve farklı endüstrilerde kullanım alanı bulmuştur. Yapay görme ile hata tespit sistemleri günümüzde; otomatik PCB (baskılı devre tasarımlarının) denetimi, mobilya endüstrisinde ahşap kalite kontrolü, ambalaj sanayiinde paketleme denetimi, ürün boyut ve etiket kontrolü, plastik film, nonwoven kumaş, film, pet, kağıt ve metal ürünlerin yüzey kontrolü, güneş panellerindeki hücrelerin denetimi, tıbbi şişe denetimi, temassız ısı ölçümü, dolum seviyesi kontrolü, üç boyutlu yüzey ölçümü denetimi ve modellenmesi gibi pek çok işlemde kullanılmaktadır.

Günümüzde mikrofotogrametri; elektronik sanayisinden, sağlık hizmetlerine ve özellikle uzay sanayisine kadar pek çok bilimle ortak olarak çalışmaktadır. Bu çalışmalara destek sağlayan ve çalışmalarda kullanılan uzman sistemler, laboratuvar çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Dijital olarak 0.5 cm ve daha küçük nesnelerin modellenmesi, ölçülmesi ve kalite kontrolünün hesaplanması amacıyla dijital sensörler geliştirilmekte ve kullanılmaktadır (Ergün ve Altan, 2003).

Lastik sektöründe yapay görmenin kullanımı ile hız, ivme, sıcaklık ve nem gibi verilerin sensörler aracılığı ile alınıp bilgisayar ortamında hızlı bir şekilde değerlendirilmesi sayesinde lastik üreticileri üretim süreçlerini daha iyi düzenleyebilmişlerdir (Blackwell ve Company, 1989).

Endüstri alanında kullanılan matkap uçlarında meydana gelen aşınmaların tespitinde de çeşitli sensörler, sinyal vericiler ya da kameralar kullanılmaktadır. Kesici takımında meydana gelen çatlakların, kesici takımı kırılmadan değiştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Çünkü kesici takımın kırılması hem tezgaha zarar verebilmekte hem de iş parçasına zarar vererek maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle meydana gelen değişikliklerin kontrolünde yapay görme uygulamaları kullanılmaktadır (Ertunç, 2001).

Laboratuvarlardaki deneysel çalışmaların takibinde de yapay görme teknikleri kullanılmakta ve hataların tespiti ve değerlerin ölçümü aşamalarında kullanıcılara kolaylık sağlamaktadır (Slaughter vd., 2008).

Yapay görme sistemi tarafından elde edilen görüntüler, görüntü işleme algoritmaları ile işlenerek değerlendirilmektedir. Bu işlem ile gerekli malzemelerin sınıflandırılması yapılmaktadır (Li vd., 2010).

Ben W. Crowley'nin yapmış olduğu tekstil endüstrisinde tek boyutlu yapay görme sistemi; kumaşlarda uzunluk, konum, genişlik, kalınlık ve merkezi doğrusal boyutların ölçümlenmesinde kamera sistemlerinin uygulanabilirliğini test etmiştir. Benzer özellikleri farklı uygulamalar ile karşılaştırarak kameraların bu gibi çözümler için yeteneklerini belirtmiş, doğrusal yapay görme uygulamaları ile karmaşık yapay görme sistemleri arasındaki farklılıkları değerlendirerek benzer özellikte olan durumları ele alarak incelemiştir (Crowley, 1990).

Desenli tekstil dokuma sanayisinde kumaşların kontrolü için kullanılan yapay görme uygulaması 1997 yılında İngiltere Mühendislik ve Fizik Bilimleri Araştırma konseyi tarafından desteklenerek bu alanda yapılan çalışmaların gelişmesinde katkı sağlamıştır (Tao vd., 1997).

Yapay görme sistemleri insanın doğasından esinlenerek geliştirilmiş sistemlerdir. Tıpkı gözümüzde bulunan sinirler ve bağlantıları gibi yapay görme sistemlerinde de görüntüyü yakalayan mercekler, alınan verilerin iletilmesini sağlayan bağlantılar ve verilerin işlenmesini sağlayan bilgisayarlar mevcuttur. Bir kamera, mercek yardımı ile bir görüntü algılayıcı üzerinde optik görüntüyü oluşturur ve bir video sinyali, kablo ya da kablosuz bir bağlantı aracılığıyla gerekli görüntü bilgilerini bilgisayara iletir. Bu bilgiler, daha sonra bazı mekanizmaları çalıştıran bir düzenleyiciye gönderilirler. Bu şekilde, yapay görme benzetimi gerçekleştirilmiş olur (Çakır, 2002).

Yapay görme teknolojilerinin gelişmesi ile tek boyutlu yapılardan çok boyutlu yapılara ve daha sonrasında da karmaşık sistemlerin geliştirilmesine gidilerek, yapay görme teknolojilerinin farklı alanlarda kullanımı sağlanmıştır. Yang ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada, kumaş hatalarının sınıflandırılmasında yapay görme sistemlerinden faydalanmışlardır (Yang vd., 2002; Ngan vd., 2011; Çelik ve Dülger, 2012).

Tekstil alanında kullanılan yapay görme sistemlerinde, elde edilen görüntüler sayısal prosedürler ile karşılaştırılarak sonuçların doğruluk dereceleri saptanmaktadır. Elde edilen veriler, araştırma sürecinin ve yapılan deneysel ölçümlerin geçerliliğini artırmaktadır. Carfagni ve çalışma arkadaşları, tekstil malzemelerinin kabartma işlemi prosedürü aşamasında kullanılmak üzere gerçek zamanlı bir yapay görme sistemi geliştirmişler ve geliştirmiş oldukları bu sistemi çeşitli testlere tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak bu sistemin, daha da geliştirilerek tekstil sanayisinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Carfagni vd., 2005).

Dokuma kumaş kalitesi; iplik özelliklerinden başlayarak, dokumaya hazırlık ve dokuma sırasındaki işlemlerin tümüne bağlı olarak oluşmaktadır. Ham ya da bitmiş

kumaşların hata kontrolü, ışıklı kontrol masalarında el ile ya da otomatik makinalarla gerçekleştirilmektedir. Kumaş hatalarının, görüntü analiz yöntemleri ile de kontrol edilmesi mümkündür. Günümüzde hata tespit işlemlerinde; yapay sinir ağlarından, dalgacık dönüşüm temelli yaklaşım ve bulanık mantık temeline dayanan otomatik kumaş kalite kontrol sistemlerinden faydalanılmaktadır (Kısaoğlu, 2006; Turgut, 2013).

Kumaş katlanmasında yapay görme destekli bulanık mantık kontrol sistemleri de tekstil alanında etkin olarak kullanılmaktadır. Zoumponos ve Aspragathos, kumaş katlanmasında, yapay görme destekli ve bulanık mantık kontrollü bir sistem geliştirmişlerdir (Zoumponos ve Aspragathos, 2007).

Laboratuvar ortamında, deneysel çalışmaların takibinde de yapay görme teknikleri kullanılmaktadır. Yapay görme teknikleri, hataların tespiti ve deneysel verilerin ölçümü aşamalarında kullanıcılarına büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Slaughter vd., 2008).

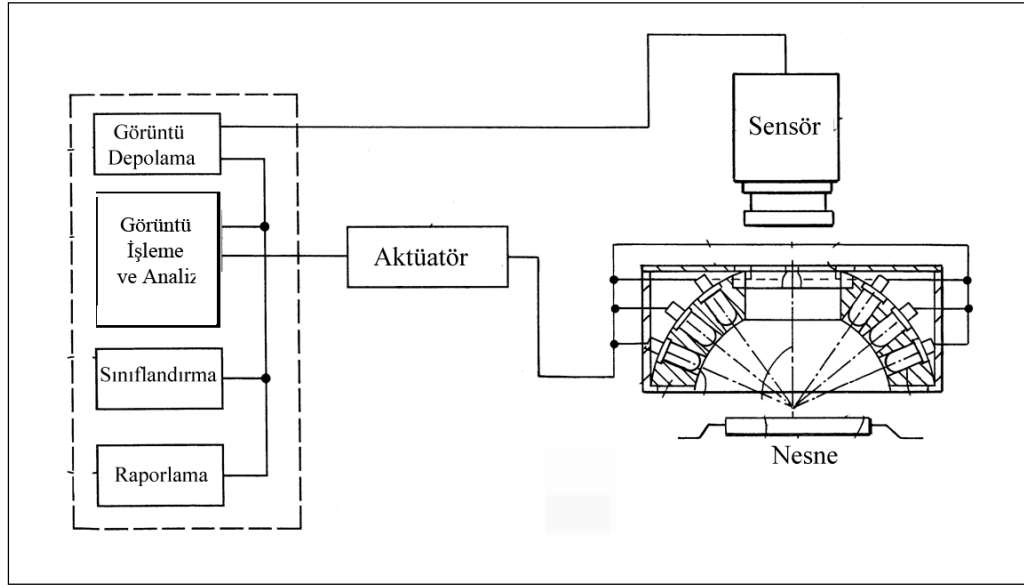
Medikal tekstil ürünlerinde, lekelerin otomatik olarak algılanmasında da yapay görme sistemleri kullanılmaktadır. Yapay görme ile hata tespit yöntemi, diğer yöntemlere göre daha verimli ve hızlı olduğu için, medikal tekstil üretim alanında tercih edilmektedir.

Schen ve çalışma arkadaşları; tekstil kumaşlarında leke algılama üzerine yapay görme tabanlı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir (Schen vd., 2009). Yapay görme sistemleri ile elde ettikleri görüntüleri, görüntü işleme algoritmaları ile işleyerek değerlendirmişler ve malzemelerin sınıflandırılmasını yapmışlardır. Benzer şekilde Li ve arkadaşları da yapay görme kullanarak pamuk ve yabancı liflerin sınıflandırılmasını gerçekleştirmişlerdir (Li vd., 2010). Pamuk ve yabancı lifleri yapay görme kullanarak hızlı tanımlama işlemi üzerine bir başka çalışmayı ise W. Yang ve ekip arkadaşları 2011 yılında yapmışlardır (Yang vd., 2011; Schmitt vd., 2015).

Mamat ve Samat yapmış oldukları çalışmada, elektronik burun ile eş zamanlı kullanılan yapay görme sistemi ile ürün kontrolü üzerinde çalışmışlar ve böylece ürünlerinin doğru şekilde sınıflandırılmasını başarmışlardır. (Mamat ve Samat, 2012).

## **2.7. Yapay Görme Sistemlerinin Bileşenleri**

Yapay görme sistemlerinde, üç temel işlem bulunmaktadır. Bunlar; görüntü alma, ışıklandırma ve görüntü işleme işlemleridir.



**Şekil 2.18.** Yapay görme sistemi bileşenleri (Jusoh vd., 2001)

Şekil 2.18’de gösterildiği gibi yapay görme sistemi; görüntü alma, ışıklandırma ve görüntü işleme birimlerinden oluşmaktadır. Yapay görme sisteminde, kamera ya da sensörlerden alınan veriler işlenerek görüntülerin kayıtları tutulur ve sınıflandırılması yapılır. Sınıflandırma işlemi sonucunda nesne üzerinde bir rapor oluşturulur. Oluşturulan rapora örnek olarak; hatalı malzemelerin ayırt edilmesi, barkodlarının okunması ya da hata tespit işlemi sonucunda kullanıcıların bilgilendirmesi verilebilir.

### 2.7.1. Işıklandırma

Kullanılan görüntü sistemi ve ışık, kullanıldığı alandan alana farklılık gösterebilir. Karşılaşılan ışık problemlerine göre farklı çözümler geliştirilmiştir. Her uygulamanın kendine ait ışıklandırma ve görüntü alma sistemi olabilir. Yapay görme sistemlerinde genel olarak yaşanan problem, seçilen ışık kaynağının istenilen nitelikte olmamasıdır. Yapay görme sistemleri için ışık kaynağı, taranacak ya da bilgisi alınacak olan nesnenin alt kısmına yerleştirilerek kullanılmaktadır. Bu şekilde nesnenin tam olarak bilgisi alınmış olmaktadır. Nesnenin altına ışık kaynağı yerleştirilerek yapılan çalışmalarda sonuç alınmadığı durumlarda, farklı bir yöntem olan “nesnenin yukarıdan aydınlatılması” yöntemi uygulanır. Bu yöntemde nesne tarama işlemini yapacak olan sensör ya da kameranın önüne yerleştirilmektedir. Bu aydınlatma şekli de pek çok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 2.7.2. Görüntü Alma

Optik sensörler, üzerlerine düşen ışık miktarına bağlı olarak orantısal bir sinyal oluştururlar. Oluşan bu sinyal, bilgisayar dilinde 1 ve 0'lardan ibarettir. Örnek olarak; otomatik kapıların açılması-kapanması ve lambaların yanıp sönmeleri işlemleri bu sensörler kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Görüntü alma işlemlerinde çeşitli araçlar kullanılmaktadır. Buradaki amaç; görüntüsü istenen nesnenin var olup olmadığı bilgisinin yanında, taranan nesne ile ilgili daha fazla bilgi elde etmektir. Endüstriyel alanlarda kullanılan görüntü alma işlemlerinde, çizgi tarayıcı ve yüksek çözünürlüklü kameralar kullanılmaktadır. Bu kameralar aracılığı ile elde edilen görüntüler; sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılır. Kameradan alınan sayısal verilerin, bilgisayar ortamına aktarılmasını, aktüatör gerçekleştirir. Bu çalışmada ise, sayısal sinyalleri bilgisayar ortamına aktararak elde edilen verileri, anlamlı hale getirmek için arduino nano devre kartı kullanılmıştır.

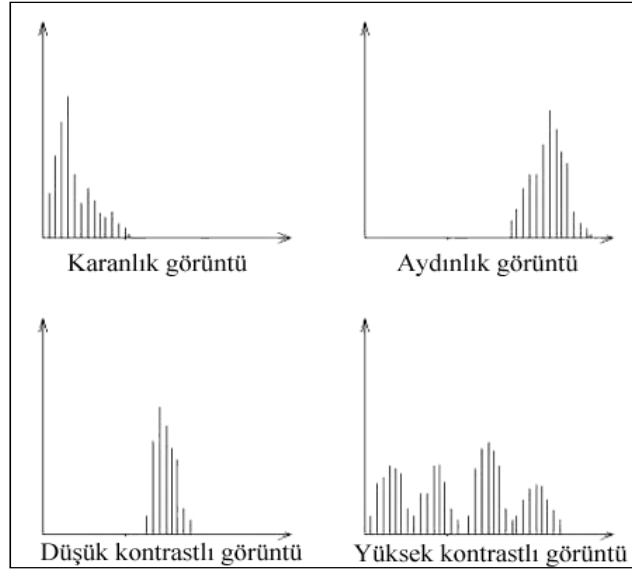
### 2.7.3. Görüntü İşleme

Kamera ya da belirli özelliklere sahip sensörler kullanılarak taranan nesnelere elde edilen sayısal veriler, bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Aydınlatma sistemi tarafından meydana gelebilen istenmeyen yansımalar ve gürültülerden kurtulmak için çeşitli filtreleme işlemleri yapılır. Görüntü kalitesini artırmak ve kamera ve lensler tarafından oluşabilecek geometrik bozulmaları düzenlemek için, görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu işlemlere genel olarak, sayısal görüntü işleme adı verilmektedir. Görüntü işleme adımları şu şekilde sıralanmaktadır; görüntü iyileştirme, görüntü onarma ve süzgeçleme, görüntü sıkıştırma, görüntüdeki nesnelere algılanması, görüntüsü alınan nesneye ait özelliklerin çıkarılması ve görüntüsü alınan nesnenin sınırlarının belirlenmesidir.

Görüntü işleme; alınan görüntünün bulanıklığının giderilmesi ya da keskinleştirilmesi, görüntüye ait parlaklığın ya da zıtlığın artırılması, kenarlarının belirgin hale getirilmesi, ya da gürültülerin kaldırılması işlemleri için kullanılmaktadır. Görüntü işleme içerisinde yer alan teknikler, nokta işlemleri olarak bilinmektedir. Her piksel değerine ait matematiksel işlemlerin uygulanması ile bir önceki piksele ait veriye bağlı yeni bir piksel değeri yer değiştirir. Buradaki önemli nokta ise; işlemleri bölümlenme, eşikleme, iyileştirme, kontrast germe ya da histogram eşitleme olarak sıralanmaktadır. Histogram eşitliğine dayalı grafiklerde, gri ton değerine sahip olan piksellerin dağılımı



görüntüye ait bilgiyi vermektedir. Şekil 2.19’da, elde edilen görüntülerden oluşturulan histogram grafikleri verilmiştir.



**Şekil 2.19.** Histogram oluşumları

Eşitleme yöntemi kullanılarak, farklı gri ton seviyelerine sahip olan bir resim, sayısal bir formata yani 1 ve 0’lardan oluşan bir matris formatına dönüştürülerek histogramların oluşturulması sağlanmaktadır. Çıkış görüntüsüne ait ilgili piksel için eşikleme yapılırken, bir eşik değeri belirlenir ve bu eşik değeri üzerindeki veriler için 1 değeri, aşağıda kalan veriler içinse 0 değeri atanır.

## 2.8. Görüntü Analizi

Görüntü analizi işlemi; bir görüntünün sayısal piksellerinden elde edilmiş olan zıtlık ya da yoğunluk değerlerine bakılarak, bazı ölçme işlemleri yapmak ve bu ölçmelere göre hesaplama yapmaktır. Günümüzde görüntü analizi; bir nesneden elde edilen görüntü üzerindeki hataların tespiti için kullanıldığı gibi, farklı sektörlerle yönelik gelişmiş uygulamalarda da kullanılmaktadır. Görüntü analizi işlemi aşağıda ayrıntılı olarak açıklanacak olan nesne tanıma, şablon oluşturma, veya tarama yöntemlerinden bir veya birkaçının bir arada kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir.

### 2.8.1. Nesne Tanıma

Ayrıntılı nesne tarama amacıyla kullanılan nesne tanıma işlemi, ayrıntısı aranan nesnenin farklı açılardan elde edilmiş görüntüleri ile gerçekleştirilir. Nesne tanıma işlemi, bir nevi şablon üzerinden tanıma gerçekleştirme işlemidir. Eksiksiz olan nesne, şablon

olarak kullanılır. Taranacak olan nesne üzerindeki istenilen değerlerin ya da verilerin olup olmadığına bakılmak isteniyorsa, daha önceden kayıt edilen şablon üzerindeki tüm veriler karşılaştırılır.

### **2.8.2. Şablon**

Tekstilde kullanılan hata tespit işlemlerinde, örnek kumaş dokusu ya da görüntüsünden bir şablon oluşturulur ve yapay görme sistemi sürekli bu şablonu takip eder. Şablonun dışında farklı desen, doku ya da renk değerleri algılandığında kullanıcılara bilgi verilmektedir. Yani şablon işlemi, taranacak olan nesnenin görüntüsünün eksiksiz bir biçimde alınması işlemi olarak tanımlanabilir. Burada önemli olan faktör, şablonun yüksek kontrast değerlerine sahip olmasıdır.

Şablonların belirlenmesinde, kullanıcılar tarafından belirlenen bölgeler çizilir ve şablon ile taranan nesnenin karşılaştırması gerçekleştirilebilir veya yüksek çözünürlüğe sahip bir başka nesneden görüntü alınabilir. Elde edilen görüntüler arasında karşılaştırma yapılarak hata denetimi işlemi gerçekleştirilir.

### **2.8.3. Tarama Yöntemleri**

Yapay görme sistemlerinin çok çeşitli uygulama alanları vardır. Endüstriyel anlamda yaşanan birçok probleme çözüm getirmiş olan yapay görme sistemleri, mevcut verilerin istenilen veriler ile karşılaştırılmasını ve hata olarak belirlenmiş işlemlerin ayrılmasını sağlamaktadır. Endüstriyel alanlarda tarama yöntemleri karşılaştırma işlemleri için sıklıkla kullanılmaktadır. Tarama yöntemleri konvolüsyon ve korelasyon olmak üzere farklı iki teknik kullanılarak yapılmaktadır.

#### **2.8.3.1. Konvolüsyon Tekniği**

Konvolüsyon tekniği, bir piksele ait değerinin çevresindeki piksellerin ağırlıklı ortalaması ile bulunmaktadır. Konvolüsyon kerneli olarak adlandırılan bir matrisin (h) katsayılarına göre seçilen pikselin çevresinde yer alan piksellerin gri seviyelerinin ağırlık hesaplaması yapılır. Filtreleme işleminde, konvolüsyon uygulayacak olan fonksiyona, konvolüsyon kerneli ya da kalıbı adı verilmektedir. (Duda ve Hart, 1973)

#### **2.8.3.2. Korelasyon Tekniği**

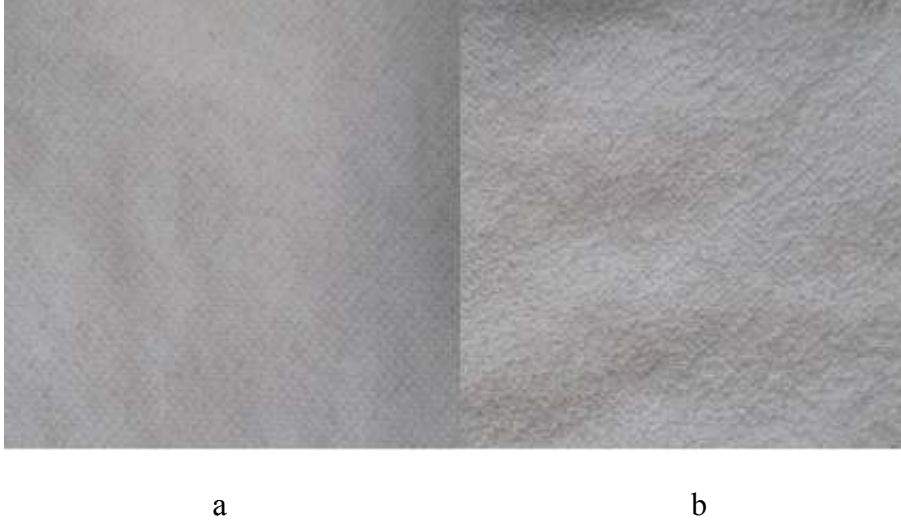
Konvolüsyon işlemine benzeyen korelasyon tekniği; çıkış görüntüsünden elde edilen piksellerin, giriş görüntüsünden elde edilen pikseller ile aynı komşuluğa sahip piksellerin ağırlıklı toplamına eşittir. Konvolüsyon tekniğinden farklı olan yanı ise korelasyon kernelinin döndürülmez olmasıdır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Bu tez çalışmasında hata tespiti yapmak amacıyla %100 pamuktan imal edilmiş havlı örme kumaş kullanılmıştır. Havlı (Pelüş) örgüler tek plaka yuvarlak örme makinalarında üretilen havlı (pelüş, kadife, havlu) kumaşların üretiminde kullanılan örgülerdir. Havlı örgülerde makinaya iki farklı iplik beslenerek birinci ipliğin zemini, ikinci ipliğin ise havları oluşturması sağlanır. Hav ipliğinin yüzeyde hav oluşturması özel hav platinleri sayesinde hav ipliğinin örme kumaş yüzeyinde uzun ilmekler oluşturması

teknikine dayanır. Havlı örgü ile oluşturulan kumaş ön yüzünde süprem örgü görüntüsü ters yüzünde ise havlı görüntü hakimdir (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Havlı kumaşa ait a) ön yüz ve b) arka yüz görüntüleri

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere kumaş numunesi 7 ilmek/cm çubuk sıklığına ve 12 ilmek/cm sıra sıklığına ve 150 gram/m<sup>2</sup> gramaj değerine sahiptir.



**Şekil 3.2.** Havlı örme kumaş görüntüsü

### 3.2. Aletler ve Cihazlar

Hata tespit cihazının geliştirilmesi için arduino nano ve TSL201R optik çizgi sensörü kullanılmıştır. Ayrıca programın derlenmesi için java programlama dilinden faydalanılmış, optik sensörden elde edilen verilerin bilgisayar ortamında grafiksel dönüşümü sağlanmıştır.

Kumaş numunesinin, top halinde kumaş sarma makinasından bir diğer sarma makinasına aktarılarak geçişi sağlanmış ve hata tespit işlemi, bu geçiş esnasında gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.1. Arduino Nano Devre Kartı Donanım Yapısı

Arduino nano, içerisinde Atmega168 ya da Atmega328 mikro denetleyici barındırmaktadır. Gravitech firması tarafından tasarlanmıştır ve çeşitli projeler için kullanılmaktadır. Arduino nano devre kartı; kumaştan TSL201R optik çizgi sensörü aracılığıyla alınan verilerin Java programına aktarılarak java programlama dilinin yardımıyla işlenmesini ve histogramların oluşturulmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Şekil 3.3'te arduino nano devre kartına ait ön ve arka yüz görüntüleri görülmektedir.



Şekil 3.3. Arduino nano (a-Ön yüz, b-Arka yüz)

Tablo 3.1'de arduino nano hakkında teknik bilgiler verilmiştir.

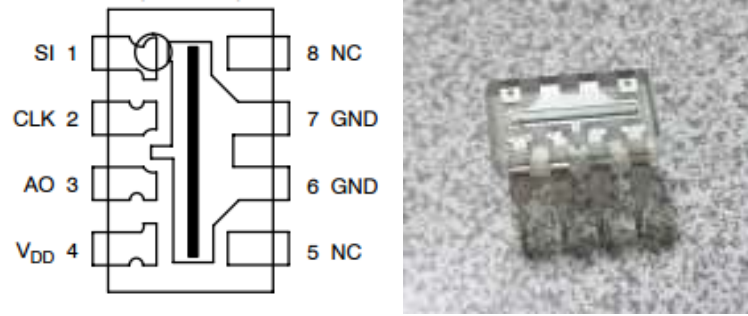
Tablo 3.1 Arduino nano teknik özellikleri

Teknik Özellik	
Mikrodenetleyici	ATmega328 V3 öncesi ATmega168
Çalışma gerilimi	+5 V DC
Besleme gerilimi limiti	6 – 20 V

<b>Tavsiye edilen besleme gerilimi</b>	7 – 12 V Dc
<b>Analog giriş pinleri</b>	8 adet
<b>Dijital giriş/çıkış pinleri</b>	14 adet (6'sı PWM çıkışını desteklemektedir.)
<b>SRAM</b>	Atmega168 için 1KB, Atmega328 için 2KB
<b>Flash Hafıza</b>	Atmega168 için 16KB, Atmega328 için 32KB
<b>EEPROM</b>	Atmega168 için 512 byte, Atmega328 için 1KB
<b>Saat Frekansı</b>	16MHz
<b>Ağırlığı</b>	5g
<b>Boyutları</b>	18mm X 45mm

### 3.2.2. TSL201R Optik Çizgi Sensörü

TSL201R optik çizgi sensörü kumaştan veri almak amacıyla kullanılmaktadır. Bu sensör Taos firması tarafından üretilmekte ve temini de Elkatek firması tarafından sağlanmıştır. TSL201R çizgi sensörü, 64x1 fotodiyot dizisi ve şarj amplifikatörden oluşan bir devredir. Sensör üzerindeki işlemler sadece bir seri giriş sinyali gerektiren iç kontrol mantığı ile kolaylaştırılmış durumdadır. TSL201R sensörü, işaret algılama ve kod uygulamalarını geniş bir yelpazede kullanmak üzere tasarlanmıştır. Bu sensör; optik karakter tanıma (OCR), kenar algılama, konumlandırma ve üç boyutlu modelleme gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. TSL201R optik çizgi sensörüne ait görüntü Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. TSL201R optik çizgi sensörü

Tablo 3.2 TSL201R optik çizgi sensörü terminal fonksiyonları (Taos)

Terminal Adı	No	Açıklama
<b>AO</b>	<b>3</b>	Analog çıkış.
<b>CLK</b>	<b>2</b>	Saat. Saat yük transfer kontrolü, piksel çıktısı ve resetleme.
<b>GND</b>	<b>6,7</b>	Zemin. Tüm gerilimler zeminden referans alır.

<b>SI</b>	<b>1</b>	Seri giriş. SI veri çıkış dizininin başlangıcını tanımlar.
<b>V<sub>DD</sub></b>	<b>4</b>	Besleme gerilimidir. Analog ve dijital devrelerin her ikisi için besleme sağlar.

TSL201R, doğrusal dizi halinde düzenlenmiş 64 adet fotodiyot içermektedir. Foto diyot üzerine çarpan ışık enerjisi pikseli ile aktif entegrasyon devresi, foto akım oluşturmaktadır. Entegrasyon süreci sırasında bir analog anahtar aracılığıyla birleştirici çıkışına bir örnekleme kapasitör bağlıdır. Her bir pikselin şarj birikim miktarı, ışık yoğunluğu ve entegrasyon zamanı ile doğru orantılıdır. İki ardışık çıkış noktası arasındaki aralık, entegrasyon aralığı olarak belirlenmiştir.

Entegratörlerin sıfırlanması ile çıkışları 64 bit olan lojik kayıtlar yer değiştirir. Bir çıkış döngüsü pozitif gidiş saat eşiği için, SI üzerindeki lojik 1 üzerinde başlatılır. Tablo 3.2’de TSL201R optik çizgi sensörüne ait terminal fonksiyonları belirtilmiştir. AO, SI titreşim ile 64 bit kaydırma hızına sahip olarak kayıt yapmaktadır. Her pikselin örnekleme kapasitör yükü sırayla bir voltaj çıkışı üretmektedir. Düşük bit değerleri olduğu zaman, piksel entegratörü sıfırlanır. SI titreşimde yüksek empedans durumunu çıkış sayar ve kayıtları değiştirir. Analog çıkışta elde edilen voltaj 3.1 denklemindeki gibi elde edilir:

$$V_{out} = V_{drk} + (Re)(Ee)(t_{int}) \quad (3.1)$$

$V_{out}$  = Beyaz durum için analog çıkış voltajı

$V_{drk}$  = Siyah durum için analog çıkış voltajı

$R_e$  = Verilen ışığın dalga boyu için aygıt duyarlılığı ( $V/(\mu J/cm^2)$ )

$E_e$  = Parlama olduğunda ( $\mu W/cm^2$ )

$T_{int}$  = Entegrasyon saniye süresi

AO (tipik 330  $\Omega$ ) harici düşürme direnci gerektiren bir kaynak takipçisi ile tahrik edilir. 0V hiçbir ışığın olmadığı durumlar için çıkış verisidir. 2V normal beyaz düzeyler için, 3,4V ise doymuş ışık düzeyleri için çıkış verileridir. Cihaz çıkış fazları aynı fazda olmadığı zaman, AO yüksek empedanslı durum anlamını taşımaktadır. Tablo 3.3’te TSL201R optik çizgi sensörüne ait çalışma bilgileri verilmiştir.

**Tablo 3.3** TSL201R optik çizgi sensörü çalışma koşulları (Taos)

	<b>Min</b>	<b>Normal</b>	<b>Mak</b>	<b>Birim</b>
<b>Besleme gerilimi, V<sub>DD</sub></b>	4.5	5	5.5	V

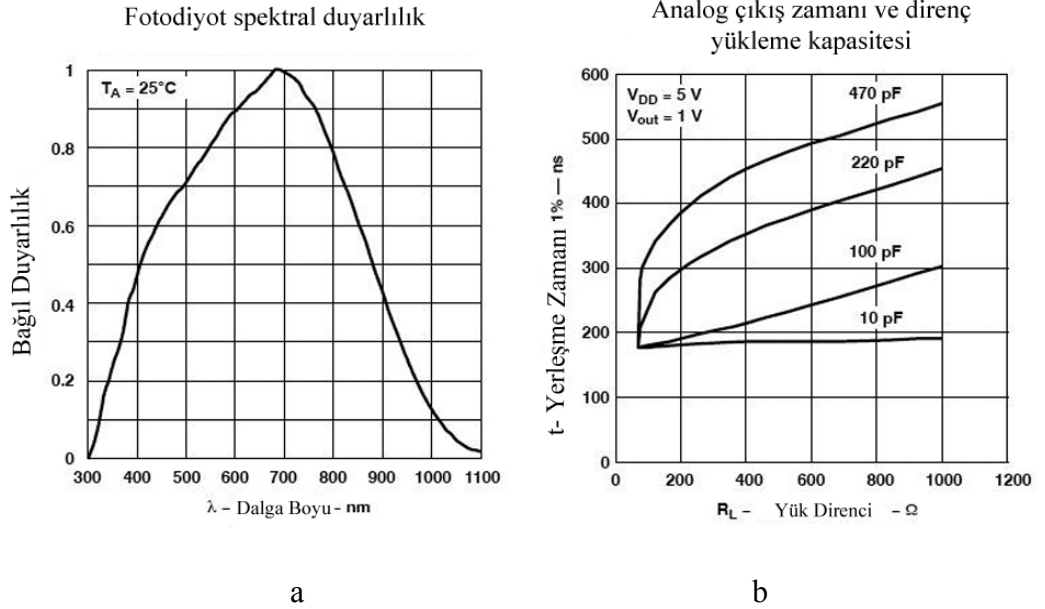
Giriş gerilimi, $V_I$	0		$V_{DD}$	V
Yüksek seviyeli giriş gerilimi, $V_{IH}$	2		$V_{DD}$	V
Düşük seviyeli giriş gerilimi, $V_{IL}$	0		0.8	V
Işık kaynağının dalga boyu, $\lambda$	400		1000	nm
Saat frekansı, $f_{clock}$	5		5000	kHz
Sensör entegrasyon süresi, $t_{int}$	0.017		100	ms
Çalışma hava sıcaklığı, $T_A$	0		70	°C
Yük direnci, $R_L$	300		4700	$\Omega$
Yük kapasitesi, $C_L$			470	pF

Minimum entegrasyon süresi 3.2’de verilen denkleme göre hesaplanmaktadır.

$$T_{int(min)} = \left( \frac{1}{\text{Maksimum Saat Frekansı}} \right) \times n \quad (3.2)$$

n=Piksel sayısı,

Bu denklem kullanılarak; TSL201R optik çizgi sensörünün minimum entegrasyon süresi,  $T_{int(min)}=200\text{ns} \times 64 = 12.8 \text{ ns}$ ’dir. Burada önemli olan nokta; tüm piksellerin frekans değerleri aynı ise çıkış verileri de aynı olacaktır. TSL201R optik çizgi sensörünün duyarlılık ve direnç grafikleri Şekil 3.5’te verilmiştir.

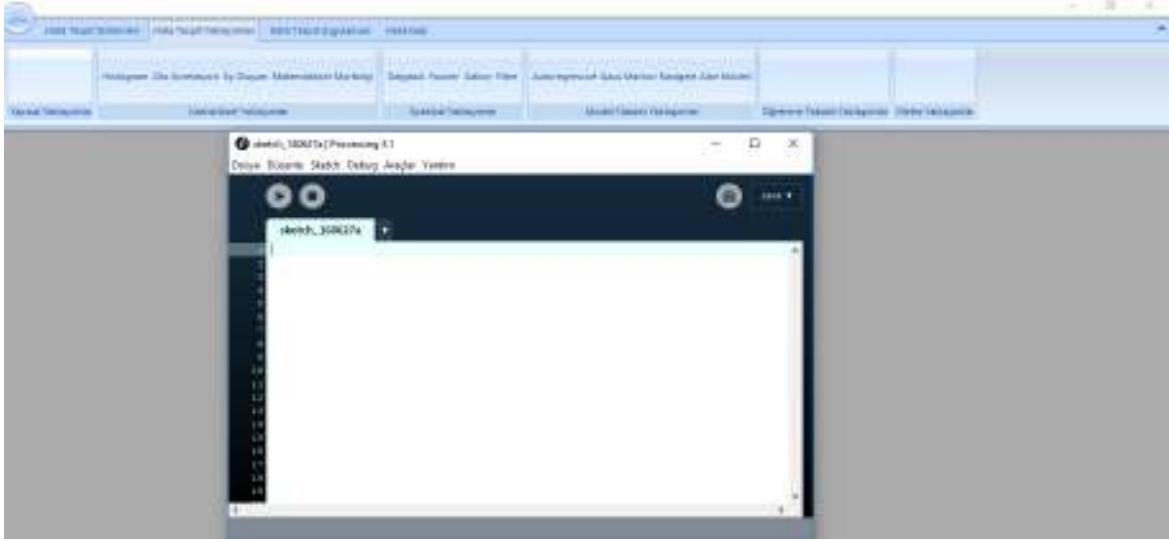


Şekil 3.5. TSL201R optik çizgi sensörünün a) Duyarlılık grafiği ve b) direnç grafiği (Taos)



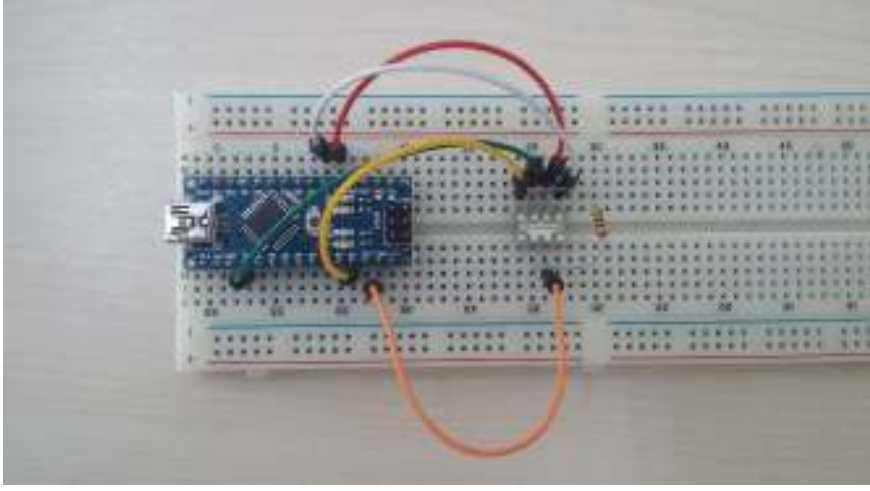
### 3.3. Yöntem

Kullanıcı arayüzü; Microsoft visual studio 2015 platformunda, C# programlama dilinde ve masaüstü uygulaması şeklinde hazırlanmıştır. Program içerisinde çalışan, entegre java kütüphanesi bulunmaktadır. Histogram grafikleri, java programlama dilinde kodlanmış yazılım ile processing 3.0.1 programında derlenmektedir. Şekil 3.6’da programa ait kullanıcı arayüzü verilmiştir.

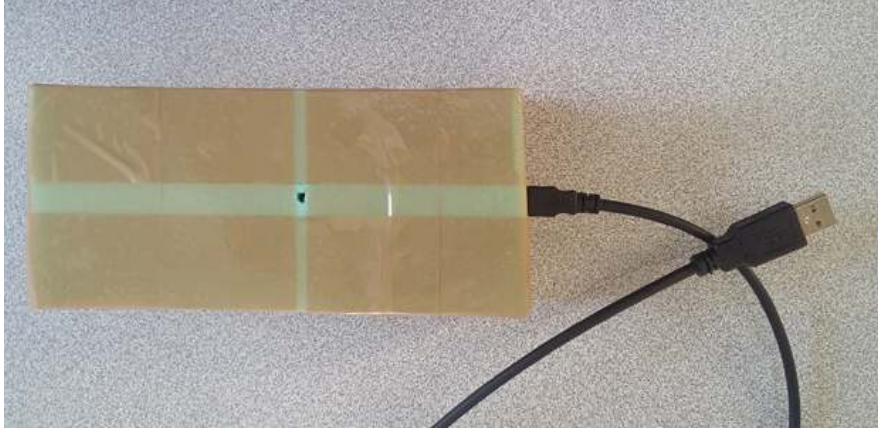


**Şekil 3.6.** Hata tespit sistemi uygulaması kullanıcı arayüzü

Şekil 3.5’te verilen hata tespit cihazına ait kullanıcı ara yüzünde, kullanıcılar için temel yaklaşımlar ve tez içeriğinde yer alan insan ve makine odaklı sistemlere yer verilmiştir. Arduino nano ve TSL201R optik çizgi sensörü kullanılarak, bu tez çalışmasında tasarlanan ve geliştirilen hata tespit cihazı, Şekil 3.7’da gösterildiği gibi entegre edilmiştir. Optik sensörün duyarlılığını artırmak ve entegrasyon sürecini kısaltmak için hata tespit cihazı, kapalı bir kutu içerisine alınmıştır (Şekil 3.8). Böylece, hata tespit cihazının gürültü ve ışık gibi dış etkilerden soyutlanması sağlanmıştır.

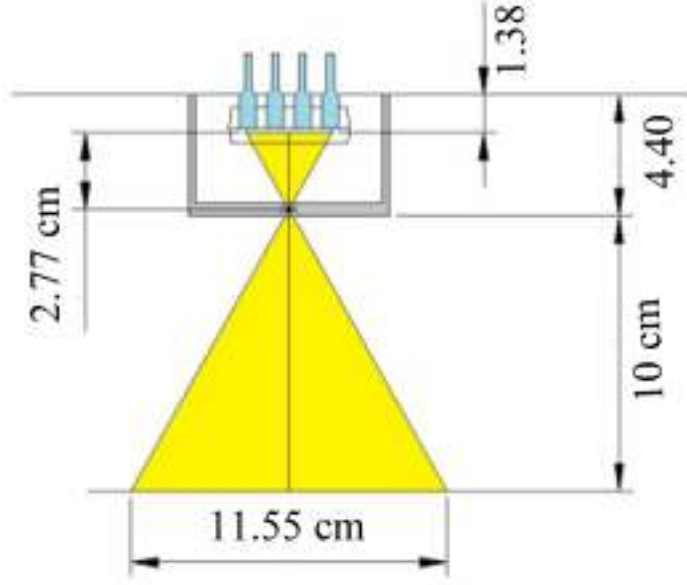


**Şekil 3.7.** Arduino Nano ve TSL201R optik çizgi sensörünün board üzerine entegrasyonu



**Şekil 3.8.** Arduino nano ve TSL201R

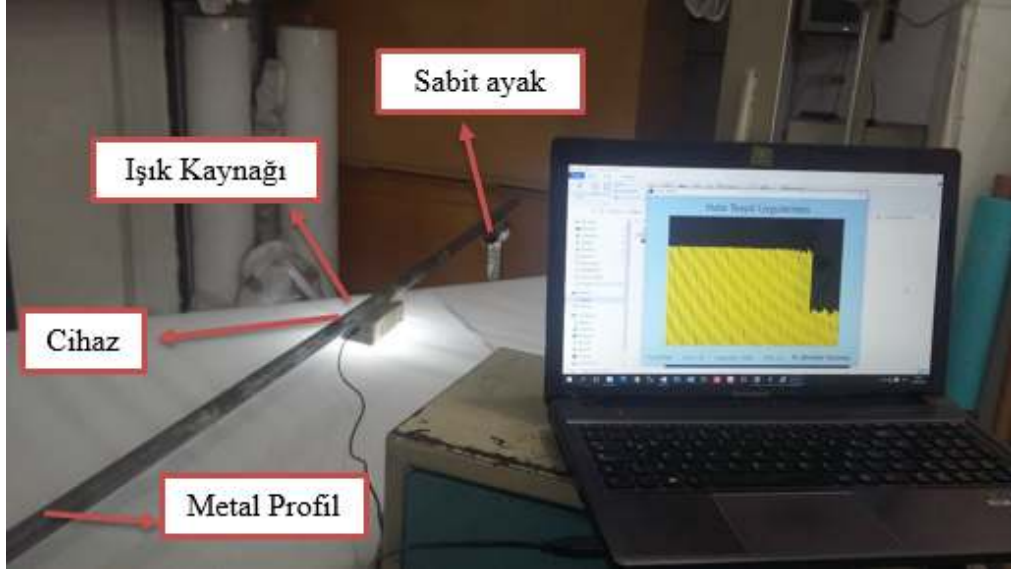
Optik sensöre ait optimum çalışma uzaklık verileri, Şekil 3.9'da yer almaktadır.



**Şekil 3.9.** Optik çizgi sensörü çalışma uzaklık verileri (Taos)

Tek bir optik sensör 11.55 cm'lik bir alanı tarayabilmektedir. Optik çizgi sensörünün kullanım açısı ne kadar artarsa, alınan veri aralığı da o kadar artmaktadır. Fakat görüntü alınacak yüzeyden uzaklaştıkça, optik sensörün algılayacağı veriler, çevresel ışık ya da diğer etkenlerin girmesi ile olumsuz etkileneceğinden, ölçme işlemi istenilen nitelikte ve doğrulukta gerçekleşmeyecektir. Bu nedenle; bu tez çalışmasında da hata tespit cihazı, TSL201R optik çizgi sensörünün üretildiği Taos firmasının belirttiği optimum 10 cm'lik yükseklikte sabitlenerek, ölçme işlemi yapılmıştır.

Şekil 3.10'da de görüldüğü üzere; kapalı kutu formuna getirilen hata tespit cihazı, sabit ayaklı ve metal bir profil üzerine monte edilmiştir. Cihaz; algıladığı verilerin işlenmesi amacıyla, 5V değerindeki usb kablo aracılığı ile bir laptopa bağlanmıştır. Kumaş akışı, karşılıklı olarak yerleştirilen iki adet kumaş sarma makinesi arasında sağlanmıştır. 302,5 mm'lik uzunluğu sahip beyaz floresan ışık kaynağı, bu iki kumaş sarma makinesi arasındaki boşluğa ve hata tespit cihazının tam altına gelecek şekilde bağlanmıştır.



**Şekil 3.10.** Hata tespit cihazının uygulaması

Örme işlemi sırasında; örme kumaşlarda iplik ve/veya makine hatalarından kaynaklı; sökülük, delik, kalın-ince yer, yağ lekesi vb. gibi hatalar oluşabilmektedir. Bu çalışmada, geliştirilen hata tespit cihazı ile örme havlı kumaş üzerinde bulunan; ilmek düşmesi, uçuntu hatası, yağ lekesi, enine yönde çizgi hatası, patlak ve boncuklanma olmak üzere 6 tip hata tespit edilmeye çalışılmıştır. 30 metre top halindeki örme havlı kumaş, iki kumaş sarma makinası arasında, dakikada 17.7 metre hız ile, birinden diğerine sardırılarak aktarılmıştır. Kumaş, üç kez aynı tarama işleminden geçirilmiştir. Her tarama sonucunda elde edilen histogram grafikleri birbiri ile karşılaştırılmış ve her bir farklı hata türüne ait histogram grafiklerinin tıpatıp aynı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen en iyi entegrasyon süresinde (536 milisaniyede), hata tespit cihazının saniyede almış olduğu görüntü sayısı (FPS (Frames Per Second)) değeri 10.6 fps olarak ölçülmüştür. Yapay görme sistemi kullanılarak gerçekleştirilen benzer çalışmalarda ise elde edilen fps değerinin 2 ile 25 fps değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. [(Abouelela vd., 2005), (Carfagni vd., 2005), (Schmitt vd., 2015)].

İstatistiksel yaklaşımlar içerisinde incelenen oto korelasyon temelli yaklaşıma göre hata tespiti, düzenli yapıları inceleyerek elde edilir. Kumaş üzerinde ki düzenli yapıların dışında bir veri ile karşılaşıldığı durumlarda, aşağıdaki şekillerde olduğu gibi histogramlarda tepelikler ya da dalgalanmalar meydana gelmektedir. Genel olarak sistemin çalışma prensibi; kumaş yüzeyi arkasında yer alan ışık kaynağından sensöre yansıyan ışık miktarı ile bir dalga boyu yakalanması esasına dayanmaktadır. Bu dalga boyu, kumaş yüzeyi boyunca sabit kalmaktadır. Fakat sensör bir hata ile karşılaştığında, sensöre

yansıyan ışık miktarı değiştiğinden dalga boyları da değişeceğinden, histogramlarda tepcikler ve çukurlar oluşmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilmiş olan hata tespit cihazındaki arduino nano devre kartına alternatif olarak farklı devre kartları da mevcuttur. “Raspberry pi” devre kartı da bunlardan biridir. Raspberry pi ile geliştirilebilecek kamera odaklı alternatif sistemlerde, “cmos” kameralar kullanılmaktadır. Fakat cmos kameralar, arduino ile uyumlu olmadığından dolayı tez çalışmasında kullanılmamıştır. Raspberry pi devre kartı ve cmos kamera ile geliştirilecek olan bir hata tespit cihazının, hem boyutsal anlamda daha büyük olması hem de daha nitelikli bilgisayar işlemcisi gerektirmesi nedeni ile bu tez çalışmasında tercih edilmemiştir.

Tezde geliştirilen hata tespit cihazında kullanılan TSL201R optik çizgi sensörüne alternatif olarak farklı webcam’ler bulunmaktadır. Ancak webcam yardımıyla 800x2 piksel boyutunda alınan görüntülerin tarama işlemlerinin yapılabilmesi için daha donanımlı bilgisayar ve yazılımlar gerekmektedir.






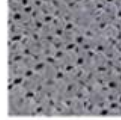








#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında geliştirilen hata tespit cihazından elde edilen veriler, istatistiksel bir yaklaşım olan oto korelasyon temelli yaklaşım ile değerlendirilerek aşağıda detaylarıyla açıklanan araştırma bulguları elde edilmiştir. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere oto korelasyon yaklaşımının seçilmesinin nedeni; oto korelasyon yönteminin, aydınlatma ve gürültü değişimlerine karşı çok korunumlu bir yapısının olması ve bu yapısı ile istatistiksel yaklaşımlardan daha üstün olmasıdır.

Oto korelasyon yönteminde ayrıca belirli tip kumaş görüntüleri üzerindeki sınıflama doğruluk oranı, morfolojik yaklaşımların doğruluk oranına göre de daha fazladır. Bu çalışmada; arduino ve TSL201R optik çizgi sensörü kullanarak minimum maliyette bir hata tespit cihazının prototipi geliştirilmiş ve oto korelasyon yaklaşımı kullanılarak hata tespit uygulaması gerçekleştirilmiştir. Oto korelasyon yöntemi sayesinde, hata tespit cihazından alınan görüntülerin, hata türlerine göre histogram grafiklerine dönüştürülmesi ( tepecik, vadi, çukur) sağlanmıştır.

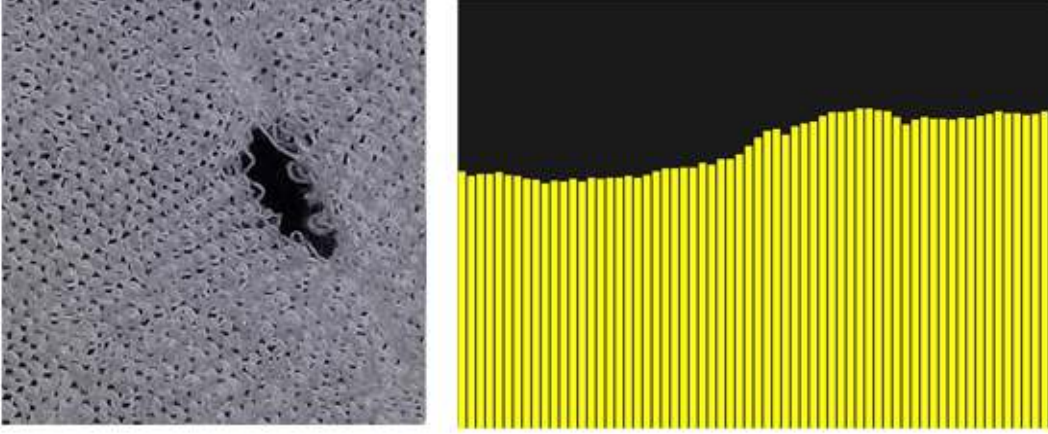
Çalışma kapsamında; hata tespit cihazından elde edilen hatalı ve hatasız kumaş görüntüleri ve oto korelasyon ile histogramlara dönüştürülen görüntüler Şekil 4.1’de toplu olarak gösterilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde; histogramların oluşma şeklinin, kumaş altındaki ışık miktarının ne kadarının kumaşı geçerek TSL201R optik çizgi sensörüne ulaştığının hesaplanması olduğu görülmektedir. Böylece kumaştan geçebilen ışık histogramda tepecikler oluştururken geçemeyen ışık çukurluklar oluşturmuştur.

Şekil 4.1’de de görüldüğü gibi; hata tipleri, farklı şekillerde histogram grafiklerinin elde edilmesine neden olmuşlardır. Örneğin; bir patlak hatasının histogramı, bir yükselti şeklinde iken yağ lekesinin histogramı, bir çukur şeklinde ortaya çıkmıştır. Hatanın yer almadığı kumaş görüntüsünün histogramı ise, hiç girinti ve çıkıntıların yer almadığı düz bir histogram şeklindedir. Boncuklanma, enine yönde çizgi hatası ve uçuntu hatalarının histogramları da kendi aralarında benzerlik göstermiştir. Bunun nedeni; boncuklanma ve uçuntu hatalarının kumaş yüzeyinde birbirlerine benzer görüntü oluşturmuş olmalarıdır. Ancak bu tabloda ilginç olan, enine yönde çizgi hatasının da boncuklanma ve uçuntu hataları ile yakın histogram grafiği vermiş olmasıdır.

Hata Türleri	Hata Histogramı	Kumaş Görüntüsü
Hatasız kumaş		
İlmek düşmesi		
Uçuntu hatası		
Yağ lekesi		
Enine yönde çizgi hatası		
Patlak		
Boncuklama		

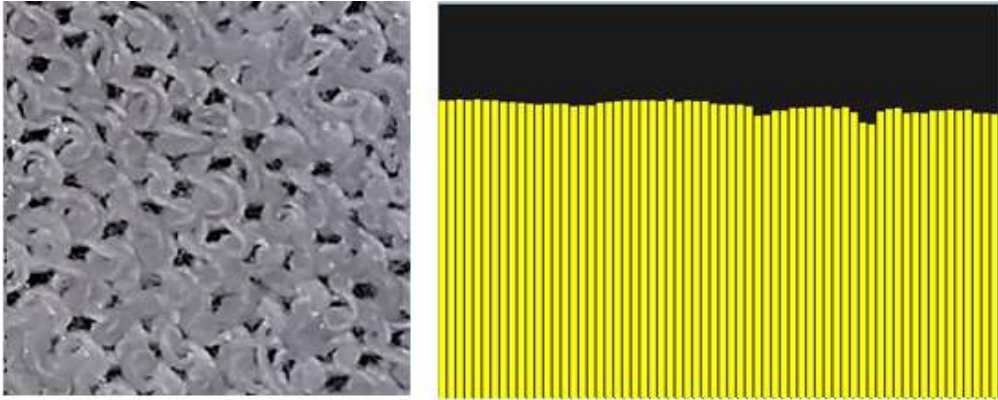
**Şekil 4.1.** Örme kumaştaki hata görüntüleri ve histogramları

Kumaş üzerindeki ilmek düşmesi hatasının görüntüsü ve bundan kaynaklı oluşan hatanın histogramı Şekil 4.2’de verilmiştir. Hatasız kumaş histogramı ile karşılaştırıldığında hafif bir tepeliğin olduğu görülmektedir. Bunun nedenin; ilmek düşmesi hatasında kumaşa meydana gelen boşluğu, yer yer düşen ilmeklerin ayak-bacak veya baş kısımlarının doldurmuş olabileceği düşünülmektedir.



**Şekil 4.2.** İlmek düşmesi hatası kumaş görüntüsü ve histogramı

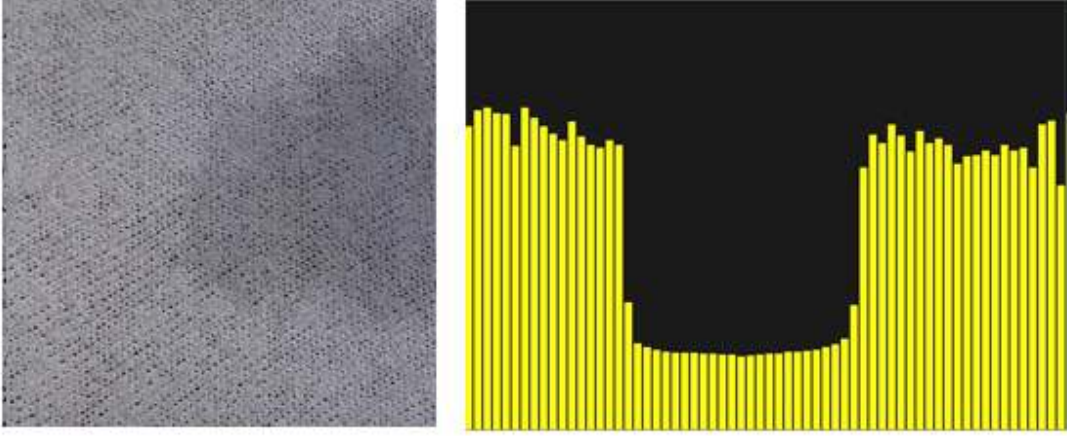
Kumaş üzerindeki uçuntu hatasının görüntüsü ve bundan kaynaklı oluşan hatanın histogramı Şekil 4.3’de verilmiştir. Uçuntuların olduğu yerlerde optik sensöre ulaşan ışık miktarı daha az olduğundan buralarda aralıklı olarak çukurluklar meydana gelmiştir.



**Şekil 4.3.** Uçuntu hatası kumaş görüntüsü ve histogramı

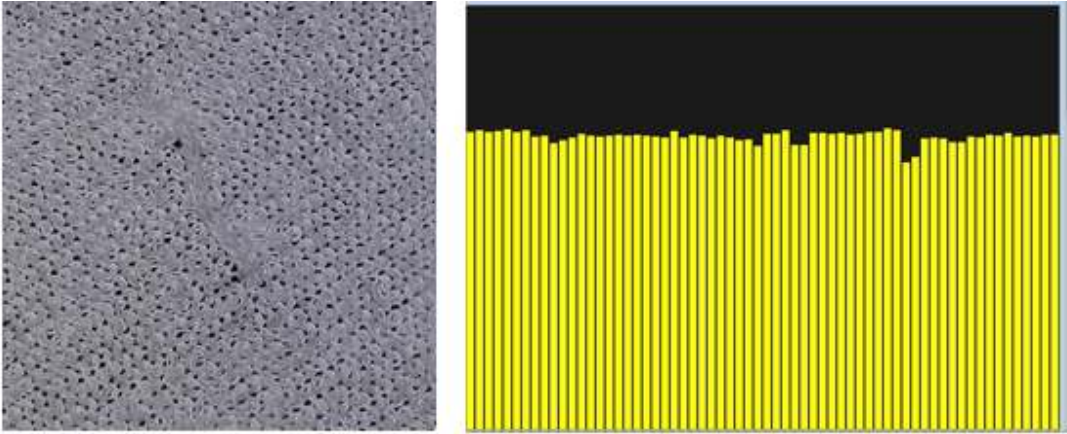
Kumaş üzerindeki yağ lekesi hatasının görüntüsü ve bundan kaynaklı oluşan hatanın histogramı Şekil 4.4’de verilmiştir. Kumaş görüntüsünden de anlaşılacağı üzere yağ lekesi kumaşın gözeneklerini kapatmış ve ışığın geçmesini önemli ölçüde engellemiştir. Bu nedenle histogramda yağ lekesinin yoğun olduğu kumaş bölgesi ışığı geçirmediğinden dolayı çukur olarak ortaya çıkmıştır.





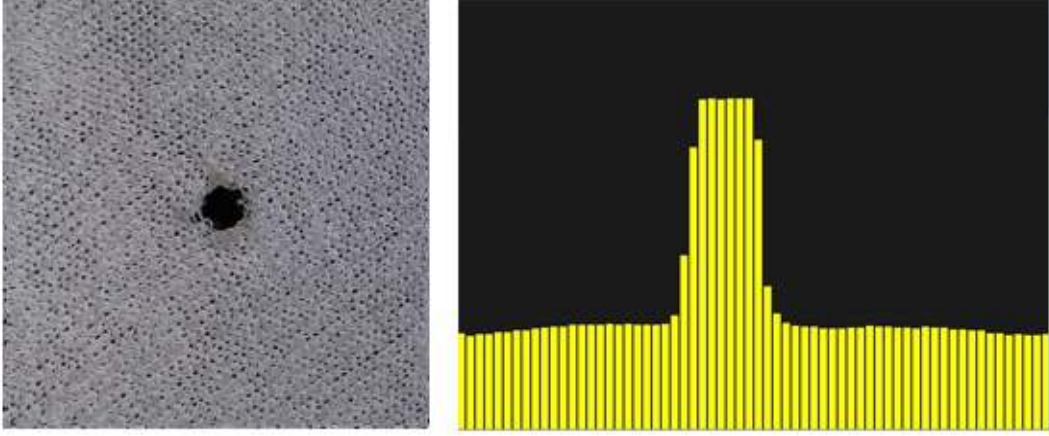
**Şekil 4.4.** Yağ lekesi hatası kumaş görüntüsü ve histogramı

Enine yönde kumaş hatasının kumaş üzerindeki görüntüsü ve bu hatanın histogramı Şekil 4.5’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi bu hatanın histogramı uçuntu hatasının histogramı ile benzerlik göstermektedir (Şekil 4.3). Bunun nedeni; enine yöndeki çizgi hatasında, kumaş altındaki beyaz ışık bazı yerlerde optik sensöre ulaşırken bazı yerlerde ise daha az ulaşmış veya hiç ulaşmamıştır. Işığın ulaştığı bölgeler histogramda yükselti olarak görünürken, ışığın ulaşmadığı ya da daha az ulaştığı yerler histogramda çukurlar olarak görünmektedir.



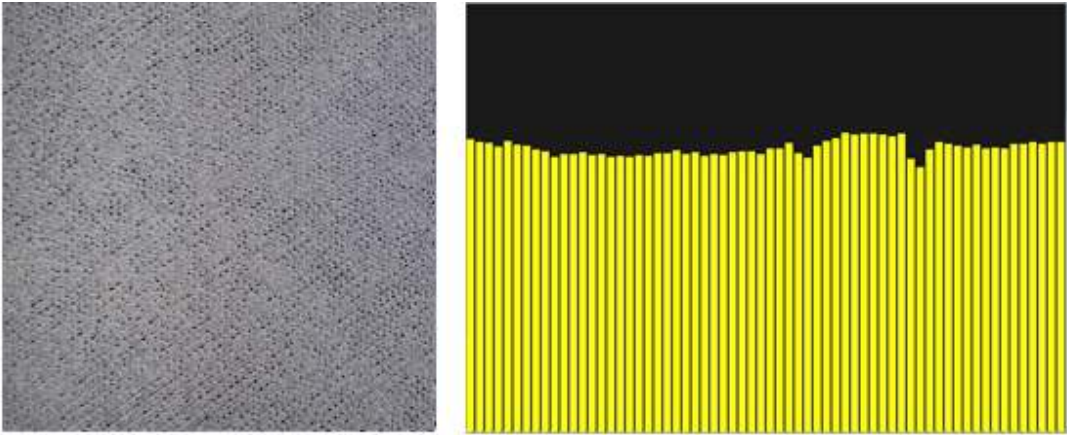
**Şekil 4.5.** Enine yönde hata kumaş görüntüsü ve histogramı

Kumaş üzerindeki patlak hatasının görüntüsü ve bundan kaynaklı oluşan hatanın histogramı Şekil 4.6’da verilmiştir. Şekil incelendiğinde patlağın olduğu bölgede ışık geçişi maksimum olduğundan bu bölge yüksek tepe şeklinde kendini göstermiştir.



**Şekil 4.6.** Patlak hatası kumaş görüntüsü ve histogramı

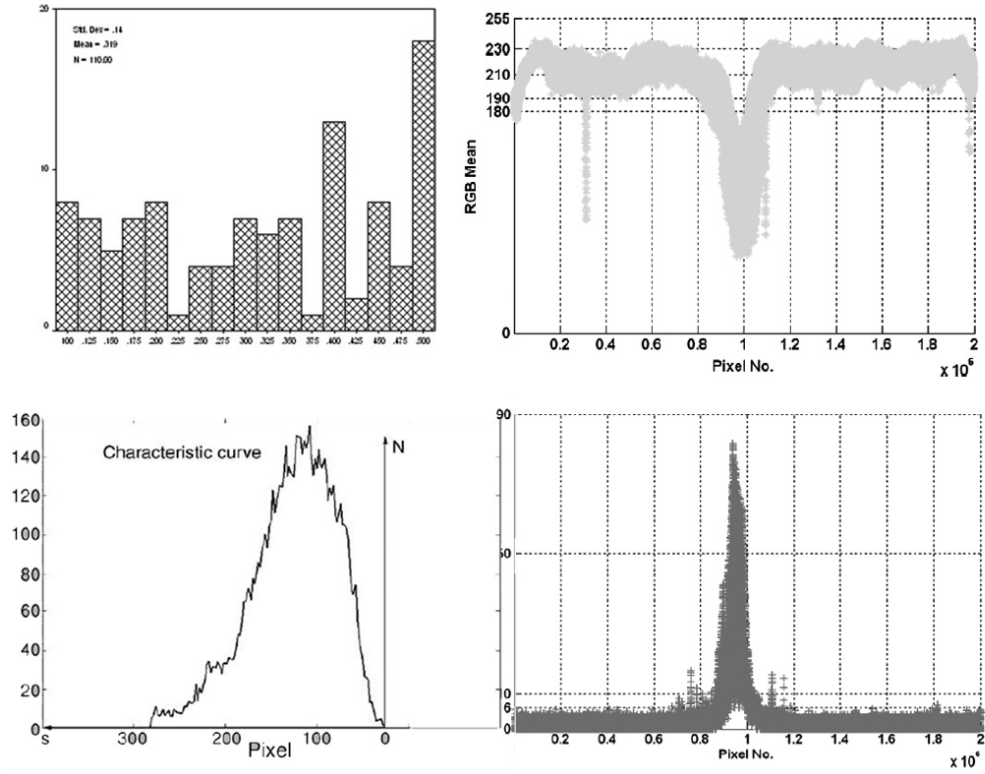
Boncuklanma hatasına ait kumaş görüntüsü ve bu hatanın oluşturduğu histogram grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir. Giriş kısmında da detaylarıyla bahsedildiği üzere boncuklanma hatası, kumaş yüzeyinde oluşturduğu görüntü itibariyle uçuntu hatasına benzemektedir. Boncuklanma hatasında, lifler topaklanarak kümecikler oluşturmakta ve bu kümecikler kumaşa bağlı kalmaktadır. Hata tespit uygulaması aşamasında beyaz ışık, bu kümeciklerin olduğu bölgelerde ışığı daha az geçirerek histogramda çukurların oluşmasına neden olmuştur.



**Şekil 4.7.** Boncuklanma hatası kumaş görüntüsü ve histogramı

Bu tez çalışması kapsamında, örme havlı kumaş üzerinde bulunan bazı hata tiplerinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen hata tespit cihazı, beklenen hassasiyet değerleri ile istenilen ölçümleri gerçekleştirmiştir. Yapılan literatür incelemesi sonucunda,

bu tez kapsamında geliştirilen hata tespit cihazından elde edilen histogramların literatürdeki yakın çalışmalarda elde edilen histogram görüntüleri ile benzer oldukları gözlemlenmiştir [(Abouelela vd., 2005), (Carfagni vd., 2005), (Schmitt vd., 2015), (Yang vd., 2011), (Saeidi vd., 2013)].



Şekil 4.8. Çalışmalara ait hata histogram grafikleri

## 5. SONUÇ

Hata tespit çalışmaları 1980'li yıllardan günümüze kadar sürekli gelişme içerisinde olmuştur. Makine ve otomasyon sistemlerinin getirmiş olduğu hız ve güvenilirlik, bu alanda daha fazla çalışmaların yapılmasını sağlamıştır.

Endüstriyel alanlarda kullanılan yapay görme sistemlerinin maliyetleri oldukça fazladır. Üreticiler için bu sistemlerin kurulumu ve kullanımı yüksek bütçeler gerektirmektedir. Küçük işletmelerde halen insan odaklı hata tespit sistemleri kullanılarak kumaş hataları tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu tez çalışmasında; mevcut pahalı hata tespit cihazlarına alternatif olabilecek düşük bütçeli, yapay görme sistemi tabanlı bir hata tespit cihazının tasarlanması ve aktif olarak uygulanması üzerine çalışılmıştır.

Tasarlanan hata tespit cihazı için; arduino nano devre kartı ve TSL201R optik çizgi sensörü board üzerine entegre edilerek kullanılmıştır. Çalışmanın yazılım alanındaki uygulaması, bu tez kapsamında C# programlama dili kullanılarak Microsoft Visual Studio platformunda geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında yazılan program içerisinde, java programlama dili ile hazırlanmış processing 3.0.1 programı, gömülü olarak kodlanmıştır. Yazılmış olan bu program ve istatistiksel bir yaklaşım olan oto korelasyon temelli yaklaşım ile; hata tespit cihazının almış olduğu verileri, histogram grafiklerine dönüştürme işlemi sağlanmıştır. Processing programı için Java programlama dilinde yazılan kodlar ile optik çizgi sensörünün her bir satırdan aldığı veriler için piksel değerleri üretilmiş ve bu değerlerin oluşturduğu hata grafiklerinin çizdirilmesi sağlanmıştır.

Tez çalışmasında geliştirilen hata tespit cihazı; kapalı kutu formunda olup, sabit ayaklı metal bir profil üzerine monte edilerek verilerin işlenmesi amacıyla, 5V değerindeki usb kablo ile bir laptopa bağlanmış ve sorunsuz olarak veri akışı sağlanabilmiştir. Kumaş üzerindeki hataların, hata tespit cihazı tarafından tespit edilebilmesi amacı ile örnek kumaşın, iki adet kumaş sarma makinesi arasında birinden diğerine sabit bir hız ile aktarılması başarıyla sağlanmıştır.

Tez kapsamında geliştirilen yapay görme sistemi tabanlı hata tespit cihazı kullanılarak havlı örme kumaşta; uçuntu, ilmek düşmesi, yağ lekesi, patlak, boncuklanma ve enine yönde çizgi hatası olmak üzere toplam altı tip hata incelenmiştir.

Söz konusu hatalardan uçuntu, boncuklanma ve enine yönde çizgi hataları birbirleri ile benzer (yer yer tepecik ve vadilerin oluştuğu) histogram grafikleri vermişlerdir. Buna neden olarak; boncuklanma ve uçuntu hatalarının kumaş yüzeyinde birbirlerine benzer görüntü oluşturmuş olmaları düşünülmüş fakat, enine yönde çizgi hatasının da

boncuklanma ve uçuntu hataları ile yakın histogram grafiği vermiş olması beklenmeyen bir sonuç olarak görülmüştür.

Hata tespit cihazının; uçuntu, boncuklanma ve enine yönde çizgi hatalarına karşı duyarlılığının olduğu fakat istenilen ayırt edilebilirlik lsnde yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. Buradan yola çıkararak; uçuntu, boncuklanma ve enine yönde çizgi hatalarının tespitinin mikro boyutlarda incelenmesi gerektiği düşünülmüştür.

İlmek düşmesi hatalarına karşı hata tespit cihazı beklenen hassasiyet değerini göstermiştir. Hatasız kumaş histogramı ile karşılaştırıldığında hafif bir tepecik ve dalgalanmaların olduğu görülmektedir. İlmek düşmesi hatalarının histogram grafikleri diğer hata türlerinden ayırt edilebilmektedir.

Kumaş üzerinde bulunan yağ lekeleri hataları için hata tespit cihazı, derin bir çukurluğun belirgin olduğu bir histogram grafiği vermiştir. Bunun nedeninin, yağ lekelerinin kumaş üzerindeki gözenekleri kapatmasından dolayı ışık kaynağının, optik çizgi sensörüne ulaşamaması olduğu düşünülmüştür. Hata tespit cihazı yağ lekeleri hatalarına karşı beklenen hassasiyeti fazlasıyla göstermiştir.

Patlak hatası ile ilgili olarak, hata tespit cihazından elde edilen histogram grafiğinin en tipik görüntüye sahip histogramlardan biri olduğu tespit edilmiştir. Kumaşta patlak hatasının yer aldığı bölge için histogramda büyük bir tepe meydana gelmiştir. Böylece; hata tespit cihazının, patlak hatalarına da karşı duyarlılığının olduğu görülmüştür.

İleriki çalışmalarda, arduino nano ve TSL201R optik çizgi sensörü kullanılarak geliştirilen hata tespit cihazı, daha yüksek işlem hızına sahip kartların kullanımı ile geliştirilebilir. İleri görüntü işleme yöntemleri kullanılarak, hata histogram değerleri kayıt altına alınabilir ve sınıflandırılabilir. Böylece kullanıcıları anında bilgilendirebilmek mümkün hale gelecektir. Buna ek olarak, kumaş hatası görüldüğü anda kumaş sarma makinası otomatik olarak sistem tarafından durdurularak hatalı kumaş dokusunun çıkarılması sağlanabilir. Çok sayıda optik çizgi sensörü kullanılarak kumaş eni boyunca hata tespit işlemine olanak sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Abouelela, A., Abbas, H.M., Eldeeb, H., Wahdan, A.A., Nassar, A.M., 2005. Automated vision System for localizing structural defects in textile fabrics. *Pattern Recognition Letters*, 26, 1435-1443.
- Abd J. R., Zeng, X., Koehl, L., Perwuelz, A., 2013. Modeling plasma surface modification of textile fabrics using artificial neural networks. *Artificial Intelligence* 26, 1854-1864.
- Atmaca, V., 2005. Örme Kumaşlardaki Üretim Hatalarının Görüntü İşleme Teknikleri İle Otomatik Tespiti ve Sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Anonim, 2008, Milli Eğitim Bakanlığı, *Tekstil Teknolojisi Örme Kumaş Hataları*, <http://www.cahilim.com/pdf/tekstil/orme-kumas-hatalari.pdf> (Erişim Tarihi: 23.05.2016)
- Anonim, 2011, Milli Eğitim Bakanlığı, *Tekstil Teknolojisi Örme Kumaş Hataları* 542TGD544, [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/%C3%96rme%20Kuma%C5%9F%20Hatalar%C4%B1.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/%C3%96rme%20Kuma%C5%9F%20Hatalar%C4%B1.pdf) (Erişim Tarihi: 16.06.2016)
- Aziz M.A., Haggag, A.S., Sayed M.S., 2013. Fabric defect detection algorithm using morphological processing and DCT, in: Communications, Signal Processing, and their Applications (ICCSPA), *1st International Conference on*, Sharjah, United Arab Emirates, 1-4.
- Bayazıt, A., 1999. *Atkı Örmeciliğine Giriş*, İzmir, Türkiye
- Baykut, A., Ozdemir S., Meylani, R., Ercil, A., Ertuzun, A., 1998. Comparative Evaluation of Texture Analysis Algorithms for Defect Inspection of Textile Products, in: *Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 1738-1741.
- Bradshaw, M., 1994. The Application of Machine Vision to The Automated Inspection of Knitted Fabrics, Department of Textiles, De Montfort University, Leicester, United Kingdom
- Blackwell, F.G., Company B.A., 1989. Machine Vision in The Tire Industry, Allen-Bradley Company, Milwaukee, Wisconsin, 89, 0-67.
- Bu H.G., Wang J., Huang X., 2009. Fabric defect detection based on multiple fractal features and support vector data description. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22, 224-235.
- Carfagni M, Furferi R, Governi L, 2005. A Real-Time Machine Vision System For Monitoring The Textile Raising Process. *Computers In Industry*, 56, 831-842
- Chi-Ho C., Pang G.K.H, 2000. Fabric defect detection by Fourier analysis, *Industry*

Applications. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on.* 36, 1267-1276.

- Chen S., Huang W., Qing L., Da-zing, Z., Jin-lei, Z., 2009. Research on Textile Stain Detection Technique Based on Machine Vision, *Computer Network and Multimedia Technology*, 1-4.
- Chetverikov, D., Hanbury, A., 2002. Finding defects in texture using regularity and local orientation, *Pattern Recognition*, 35, 2165–2180.
- Cohen, F.S., Fan, Z., 1988. Rotation and scale invariant texture classification, in: Robotics and Automation, Proceedings. *IEEE International Conference on*, 3, 1394-1399.
- Crowley W.B, 1990, Application of One-Dimensional Machine Vision in The Textile Industry, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 26, 2
- Çakır, U, 2002. Machine Vision Uygulamalarında Otomatik Tanıma ve Ölçme İşlemleri İçin Çapraz Korelasyonu Kullanarak Bir Bilgisayar Programı Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- Çelik, H.İ., Dülger, C.L., Topalbekiroğlu, M., 2012. Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak Kumaş Hatalarının Belirlenmesi. *Elektronik Journal of Textile Technologies*, 6, 22-39
- Dongyun, W., Huiqin, L., 2010. Edge detection of cord fabric defects image based on an improved morphological erosion detection methods, in: *Natural Computation (ICNC), Sixth International Conference*, 6, 3943-3947.
- Dockery, A., 2001. Automated Fabric Inspection: Assessing The Current State of the Art, <http://www.techexchange.com> (02.08.2016)
- Duchesne, C., Liu, J.J., MacGregor, J.F., 2012. Multivariate image analysis in the process industries: A review, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 117, 116-128.
- Duda, R.O., Hart, P.E., 1973. *Pattern Classification and Scene Analysis*. New York, United States
- Elragal, H.M., 2006. Neuro-Fuzzy Fabric Defect Detection and Classification for Knitting Machine. *Radio Science Conference, Proceedings of the Twenty Third National*, Egypt, 1-8
- Ertunç, M.H., Sevim, İ, 2001. *Kesici Takımların Aşınmasını Gözlemleme Üzerine Yapılan Çalışmalar*, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 55-62
- Ergün, B., Altan, O.M., 2003. *Yakın Resim Fotogrametrisinde Endüstriyel Uzman Sistem Uygulaması*. İtü İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, *İtü Mühendislik Dergisi*, 2,19-24

- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 1982. *Digital Image Processing*. 2nd Edition Prentice Hall
- Hanbay, K., Talu, F.M., 2014. *Kumaş Hatalarının Online/Offline Tesoit Sistemleri ve Yöntemleri*, SAÜ, Fen Bilimleri Dergisi, 18, 46-69
- Han, W., Xu, D., 2010. Statistic learning-based defect detection for twill fabrics. *International Journal of Automation and Computing*, 7, 86-94.
- Han, Y., Shi, P., 2007. An adaptive level-selecting wavelet transform for texture defect detection. *Image and Vision Computing*, 25, 1239- 1248.
- Han, L.M., Xu, D., 2010. Statistic learning-based defect detection for twill fabrics. *International Journal of Automation and Computing*, 7, 86-94.
- Haralick, Rm., Shanmugam, K., Dinstein, L. H., 1973. Textural Features for Image Classification Systems. *Man and Cybernetics*, IEEE Transactions, 3, 610-621
- IVA, 2014. Machine Vision Systems, WIS1000- System, <http://www.iva-vision.be/> (05.07.2016)
- İsmail, N., Syahrir, W.M., Zain, J.M., Hai, T., 2011. Fabric authenticity method using fast Fourier transformation detection. *Electrical, Control and Computer Engineering (INECCE), International Conference*, 233-237
- Jayashree, V., Subbaramn, S., 2012. *Hybrid Approach using correlation and morphological approaches for GFDD of plain weave fabric. Control and System Graduate Research Colloquium*, 197-202
- Jusoh, B. A. N., Hoon, S. T., Rao, S., 2001. United States Patent, US:6,207,946, 3 September
- Kısaoğlu, Ö, 2006. Kumaş Kalite Kontrol Sistemleri. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12, 233-241
- Kumar, A., 2008. Computer vision-based fabric defect detection: A survey, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55, 348-363
- Kwak, C., Ventura, J., Tofang-Sazi, K., 2000. A neural network approach for defect identification and classification on leather fabric. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 11, 485-499
- Li, D., Yang, W., Wnag, S., 2010. Classification of Foreign Fibers in Cotton Lint Using Machine Vision and Multi-Class Support Vector Machine. *Computer And Electonics in Agriculture*, 274-279
- Mahajan, P.M., Kolhe, S.R., Pati, P.M., 2009. A review of automatic fabric defect detection techniques. *Advances in Computational Research*, 1, 18-29
- Mak, K.L., Peng, P., Yiu, K.F.C., 2009. Fabric defect detection using morphological filters, *Image and Vision Computing*, 27, 1585-1592



- Mamat, M., Samad, A.S. 2012. Classification of Beverages Using Electronic Nose and Machine Vision Systems, Institute of Microengineering And Nanoelectronics, 1-6
- MALEK, A.S., 2012. Online Fabric Inspection by Image Processing Technology, Mechanical Engineering, University of Haute Alsace, France
- Ngan, H.Y.T., Pang, G.K.H., Yung, S.P., Ng, M.K., 2005. Wavelet based methods on patterned fabric defect detection. *Pattern Recognition*, 38, 559-576.
- Ngan, J.Y.T., Pang, G.K.H., 2007. Defect Detection on Patterned Objects, Mechatronic Systems-Devices, Design, Control, Operation, and Monitoring, Taylor & Francis, CRC Press, 24/21, 24-10
- Ngan, Y.T.H., Pang, K.H.G., Yung, H.C.N., 2011. Automated Fabric Defect Detection, *Image and Vision Computing*, 29, 442-458
- Pietikainen, M., Maenpaa, T., Viertola, J., 2002. Color texture classification with color histograms and local binary patterns. *In International Workshop on Texture Analysis and Synthesis*, 109–112
- Rong, F., Meihong, S., Hongli, W., Huijuan, C., 2009. Fabric defect detection based on adaptive local binary patterns, in: Robotics and Biomimetics (ROBIO), *IEEE International Conference*, 1336-1340
- Schmitt, R., Fürjes, T., Abbas, B., Abel, P., Kimmelman, W., Kosse, P., Buratti, A., 2015. Real-Time Machine Vision System For an Automated Quality Monitoring in Mass Production of Multiaxial Non-Crimp Fabrics, *IFAC-Papers Online* 48-3, 2393-2398
- Semnani, D., Vadood, M., 2010. Improvement of intelligent methods for evaluating the apparent quality of knitted fabrics. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 23, 217-221
- Sezer, N., 2005. Yuvarlak Örme Kumaşlarda Karşılaşılan Kumaş Hataları ve Teknolojik Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye
- Shi, M., Jiang, S., Wang, H., Xu, B., 2009. A Simplified pulse-coupled neural network for adaptive segmentation of fabric defects. *Machine Vision and Applications*, 20, 131-138
- Slaughter, D.C., Obenland, D.M., Thompson, F.J., Arpaia, M.L., Margosan, D.A., 2008. Non Destructive Freeze Damage Detection in Oranges Using Machine Vision And Ultraviolet Fluorescence. *Postharvest Biology And Technology*, 48, 341-346
- Tao, L., Witty, P., King, T., 1997. Machine Vision in The Inspection of Patterned Textile Webs, School of Manufacturing and Mechanical Engineering The University of Birmingham. The Institution of Electrical Engineers, 1-9
- Taos, Texas Advanced Optoelectronic Solutions 2007. TSL201R, Linear Sensor Array

- TILDA, *Textile Texture - Database*, 2013. in, <http://lmb.informatik.unifreiburg.de/resources/datasets/tilda.en.html> (Erişim Tarihi: 12.07.2016)
- Tsai, S., Lin, H., Lin, J., 1995. Applying an Artificial Neural Network to Pattern Recognition. *Fabric Defects*, Textile Research Journal, 65, 123-130
- Turgut, Y., 2013. Yapay Görmeye Dayalı Otomatik Hata Denetim Sistemi, Marmara Üniversitesi, Mekatronik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye
- Watanabe, T., Ito S., Yokoi, K., 2009. Cooccurrence histograms of oriented gradients for pedestrian detection, in Proc. 3rd IEEE Pacific- Rim Symp. Image Video Technology, 37-47
- Wong, W.K., Yuen, C.W.M., Fan, D.D., Chan, L.K., Fung, E.H.K., 2009. Stitching defect detection and classification using wavelet transform and BP neural network, *Expert Systems with Applications*, 36, 3845-3856
- Varma, M., Zisserman, A., 2005. A Statistical Approach to Texture Classification from Single Images, *International Journal of Computer Vision*, 62, 61-81
- Venkatesan, B., Ragupathy, U.S., Vidhyalakshmi, P., Vinoth, B., 2012. Inspection of faults in textile web materials using wavelets and ANFIS. Machine Vision and Image Processing (MVIP), *International Conference*, 189 - 192
- Vilnrotter, F. N., M., Price, R., Keith, E., 2009. Structural Analysis of Natural Textures, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, 8, 76-89
- Yang, W., Lu, S., Wang, S., Li, D., 2011. *Fast Recognition of Foreign Fibers in Cotton Lint Using Machine Vision*, Mathematical and Computer Modelling 54, 877-882
- Yang, X., Pang, G., Yung, N., 2002. Fabric Defect Classification Using Wavelet Frames and Minimum Classification Error Training, *Industry Applications Conference*, The University of Hong Kong IEEE, 4, 290-297
- Yuan, S., Zheng, T., 2004. *Fabric defects automatic detection using Gabor filters*, in: Intelligent Control and Automation, WCICA. Fifth World Congress on, 3378-3380
- Zhao, D.X., Wang, H., Zhu, J.L., Li, J.L., 2008. Research on a New Fabric Defect Identification Method, *Computer Science and Software Engineering, International Conference*, 814-817
- Zoumponos, T.G., Aspragathos, A.N. 2007. Vision Aided Neuro-Fuzzy Control For The Folding Of Fabric Sheets, *International Conference On Control, Automation and Systems*, 578-583

## **EKLER**

### **Yazılımlar**

Hata tespit sistemi cihazı için yazılım kodları ve processing 3.0.1 programı ile deney sırasında çekilen video görüntüleri CD’de verilmiştir.

#### **Arduino Nano Tsl201r Scanning**

```
int intDelay;
int Value;
void setup()
{
  pinMode(CLK, OUTPUT);
  pinMode(SI, OUTPUT);
  digitalWrite(CLK, LOW);
  digitalWrite(SI, LOW);
  Serial.begin(115200);
  Serial.flush();
}
void loop()
{
  intDelay=1+analogRead(INTVAL)*10;
  Serial.print(">");
  Serial.println(intDelay + 535);
  delay(2); // Kullanılan 115200 bauds
  readPixel(0);
  delayMicroseconds(intDelay);
  for(int i=0;i<PIXELS;i++)
  {
    readPixel(i);
    delayMicroseconds(intDelay);
  }
}
```

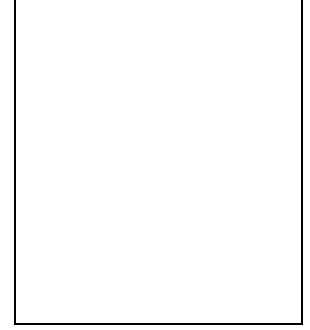
```

}
void readPixel(int pixel)
{
  digitalWrite(CLK, LOW);
  digitalWrite(SI, HIGH);
  digitalWrite(CLK, HIGH);
  digitalWrite(SI, LOW);
  for(int i=0;i<pixel; i++)
  {
    digitalWrite(CLK, LOW);
    digitalWrite(CLK, HIGH);
  }
  Value = analogRead(VOUT);
  Serial.println(Value);
  delay(1);    //Kullanilan 115200 bauds
  for(int i=0;i<=(PIXELS-pixel); i++)
  {
    digitalWrite(CLK, LOW);
    digitalWrite(CLK, HIGH);
  }
}

```

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : İbrahim KARATAŞ  
Doğum Yeri ve Yılı : Denizli, 1992



### Eğitim Durumu

2016

Lise : Mehmet Akif Ersoy Lisesi, 2010  
Lisans : Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, 2014  
Yüksek Lisans : Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Malzeme Teknolojileri Mühendisliği, 2016

### Yayımları

- 1- Karataş İ., Soyaslan D., D., (2016), *Tekstil ve Sanayi Alanında Kullanılan Gelişmiş Yapay Görme Uygulamaları*, Akademik Gelişim Günleri, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur
- 2- Karataş İ., Soyaslan D., D., (2016), *Yapay Görmede Hata Tespit Yaklaşımları(Poster)*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur
- 3- Karataş İ., Kırbaş İ., (2015), Akademik Bilişim Konferansı, *Açık ve Kapalı Kaynak Kodlu Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi* Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
- 4- Karataş İ., Işık H., A., Yüksel M., E., (2015), Uluslararası Deprem Konferansı, *Afet Yönetimi ve Karar Destek Mekanizması Yazılımı*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur ([http://ees2015.mehmetakif.edu.tr/IBEES2015/238\(86-93\).pdf](http://ees2015.mehmetakif.edu.tr/IBEES2015/238(86-93).pdf))