SHEARLET DÖNÜŞÜMÜ KULLANILARAK GERÇEK ZAMANLI KUMAŞ HATASI TESPİTİ

Muhammet BAĞIRGAN
161402103

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Ocak, 2019

SHEARLET DÖNÜŞÜMÜ KULLANILARAK GERÇEK ZAMANLI KUMAŞ HATASI TESPİTİ

Muhammet BAĞIRGAN
161402103

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Ocak, 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Muhammet BAĞIRGAN'ın "Shearlet Dönüşümü Kullanılarak Gerçek Zamanlı Kumaş Hatası Tespiti" başlıklı tezi 25.01.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans/Doktora tezi **oy birliğiyle** / ~~oy çokluğuyla~~ olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı. Adı ve soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ	.....
Üye (Altınbaş Üniversitesi)	: Dr. Öğr. Üyesi Can RAZBONYALI	.....
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU	.....

Prof. Dr. İlter BÜYÜKDIĞAN

Enstitü Müdürü

	ŞEKİL ONAY SAYFASI	Doküman No	FR-105
		İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
		Revizyon Tarihi	10.12.2018
		Revizyon No	01
		Sayfa	1/2

ŞEKİL ONAY SAYFASI

06/02/2019

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Aşağıda bilgileri bulunan lisansüstü öğrencinin tezi şekil yönünden tarafımca incelenmiş ve Enstitüye teslim edilmesi uygun bulunmuştur.

Anabilim Dalı Başkanı
Dr. Öğr. Üyesi Ali AKMAN

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI SOYADI	Muhammet BAĞIRGAN
ÖĞRENCİ NUMARASI	161402103
ANABİLİM DALI	Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
PROGRAMI	(X) YÜKSEK LİSANS ( ) DOKTORA ( ) SANATTA YETERLİK
DANIŞMANI	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ
TEZ BAŞLIĞI	Shearlet Dönüşümü Kullanılarak Gerçek Zamanlı Kumaş Hatası Tespiti
SAVUNMA TARİHİ	25.01.2019
e-posta	resetline@gmail.com

İç Kapak	☒ Var ☐ Yok
Jüri Onay Sayfası	☒ Var ☐ Yok
Etik İlke ve Kurallara Uyum Beyanı	☒ Var ☐ Yok
İntihal Raporu	☒ Var ☐ Yok
Teşekkür Sayfası	☒ Var ☐ Yok
Öz (Başlık-Öz-Anahtar Sözcükler)	☒ Var ☐ Yok

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Doküman No: FR-105; Yayın Tarihi 20.12.2017; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

	ŞEKİL ONAY SAYFASI	Doküman No	FR-105
		İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
		Revizyon Tarihi	10.12.2018
		Revizyon No	01
		Sayfa	2/2

Abstract (Title-Abstract-Key Words)	☒ Var ☐ Yok
İçindekiler	☒ Var ☐ Yok
Çizelgeler Listesi	☐ Var ☒ Yok
Şekiller Listesi (varsa)	☐ Şekil yok ☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Kısaltmalar Listesi	☒ Var ☐ Yok
Tablolar Listesi (varsa)	☐ Tablo yok ☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Ekler Listesi (varsa)	☒ Ek yok ☐ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Özgeçmiş	☒ Var ☐ Yok
Sayfa Genişliği	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Yazı Tipi	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Referans Kullanımı	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Kaynakça Yazımı	☒ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Ekler (varsa)	☒ Ek yok ☐ Uygundur ☐ Uygun Değildir

Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Doküman No: FR-105; Yayın Tarihi 20.12.2017; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

maltepe üniversitesi	ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	00
		Sayfa	1/1

Revizyon Takip Tablosu

REVİZYON NO	TARİH	AÇIKLAMA
00	01.03.2018	İlk yayın.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

25/01/2019

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarından bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmanın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Muhammet BAĞIRGAN

Hazırlayan	Kalite Koordinatörü	Kurumsal Yetkili
İlgili Birim	Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Dokuman No: FR-178; Yayın Tarihi: 01.03.2018; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

FBE Yüksek Lisans Tezi

ORIGINALITY REPORT

8%	7%	4%	5%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Student Paper	2%
2	teknolojikarastirmalar.com Internet Source	1%
3	dblp.dagstuhl.de Internet Source	<1%
4	Submitted to Üsküdar Üniversitesi Student Paper	<1%
5	tel.archives-ouvertes.fr Internet Source	<1%
6	issuu.com Internet Source	<1%
7	www.ifac-papersonline.net Internet Source	<1%
8	ir.library.tohoku.ac.jp Internet Source	<1%
9	V. Jayashree. "DCSFPSS Assisted	

Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmamda benden bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemeyen çok değerli ve saygı duyduğum öğretmenim Sn. Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU' na ve tez danışmanım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ' e teşekkürlerimi sunarım. Öğrenim hayatımda benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ve yanımda olduklarını her zaman hissettiren kıymetli aileme de özellikle teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Muhammet BAĞIRGAN

Ocak 2019

ÖZ

SHEARLET DÖNÜŞÜMÜ KULLANILARAK GERÇEK ZAMANLI KUMAŞ HATASI TESPİTİ

Muhammet BAĞIRGAN
Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ
Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

Tekstil sektörünün ara mamul maddesi olan kumaşlar, farklı üretim teknikleri ile elde edilen ve temeli elyaf olan ürünlerdir. Bu ürünler yapılarına göre üç temel grupta toplanır. Bunlar, Dokunmamış Kumaşlar, Dokuma Kumaşlar ve Örme Kumaşlardır.

Tekstil sektöründe kumaş üretimindeki payı, üretim çeşitliliği ve kullanma alanı gözönüne alındığında en geniş kumaş sınıfını oluşturan dokuma kumaşlar, atkı ve çözgü ipliği denilen iki paralel iplik dizisinin birbiriyle dik olarak kesişmesi sonucu oluşan bağlantıların oluşturduğu örgülerdir. Bu kumaşların elde edilmesi yani üretiminin yapılması aşamasında yaşanan çeşitli olumsuzluklar kumaşta hiç istenmeyen hataların oluşmasına yol açmaktadır. Dokuma teknolojisinde yaşanan gelişmeler sayesinde oluşabilecek bazı kumaş hatalarının tamamen ortadan kaldırılması ya da önlenebilmesi mümkün olsa da günümüzde hala kumaş üretimi esnasında hatalar oluşmaktadır. Bu oluşan hatalar kumaş dokuma sanayisi için çoğu zaman dikkat çeken maliyetlere yol açmaktadır. Bu sebeple kumaş hata kontrollerinin daha etkin ve hızlı yapılabilmesi adına görüntü işleme ve analiz tekniklerinin temel alındığı kumaş hatası tespit sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasında görüntü işleme tekniklerinden faydalanılarak dokuma kumaş üzerinde gerçek zamanlı hata tespiti yapabilecek bir sistem (Kumaş Kontrol Sistemi ve Kumaş Hatası Tespit Yazılımı) geliştirilmiştir. Bu sistem yüksek çözünürlüklü kamera vasıtası ile anlık kaydedilen dokuma kumaş görüntüleri üzerinde görüntü işleme tekniklerinden Shearlet dönüşümü öznitelik çıkarma yöntemi kullanılarak gerçek zamanlı dokuma kumaş hata kontrolünün yapılmasını sağlayan düzenekten oluşmaktadır. Oluşturulan bu düzenekle yapılan gerçek zamanlı hata tespit çalışmalarında bilindik kumaş hatası türlerinden çözgü kopuğu (kaçığı), atkı kopuğu (kaçığı), delik, yırtık ve leke (makine yağı) hatalarının başarılı bir şekilde tespiti yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Görüntü İşleme, Kumaş Hatası Tespiti, Shearlet Dönüşümü, Gerçek Zamanlı Kontrol, Öznitelik Çıkarma, Örüntü Tanıma, Yapay Sinir Ağları.

ABSTRACT

REAL TIME FABRIC DEFECT DETECTION BY USING SHEARLET TRANSFORM

Muhammet BAĞIRGAN
Master Thesis
Computer Engineering Department
Computer Engineering (With Thesis)
Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ali Aksoy TÜYSÜZ
Maltepe University Institute of Science and Technology, 2019

Fabrics, which are intermediate products of the textile industry, are products that are obtained by different production techniques and are basic fibers. These products are assembled in three basic groups according to their structure. These are Non-woven Fabrics, Woven Fabrics and Knitted Fabrics.

Considering the share of fabric production in the textile sector, production diversity and usage area, the woven fabrics, which constitute the largest fabric class, are the knits formed by the connections formed by the intersection of two parallel thread series called weft and warp yarn. Obtaining these fabrics, that is, the various negativities which are experienced in the production stage, lead to the formation of unwanted mistakes in the fabric. Although it is possible to remove or prevent certain fabric faults that may occur due to developments in weaving technology, there are still faults during fabric production today. These faults cause costly costs for the fabric weaving industry. For this reason, various studies have been carried out to develop fabric fault detection systems based on image processing and analysis techniques in order to make fabric error controls more effective and faster.

In this thesis study, a system (Fabric Control System and Fabric Error Detection Software) has been developed which can make real time error detection on weaving fabric by using image processing techniques. This system consists of a mechanism that enables real time woven fabric error control using the shearlet conversion feature extraction method from image processing techniques on instantly recorded woven fabric images with a Full HD camera. In the real time error detection studies made with this apparatus, the defects of warp breakage, weft breakage, hole, tear and stain (machine oil) have been successfully determined.

Keywords: Image Processing, Fabric Defect Detection, Shearlet Transform, Real Time Control, Feature Extraction, Pattern Recognition, Artificial Neural Networks.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR vi
ÖZ..... vii
ABSTRACT viii
İÇİNDEKİLER ix
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
KISALTMALAR xiii
ÖZGEÇMİŞ xiv
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
1.1. Tezin Amacı 2
1.2. Tezin Organizasyonu 2
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 4
2.1. Dokuma Kumaş Yapıları ve Üretim Sistemleri 4
2.2. Dokuma Kumaş Hataları 6
2.2.1. Çözgü Kaçığı ve Kopuğu 7
2.2.2. Atkı Kaçığı ve Kopuğu 8
2.2.3. Delik, Patlak ve Yırtık 8
2.2.4. Leke 9
2.3. Dokuma Kumaş Kalite Kontrolü 10
2.4. Kumaş Hatası Tespit Çalışmaları 11
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM 17
3.1. Kullanılan Kumaş Numuneleri 17
3.2. Kullanılan Kumaş Kontrol Sistemi 18
3.3. Shearlet Dönüşümü Yöntemi 21
3.4. Yapay Sinir Ağları 24
3.5. Arayüz Geliştirme Ortamı ve Kullanıcı Arayüzü 28
3.6. Uygulama Stratejisi 29
BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA 31

4.1. Veri Tabanı İnşası ve YSA'nın Eğitimi 31
4.2. Hata Tespit Çalışmaları 34
4.2.1. Hatasız Kumaş Kontrolü 36
4.2.2. Hatalı Kumaş Kontrolü 37
BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 41
KAYNAKÇA 43

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Fourier, Dalgacık ve Gabor dönüşümü metotlarına yönelik yapılan bazı hata tespit çalışmalarının özeti……...16
Tablo 3.1. Her j için kesme (shearlet) sayısı…….23
Tablo 3.2. N için ölçek sayıları…….23
Tablo 4.1. Shearlet dönüşümü yönteminin test çalışmaları sonrası hatalı ve hatasız tespit sonuçları ve başarı oranları ……..……...38
Tablo 4.2. Frekans alanı yöntemlerinin başarı ortalaması……40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Kumaş yüzeyini oluşturan temel örgü yapısı örneği …..……5
Şekil 2.2. Mekikçikli dokuma makinesi…….....6
Şekil 2.3. Çözgü kaçığı hatası örneği.……7
Şekil 2.4. Atkı kaçığı hatası örneği...……..8
Şekil 2.5. Delik hatası örneği.…….....9
Şekil 2.6. Yağ lekesi hata örneği...…….....9
Şekil 2.7. Kumaş hatası tespiti yapabilen kalite kontrol sistemi……...10
Şekil 3.1. Denim kumaş numunesi ve Dimi 3/1 Z (sağ yollu) dimi örgü deseni……17
Şekil 3.2. Kumaş kontrol sistemi ve bileşenleri……18
Şekil 3.3. Kumaş hatası tespiti için oluşturulan sistemin genel aşamaları……20
Şekil 3.4. FFST frekans dilimleri…….22
Şekil 3.5. YSA'da en fazla kullanılan aktivasyon fonksiyonları..…….25
Şekil 3.6. Temel yapay sinir ağı yapısı…….....26
Şekil 3.7. YSA'nın çalışma modeli diyagramı……..……...28
Şekil 3.8. Geliştirilen kumaş hatası tespit yazılımı arayüzü……..29
Şekil 4.1. Kumaş veri tabanındaki örnek hatasız ve hatalı kumaş yüzeyi görüntüleri…...32
Şekil 4.2. YSA eğitiminde elde edilen ROC eğrisi.……...…….…..33
Şekil 4.3. Test aşamasında tespit edilen ve hata türüne göre sınıflandırılan hatalı kumaş görüntülerinden bazıları …….……39

KISALTMALAR

HD	: High Definition (Yüksek Çözünürlük; Yüksek Detay)
KKS	: Kumaş Kontrol Sistemi
KHTY	: Kumaş Hatası Tespit Yazılımı
MW	: MegaWatt
CCD	: Charge Coupled Device (Yüklenme İliştirilmiş Araç)
LED	: Light Emitting Diode
DC	: Direct Current (Doğru Akım)
CM	: Santimetre
M	: Metre
CMOS	: Complementary Metal Oxide Semiconductor
GB	: GigaBayt
RAM	: Random Access Memory (Rastgele Erişim Belleği / Hafızası)
YSA	: Yapay Sinir Ağları
ψ	: Shearlet kesme fonksiyonu
FFST	: Fast Finite Shearlet Transform (Hızlı Sonlu Shearlet Dönüşümü)
j	: Ölçek Sayısı
Net	: Birleştirme fonksiyonu (YSA için)
MLP	: Multi Layer Perseptron
SOM	: Self Organizing Map
ART	: Adaptive Resonance Theory
SN	: Saniye
ROC	: Receiver Operating Characteristic (Alıcı İşletim Karakteristiği)

ÖZGEÇMİŞ

Muhammet BAĞIRGAN

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı*
Ls.	1998	Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Teknolojisi Öğretmenliği
Lise	1993	Kayseri Arif Molu Endüstri Meslek Lisesi

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
1998 -	Öğretmen. Milli Eğitim Bakanlığı Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : Tomarza/Kayseri 1975 Cinsiyet: Erkek

Yabancı diller : İngilizce

E-Posta : resetline@gmail.com

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinde önemli bir yeri olan dokuma sanayisinin üretim hattını kumaş üretim birimleri oluşturmaktadır. Bu birimlerde genellikle dokuma ve örgü makineleri kullanılarak kumaş üretimi yapılmaktadır. Günümüzde dokuma sanayisi, artan ihracat ve kapasite kullanım oranlarıyla önemli bir yer teşkil etmekte ve bununla birlikte rekabetin getirmiş olduğu kalite standartları yüksek kumaş üretiminin yadsınamaz bir hal aldığı bilinmektedir. Kalite standartları yüksek kumaş üretiminin yapılabilmesi için kumaş kalitesini etkileyen başlıca olumsuz etmenlerin giderilmesi gerekmektedir. Bu etmenlerin başında iplikten ya da dokumadan kaynaklı kumaş hataları gelmektedir. Bu sebeple kumaşta oluşabilecek hataların üretim aşamasında tespit edilmesi ve giderilmesi gerekmektedir.

Dokuma teknolojisinde yaşanan gelişmeler sayesinde oluşabilecek bazı kumaş hatalarının tamamen ortadan kaldırılması ya da önlenebilmesi mümkün olsa da günümüzde hala kumaş üretimi esnasında hatalar meydana gelmektedir. Bu hatalar dokuma sanayisi için bazen büyük, gözardı edilmez maliyetlere yol açmaktadır.

Kumaş hatalarının tespiti, genellikle işletmelerin üretim sonrasında kalite kontrol birimlerinde yapılmaktadır. Bu birimlerde kalite kontrol operatörü ya da bir otomasyon sistemi (otomatik kumaş kontrolü yapabilen sistemler) tarafından ışıklı kontrol masalarında ham veya bitmiş kumaşların dikkatli bir şekilde izlenmesine dayanır. Bu sistemin olumsuz tarafı yani dezavantajı dokuma işleminden sonra yapılması nedeniyle dokuma esnasında oluşabilecek hatalara müdahale edilemeyecek olmasıdır. Bizzat insanın rol aldığı, müdahale ettiği kumaş kontrolünün başarı oranı yaklaşık olarak %70'tir. Otomatik olarak hata tespiti yapabilen gelişmiş otomasyon sistemleri ise %90 oranında tespit yapabilmektedir [1]. Dokuma işlemi esnasında oluşan ve anlık müdahale edilemeyen bu kumaş hatalarının pek azı dokuma sonrası bitim işlemleri ile giderilebilmektedir. Bu olumsuz durum ise kumaş kaybına, iş kaybına ve ekonomik zarara neden olmaktadır.

Kumaş üretiminin beklentileri karşılayabilecek tatmin edici sonuçlar doğurması için sağlıklı çıktılar üretebilen, güvenilir, yeterli performansa sahip ve tasarruflu kontrol

sistemlerinin çağın ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde geliştirilip üretilmesi ve tekstil dokuma sektöründe kullanılması önem arz etmektedir. Bu sebeple kumaş hata kontrollerinin hızlı, etkin ve otomatik olarak yapılabilmesi ve aynı zamanda dokuma işlemi esnasında gerçek zamanlı hata kontrolünün etkin bir şekilde yapılabilmesi adına görüntü işleme ve analiz teknikleri kullanılarak farklı çalışmalar ortaya konmuştur.

1.1. Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, yüksek çözünürlüklü kamera ile gerçek zamanlı kaydedilen dokuma kumaş görüntüleri üzerinde, görüntü işleme tekniklerinden Shearlet dönüşümü metodu kullanılarak kumaş hatası kontrolünün yapılması ve bu çalışmayla birlikte Shearlet dönüşümü yönteminin hatalı kumaş görüntüleri üzerindeki etkinliğini tespit etmektir. Bu çalışmanın diğer bir amacı ise zaman ve maliyet bakımından kaliteli kumaş üretimine katkı sağlamaktır.

1.2. Tezin Organizasyonu

Bu çalışmada ilk olarak Bölüm 2'de literatür araştırmasına yer verilmiştir. Literatürde dokuma kumaş yapıları ve üretim sistemleri, dokuma kumaş hataları ve tezin kapsamında yer alan hata türleri hakkında bilgi verilmiştir. Yine bu bölümde dokuma kumaş kalite kontrolü başlığı altında işletmelerde bulunan kalite kontrol birimleri hakkında bilgi verilmiş ve özellikle bu bölümün en önemli araştırma konusu olan kumaş hatası tespiti ile ilgili yapılan çalışmalara detaylı bir şekilde değinilmiştir.

Bölüm 3'te tez çalışmaları kapsamında kullanılacak olan materyal ve yöntemler incelenmiştir. Bu kapsamda Kumaş Kontrol Sistemi (KKS) ve görüntüleme birimleri (kamera, ışık, bilgisayar), öznitelik çıkarma ve sınıflandırma yöntemi, arayüz geliştirme ortamı (MATLAB), kullanıcı arayüzü (Kumaş Hatası Tespit Yazılımı – KHTY) ve uygulama stratejisi tanıtılmıştır.

Bölüm 4'de KKS üzerinde yapılan gerçek zamanlı hata tespit çalışmalarına yer verilmiştir. KKS kullanılarak kapsamlı bir kumaş veri tabanı inşa edilerek bir önceki bölümde değinilen yöntemler test edilmek üzere gerçek zamanlı olarak analiz işlemine tabi tutulmuştur. Bununla birlikte elde edilen hata tespit sonuçları hakkında gerekli analiz işlemleri yapılmıştır.

Son olarak Bölüm 5'de ise yapılan tez çalışmaları kapsamında ulaşılan sonuçlar hakkında tartışılmıştır. Yine bu bölümde elde edilen kazanımlar hakkında bilgi verilmiş ve daha başarılı sonuçların alınabilmesi adına gelecekte yapılması düşünülen ve faydalı görülen çalışmalara yönelik bilgilere ve önerilere değinilmiştir.

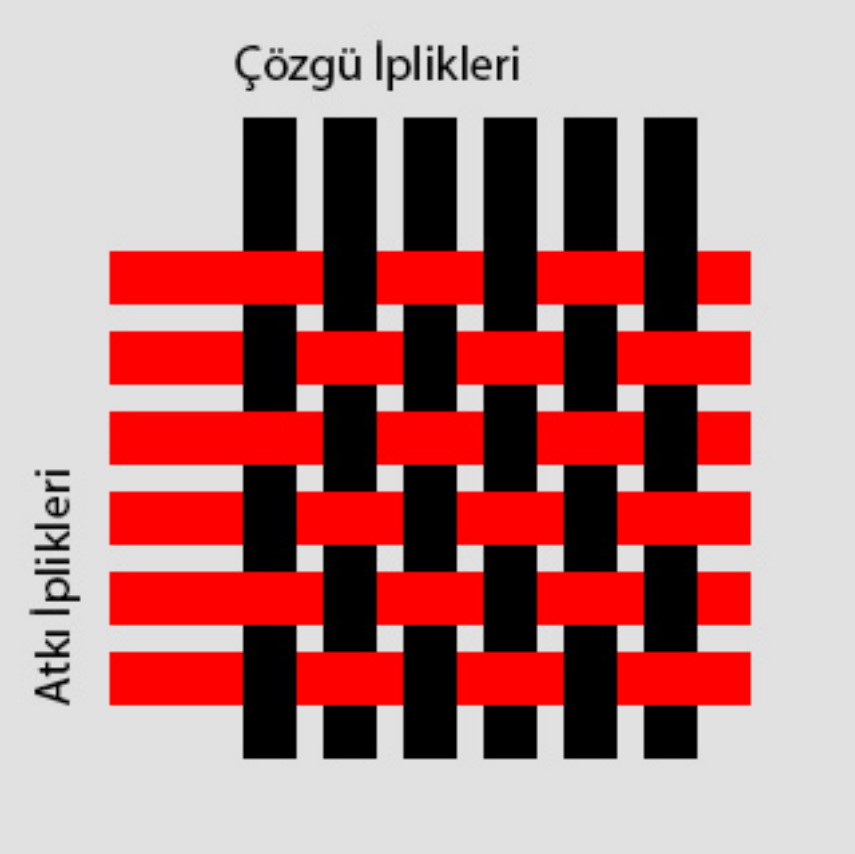
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, dokuma kumaş yapıları ve üretim sistemleri, dokuma kumaş hataları, dokuma kumaş kalite kontrolü ve kumaş hatası tespit çalışmalarına değinilerek bu tez çalışması ile ilintili detaylı bir literatür araştırması sunulmuştur.

2.1. Dokuma Kumaş Yapıları ve Üretim Sistemleri

Milattan önce 5000-6000 tarihlerine kadar dayanan kumaş üretimi teknolojinin gelişimine paralel olarak günümüz de kumaş niteliğindeki giysiliklerden ev tekstiline, yer döşemeliklerinden endüstriyel keçelere kadar çok çeşitli üretim yol ve yöntemleriyle insanoğlunun ihtiyaçlarına cevap verecek duruma gelmiştir.

Tekstil sektörünün ara mamul maddesi olan kumaşlar, farklı üretim teknikleri ile elde edilen ve temeli lif olan ürünlerdir. İpliklerden, liflerden veya ipliklerle liflerin kombinasyonlarından üretilen kumaşlar yapılarına göre üç temel grupta toplanır. Bunlar, Dokunmamış Kumaşlar, Dokuma Kumaşlar ve Örme Kumaşlardır. Dokunmamış Kumaşlar, keçeleştirme, yapıştırma ve benzeri işlemler sonucu liflerin bir doku oluşturması ile elde edilirler. Dokuma ve Örgü kumaşlar ise, ipliklerin örme makinasında ya da dokuma tezgâhında bir araya getirilerek bir örgü oluşturulmasıyla elde edilirler. Gerek çeşitlilik açısından, gerekse dünya genelindeki kullanma alanı ve pazar payı açısından bakıldığında en çok kumaş türü ve grubuna sahip olduğu görülen dokuma kumaşlar arasında normal dokunmuş kumaşlar olarak bilinen giysilik, döşemelik ve perdelik kumaşlarla ilmeli yapılar olarak tanınan kadife, havlu ve goblen kumaşlar ve ayrıca endüstriyel kumaşlar sınıfına giren kanaviçe, çadır bezi ve çuvallık kumaşlar yer almaktadır [2]. Dokuma kumaşlar, en basit haliyle atkı ve çözgü ipliği denilen iki paralel iplik dizisinin birbiriyle dik olarak kesişmesi sonucu oluşan bağlantıların oluşturduğu örgülerdir (tekstil yüzeyleridir). Dokuma kumaş yüzeyleri içinde, farklı doku yapılarına sahip, diğer örgü türlerinin temelini oluşturan üç farklı örgü yapısı bulunmaktadır. Temel dokular olarak adlandırılan bu örgü yapıları bezayağı, dimi ve saten (atlas) örgüleridir. Bu örgü yapılarından faydalanarak türetilmiş örgülere ise türev örgüler denir. Türetilmiş olan türev örgüler temel örgülerin ana özelliklerini kendi dokularında barındırırlar. Kumaş yüzeyini oluşturan temel örgü yapısı örneği Şekil 2.1'de verilmiştir [2].



Şekil 2.1. Kumaş yüzeyini oluşturan temel örgü yapısı örneği

Farklı doku yüzeylerine sahip dokuma kumaşlar dokuma makinelerinde üretilirler. Dokuma makineleri birkaç şekilde sınıflandırılabilir fakat en bilindik sınıflandırma şekli atkı atma yöntemlerine göre yapılan gruplamadır. Bu gruplamaya göre dokuma sistemleri mekikli, mekikçikli, kancalı ve jetli olmak üzere dört farklı gruba ayrılır. Bu sistemlerden en eski olanı mekikli atkı atım sistemidir. Mekikçikli ve jetli sistemlerden oluşan dokuma makineleri ise en sık tercih edilen tezgâhlardır. Bu sistemler, yan yana sıralanmış ve boyuna uzanan çözgü ipliklerinin arasından enine iplik sistemini oluşturan atkı ipliğinin karşıdan karşıya taşınması işlemini gerçekleştiren düzeneklere binaen isimlendirilmişlerdir. Mekikçikli dokuma makinesinin genel görünümü Şekil 2.2'de görülmektedir [3].



Şekil 2.2. Mekikçikli dokuma makinesi

Tez çalışması süresince mekikçikli dokuma tezgahları baz alınarak sektörde önemli bir yeri olan ve dimi örgü deseni ile oluşturulmuş kumaş türleri arasında yer alan denim (kot) kumaş üzerinde hata tespit çalışmaları yapılmıştır.

2.2. Dokuma Kumaş Hataları

Kumaş hataları, kumaşın kalitesini olumsuz yönde etkileyen gözün görebildiği ve hakkında değerlendirme yapılabildiği unsurlardır. Bu unsurlar, dokuma öncesi ve sonrası ya da dokuma esnasında bir kaç sebepten dolayı meydana gelebilir. Dokumayı oluşturan çözgü ve atkı iplikleri, yardımcı hammadde, üretim veya kontrol hattında rol alan makineler, kullanılan donanım veya çalışma yöntemleri ve işçilik gibi nedenler bu sebeplerden sayılabilir.

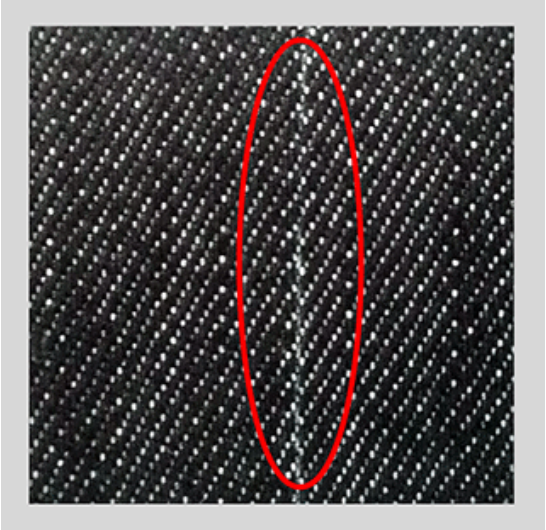
Literatürde 235 farklı hata türü ve oluşum sebepleri belirtilmektedir. Kumaşlardaki bu hata türleri çözgü yönünde ve atkı yönünde oluşan hatalar, kumaş doku yüzeyinde oluşan hatalar ve kumaş kenarında oluşan hatalar şeklinde 4 ana kısımda ifade edilmektedir. Bu sınıflamaya göre çözgü yönündeki hatalardan bazıları çözgü kopuğu ve kaçığı, kalın ve ince çözgü, çift çözgü ipliği, gevşek çözgü ipliği ve tarak izidir. Atkı yönündeki hatalardan bazıları ise atkı yığılması, çift atkı, kalın atkı, ince atkı, atkı kaçığı ve atkı aralığıdır. Düğüm, nope, uçuntu, dalgalı yüzey, delik, boş çözgü, yırtık ve makine

yağı (leke) kumaş yüzeyindeki hatalara örnek verilebilir. Kenar hatalarına örnek olarak kıvrık kenar, kalın kenar, gevşek kenar ve cımbar izi verilebilir.

Bu tez çalışmasında çözgü kaçığı ve kopuğu (kısaca çözgü kaçığı denilecektir), atkı kaçığı ve kopuğu (kısaca atkı kaçığı denilecektir), delik (yırtık, delik ya da patlak) ve leke (yağ, pas ya da boya) hatalarına yönelik hata tespit çalışmaları yapılmıştır. Fakat leke hatası olarak bu tez çalışmasında yağ lekesi üzerine hata tespiti yapılmıştır. Aşağıda bu hata türlerine kısaca değinilmiştir.

2.2.1. Çözgü Kaçığı ve Kopuğu

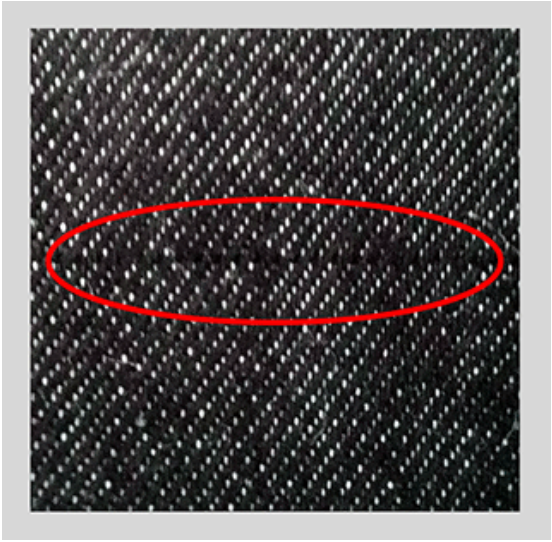
Çözgü ipliğinin kopması ve bu esnada dokuma tezgâhının dokuma işlemine devam etmesi nedeniyle kumaş yüzeyi boyunca oluşan çözgü ipliği eksikliğidir. Bu hatanın kumaş boyunca devam etmesinin ve önlenememesinin en önemli nedenlerinden iki tanesi, testere tertibatının vazifesini yerine getirmemesi ve kopan çözgü ipliğine takılı bulunan lamelin düşmemesidir [4]. Şekil 2.3'de Çözgü kaçığı hatası örneği görülmektedir.



Şekil 2.3. Çözgü kaçığı hatası örneği

2.2.2. Atkı Kaçığı ve Kopuğu

Atkı ipliğinin kopması ve zamanında müdahale edilememesi nedeniyle dokunmuş kumaş yüzeyinde enine yönde gözüken atkı ipliği noksanlığıdır. Günümüz dokuma tezgâhlarında böyle bir hatanın oluşmasına sebebiyet veren en önemli nedenin atkı detektörünün çalışmaması yani arızalı olmasıdır [4]. Şekil 2.4'de Atkı kaçığı hatası örneği görülmektedir.



Şekil 2.4. Atkı kaçığı hatası örneği

2.2.3. Delik, Patlak ve Yırtık

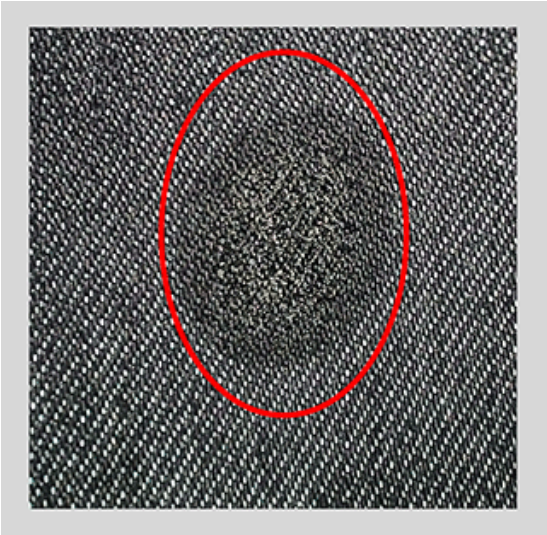
Dokuma esnasında çerçevelerin arasına yabancı bir ipliğin düşmüş olması ya da testere ayarsızlığından kaynaklı çok sayıda çözgü ipliğinin kopması veyahut cımbarların ayarsız olması gibi bir kaç nedenden dolayı kumaş yüzeyinde oluşan delik, patlak veya yırtıklardır [4]. Şekil 2.5' de Delik hatası örneği görülmektedir.



Şekil 2.5. Delik hatası örneği

2.2.4. Leke

Kumaş yüzeyine bulaşan veya damlayan yağ, pas ya da boya lekeleridir. Bu hataların oluşmasına sebebiyet veren en önemli nedenler dikkatsizlik, dokuma makinesinin bakım esnasında gerekenden fazla yağlanması ya da tezgâhların başında duran dokumacı işçilerin veya sorumlu ustaların kirli, yağlı ellerle kumaş boyunca uzanan çözgü ipliklerine ve kumaşa dokunmalarıdır [4]. Yağ lekesi hatasına bir örnek şekil 2.6'da verilmiştir.

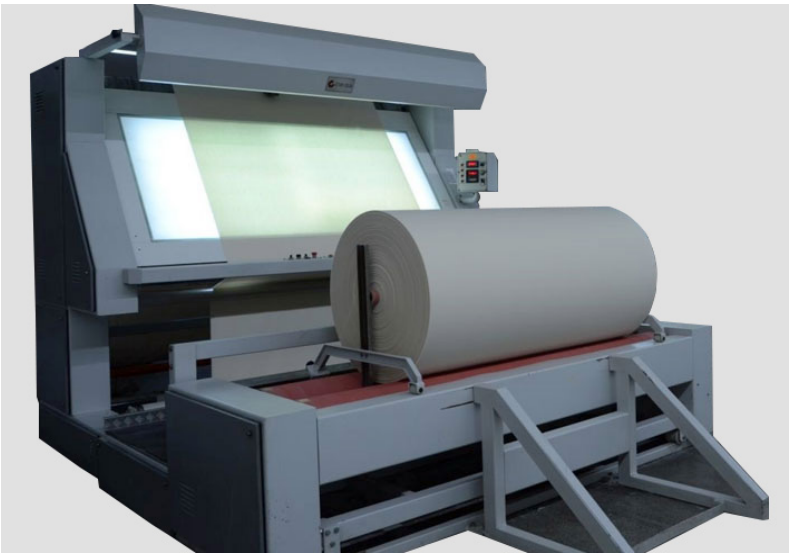


Şekil 2.6. Yağ lekesi hata örneği

2.3. Dokuma Kumaş Kalite Kontrolü

Kumaş hatalarının tespiti, günümüzde geçerliliğini sürdürmekte olan ve üretim sonrası kontrol olarak bilinen kalite kontrol ünitelerinde yapılmaktadır. Bu ünitelerde (birimlerde) kalite kontrol operatörü ya da bir otomasyon sistemi (otomatik kumaş kontrolü yapabilen sistemler) tarafından ışıklı kontrol masalarında ham veya bitmiş kumaşların izlenmesine dayanır. Bu sistemin dezavantajı dokuma işleminden sonra yapılması nedeniyle dokuma esnasında oluşabilecek hataların önüne geçilemeyecek olmasıdır. İnsan odaklı yapılan kumaş kontrolünün başarı oranı yaklaşık olarak %70'tir [1].

Bir kalite kontrol elemanının dokunmuş kumaş kalitesinin kontrolü esnasında işe odaklanma süresi en fazla 30 dakika civarındadır. Bu süreden sonra dikkat dağınıklığı başlar ve tam olarak odaklanamaz. Sadece görülmesinde çok fazla çaba harcanmayan olumsuzluklara (kumaş hatalarına) karşı olumlu tepki gösterir. Öte yandan otomatik kumaş kontrolü yapabilen sistemler ise dokuma esnasında oluşabilecek hataların tespitinde yaklaşık başarı oranı %90'dır [1]. Bu sistem bir kamera tarafından elde edilen görüntüler üzerinde karşılaştırma yoluyla farkları bularak hata tespiti yapar; Fakat kumaşın üretilmesinden sonra devreye girdikleri için üretim sırasında tespit etme yeteneğinden yoksun olan sistemlerdir. Şekil 2.7'de kumaş hatası tespiti yapabilen kalite kontrol sistemi verilmiştir [5].



Şekil 2.7. Kumaş hatası tespiti yapabilen kalite kontrol sistemi

Göz ardı edilemez bu noktalardan yola çıkarak kumaş üreten üreticiler ile tüketiciler arasında güven oluşturabilecek performanslı, ekonomik ve aynı zamanda verim alınabilen kontrol sistemlerinin geliştirilmesi ve üretim birimlerinde kullanılması günümüzde kaçınılmaz bir derecede önem arz etmektedir. Bu sebeple kumaş hata kontrollerinin daha hızlı ve etkin yapılabilmesi adına görüntü işleme ve analiz tekniklerinin temel alındığı kumaş hatası tespit sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

2.4. Kumaş Hatası Tespit Çalışmaları

Kumaş görüntülerinin otomatik olarak gerçek zamanlı takip edilmesinde görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler kusurların yer aldığı pikselleri çıkartarak bazen sınıflandırıcıya ihtiyaç duymadan hata tespitini yapabilmektedir. Fakat kumaş hatalarının gerçek zamanlı otomatik olarak tespitinin yapılabilmesine yönelik henüz istenilen performans ve çapta beklentileri karşılayacak gelişmeler sağlanamamıştır.

Kumaş hata tespit uygulamasına yönelik birçok yol ve yöntem öne sürülmüştür. Bu yöntemler diğer bir ifadeyle yaklaşımlar, istatistiksel, model tabanlı ve spektral yaklaşımlar olmak üzere temelde üç ayrı gruba ayrılabilir. Dokuma kumaşlar için geliştirilen sistemlerde kullanılan en başarılı yaklaşım grubu spektral yaklaşımıdır [6]. Bu yaklaşım içerisinde Fourier dönüşümü, Dalgacık dönüşümü ve Gabor filtresi gibi yöntemler yer almaktadır.

Bu kısımda kumaş hatalarının görüntü işleme teknikleri ile tespit edilmesi için yapılan çalışmalardan spektral yaklaşım temelli yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Bunun sebebi, tez araştırmamızın ana konusunu teşkil eden Shearlet dönüşümü metodu, görüntüleri çok yönlü ve çok ölçekli analiz edebilmek için spektral yaklaşım içerisinde yer alan dalgacık dönüşümü metodunun yönsel olarak geliştirilmiş bir modeli olduğu için temelde spektral yaklaşıma dayalı yapılan kumaş hata tespit çalışmaları önem arz etmektedir.

Malek A. S. yapmış olduğu doktora tezinde hızlı Fourier dönüşümü kullanarak gerçek zamanlı hata tespit çalışması yapmıştır. [7]. Bu çalışmada, hızlı Fourier dönüşümü ve çapraz korelasyon yöntemlerini kullanarak kumaş görüntülerinin öznitelik bilgilerini çıkartmış ve sonrasında bu bilgiler eğitim için seviye seçim filtresine sunulmuş ve

sonrasında bu filtrenin ideal çalışma aralığı kumaş hata türlerine göre tespit edilmiştir. Bir dokuma makinesi üzerine monte edilen görüntüleme sistemi ile test işlemi yapılmıştır. Yapılan gerçek zamanlı hata tespiti çalışmasında başarılı sonuçlar alınmıştır.

Chan C. ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada kumaş hata denetimi için Fourier öznitelik çıkartma analizi tabanlı algoritmadan faydalanmışlardır [8]. Bu metotta diğer spektral yaklaşımlara nazaran daha düşük hesaplama müddeti gerektirmekte olup hata sınıflandırması içinse daha çok değişken sunmaktadır. Yapılan çalışmada iki spektral diyagram tanımlanmış ki bu diyagramlar üç boyutlu frekans spektrumuna dayanmaktadır. Tanımlanan bu diyagramlar kumaş yüzey hata tespiti çalışmasında kullanılmıştır.

Goswami M. B. ve Datta K. A. Fourier dönüşümü metodu kullanarak kumaş yüzeyi görüntülerini analiz etmiştir [9]. Yapılan bu çalışmada ilk önce kumaş yüzeyi görüntüsü üzerinde yakalanmak istenen hatanın büyüklüğüne göre elverişli olan bir yapılanma öğesi belirlenmiştir. Atkı ve çözgü kopuğu gibi çizgi halindeki hataları tespit etmek için Fourier dönüşümü metodu düzleminde spektral filtreler kullanılmıştır. Bu çalışmada dikkat çeken bir unsur ise daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak aydınlatma için 5 MW gücünde He-Ne lazer kullanılmıştır.

Chandra J. K. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada optik bir sistemle birlikte lazer ışın demeti kullanılmıştır. Ayrıca lensler yardımı ile görüntü filtreleme işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler vasıtası ile kumaş yüzeyi üzerindeki istenmeyen hatalı bölgeler tespit edilmeye çalışılmıştır [10]. Bu çalışmada optik bir sistemle birlikte kullanılan lazer ışık, fourier lenslerle birlikte diğer lenslerden geçerek CCD kameraya ulaşır ve kamera vasıtasıyla da bilgisayara aktarılır.

Bodnarova ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada iki boyutlu optimum bir gabor filtresi tasarlamışlar ve tasarladıkları bu filtreyi gerçek zamanlı desenli kumaş hatalarının tespitinde kullanmışlardır [11]. Bu yönteme dayalı yapılan uygulama ise kumaş hataları tespitinde kullanılan ilk uygulama olarak vurgulanmıştır. Uygulanan bu gabor filtre çözümü yönteminin çok hızlı olmasının yanında hem homojen desenlerden hem de kompleks jakarlı dokuma desenlerden oluşan kumaş yüzeylerde çok farklı hata türlerinin yakalanabilmesi için az sayıda kullanılmak üzere optimum filtre gerekli olduğu açıklanmıştır.

Mak K. L. ve diğerleri yaptıkları çalışmada kullandıkları kumaş numunelerinin yapı özelliklerini elde etmek için genişletme ve aşındırma gibi morfolojik işlemlerle birlikte gabor dalgacık ağı metodunu kullanmışlardır [12]. Bu çalışma kapsamında imge olarak 78 kumaş görüntüsü kullanılmıştır. Kullanılan bu imgelerin 39 tanesi hatasız kumaş görüntüsünden oluşmakta ve geri kalan imgeler ise farklı hata türlerinin bulunduğu kumaş görüntülerinden oluşmaktadır. Hatalı ve hatasız kumaş görüntüleri gabor dalgacık ağı eğitimi ve testi için kullanılmıştır.

Han R. ve Zhang L. uyguladıkları yöntemde iki adet filtre türetmişlerdir. Bunun için uygun değer gabor filtresi kullanmışlardır. Bu türetilen filtrelerden bir tanesi tek simetrik diğeri ise çift simetrik gabor filtresidir [13]. Bu çalışmada farklı boyut ve türlerde hatalar içeren 42 farklı kumaş yüzeyinden oluşan görüntülere yer verilmiştir. Bu görüntülerin kullanılması ile elde edilen bilgiler ışığında tek simetrik gabor filtresinin özellikle keskin kenar tipindeki atkı ve çözgü kopuğu gibi hataların tespitinde etkili olduğu ve çift simetrik gabor filtresinin ise düğüm gibi benek veya damlaya benzer hataların tespitinde daha etkili olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışmada uygun değer gabor filtresinin ihtiyaç duyduğu parametrelerinin belirlenmesinde özellikle genetik algoritma metodu kullanılmıştır.

Karayiannis ve arkadaşları, gerçek zamanlı kumaş hata tespiti için prototip bir sistem kurmuşlardır [14]. Bu sistemde, yukarıdan ışıklandırmalı düzgün bir yüzeyden kumaş sevk edilerek sarılırken CCD bir kamera yardımı ile kumaş yüzeyinden anlık görüntüler yakalanmıştır. Yakalanan bu kumaş görüntüleri üzerinde, siyah beyaz filtreleme, dalgacık dönüşümü metodu gibi birkaç yöntem kullanılarak hata tespiti ve sınıflandırılması üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Hu ve Tsai tarafından gerçekleştirilen çalışmada [15] kumaş dokusu görüntüleri CCD bir kamera yardımıyla elde edilmiş ve sonra bu görüntüleri çözünürlükleri bir birinden farklı olan alt bantlarına ayırmak için dalgacık dönüşümü yöntemi kullanılmıştır. Bu görüntülerin entropi değerlerinden en düşük altı tanesi kullanılarak konumları bulunmuştur. Konumları bulunan bu değerler öznitelik vektörü olarak yapay sinir ağına sunulmuştur. Kullanılan bu yöntemler sonucu atkı ve çözgü kopuğu, yağ lekesi ve delik hatası gibi kumaş hatası türlerinden oluşan dört farklı hata tespitinin yapılması ve

sınıflandırılması işlemleri sürdürülmüştür. Ayrı ayrı her bir hata çeşidi için otuz adet farklı kumaş yüzeyi görüntüsü kullanılmıştır.

Ngan ve arkadaşları [16] yaptıkları çalışmada temel dokular olarak bilinen bez ayağı ve dimi gibi örgü yapısına sahip kumaş desenlerinin aksine çok daha karmaşık örgü desenli kumaş yüzeylerinde görülen hataların bulunmasına yönelik çalışmışlardır. Yapılan çalışmada dalgacık dönüşümü metodu tercih edilerek uygun bir algoritma elde edilmiştir. Otuzar adet hatalı ve hatasız jakarlı kumaş görüntüleri üzerinde hata tespit çalışması yapılmıştır.

Serdaroğlu ve arkadaşları [17] kumaş hata denetimi çalışmasında kullandığı yöntemler olarak dalgacık dönüşümü başta olmak üzere bağımsız ve topolojik bağımsız bileşen analizleri gibi metotları kullanarak farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Ön işlem olarak dalgacık dönüşümü metodu kumaş görüntülerine uygulanmış ve görüntülerin alt bantlara ayrılması sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında çeşitli dalgacık dönüşüm metotları ve pek çok alt bantta kullanılmış ve sonuç olarak 13 farklı kumaş hatası analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bununla birlikte elde edilen bu yöntemlerin performans durumları birbiriyle karşılaştırılarak ölçülmüştür.

Lıu ve Qu tarafından yapılan çalışmada dalgacık dönüşümü metodu ile birlikte geri beslemeli yapay sinir ağı birlikte kullanılmıştır [18]. CCD kameranın kullanıldığı bu çalışmada atkı ve çözgü kopuğu ve yağ lekesi hatalarının tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada görüntüler üzerinde daubechies-5 dalgacık türü kullanılmış ve çözünürlük seviyesi üç iken alt görüntülerine ayrılmış ve elde edilen öznitelik vektörleri yapay sinir ağına girdi olarak girilmiştir. Çalışmada kullanılan hata türlerinin her birinden otuz farklı görüntü alınmış ve bu görüntülerin yirmisi yapay sinir ağının eğitimi için ve on tanesi ise test için kullanılmıştır. Yapay sinir ağının kullanılması ile hata tespiti ve sınıflandırma işlemi doğruluk payının %95 oranında olduğu tespit edilmiştir.

Guan ve Shi yaptıkları çalışmada dalgacık dönüşümü metodunun yanısıra fourier dönüşümü metodundan da faydalanarak kumaş doku yüzeylerine ait görüntüler üzerinde hatalı noktaları tespit etmeye çalışmıştır [19]. Temel dokulardan bezayağı kumaş yüzeylerinden oluşan 160 görüntü, her bir grupta 40'ar adet olmak üzere farklı hata tiplerinin yer aldığı dört ayrı gruba bölünmüştür. Aynı süreç dimi örgü kumaş yüzeyi görüntüleri içinde tekrarlanmıştır. Bezayağı ve dimi kumaş görüntülerinin ayrıştırılan her

bir alt görüntüsünün en düşük entropi değeri hesaplanmıştır. Buna göre bezayağı kumaşlar için daubechies-2 dalgacık tipi, dimi kumaşlar için ise daubechies-3 dalgacık tipi seçilmiştir. Devamında, ayrıştırılan alt görüntülerde var olan gürültü kirliliğini temizleyerek sağlıklı bir görüntü ortaya çıkarmak için frekans uzayı filtresi kullanılmıştır. Filtreye tabi tutulan bu görüntüler en küçük doku birimi baz alınarak boyutları belirlenmiş ve pek çok alt pencerelere ayrılmıştır. Yine bu alt pencerelerin standart sapma değerleri hesaplanmış ve hatasız bir kumaş yüzeyine ait standart sapma değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu değerler arasındaki farklar gözetilmiş ve önceden belirlenmiş bir limiti aştığı tespit edilen bölgeler ise hatalı olarak tespit edilmiştir.

Stojanovic R. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada elde edilen kamera görüntüsü birinci derece gradyan filtresinden geçirilmiş ve alt bantlarına bölünmüştür [20]. Sonra bölünen bu alt bant görüntülerden her birinin kontrast, standart sapma ve fourier dönüşümü değerleri uygulanan bir takım metotlar sonucunda elde edilmiştir. Bu metotlar arasında gri seviye fark, standart genlik sapma ve güç spektrum metotları yer almaktadır. Elde edilen bu değerin kullanılması sonucu özellik matrisi oluşturulmuştur. Bu matris, her bir metot için belirlenmiş "T" eşik değeri kullanılarak eşikleme işleminden geçirilmiş ve siyah beyaz görüntü elde edilmiştir. Bu görüntü üzerinde hatalı bölgelerin işaretlenmesi için hataya ait geometrik değerler belirlenmiştir. Tüm bu süreç geliştirilen prototip bir mekanizma üzerinde gerçek zamanlı olarak denenmiş ve performans karşılaştırmaları yapılmıştır.

Cho C. S. ve Chung B. M. yaptıkları çalışmada hata sınıflamasına girmeden sadece ortalama boyuttaki bazı hataların tespiti üzerine yoğunlaşmıştır [21]. Kalite kontrol makinesi üzerinde kamera, aydınlatma ve bilgisayar sistemleri kullanılarak denemeler yapmışlardır. Hatasız kumaş örnekleri üzerinden alınan görüntülerin ortalama değerleri ve standart sapma değerleri hesaplanarak maksimum ve minimum eşik sınırı bulunmuştur. Bu sınırlara göre eşikleme işlemi yapılan görüntüler siyah beyaza çevrilmiştir. Bu işlemle birlikte kumaş yüzeyindeki istenmeyen hatalı kısım başarıyla ortaya çıkarılmıştır. Hatalı bölgenin geometrik değerleri kullanılarak birtakım hesaplamalar yapılmış ve bulunan sonuçlardan var olan hatanın boyutu ve yeri de özellikle elde edilmiştir.

Spektral yaklaşım temelli metotlardan olan Fourier dönüşümü, Dalgacık dönüşümü ve Gabor filtresine yönelik yapılan bazı hata tespit çalışmalarının özeti Tablo 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1. Fourier, Dalgacık ve Gabor dönüşümü metotlarına yönelik yapılan bazı hata tespit çalışmalarının özeti

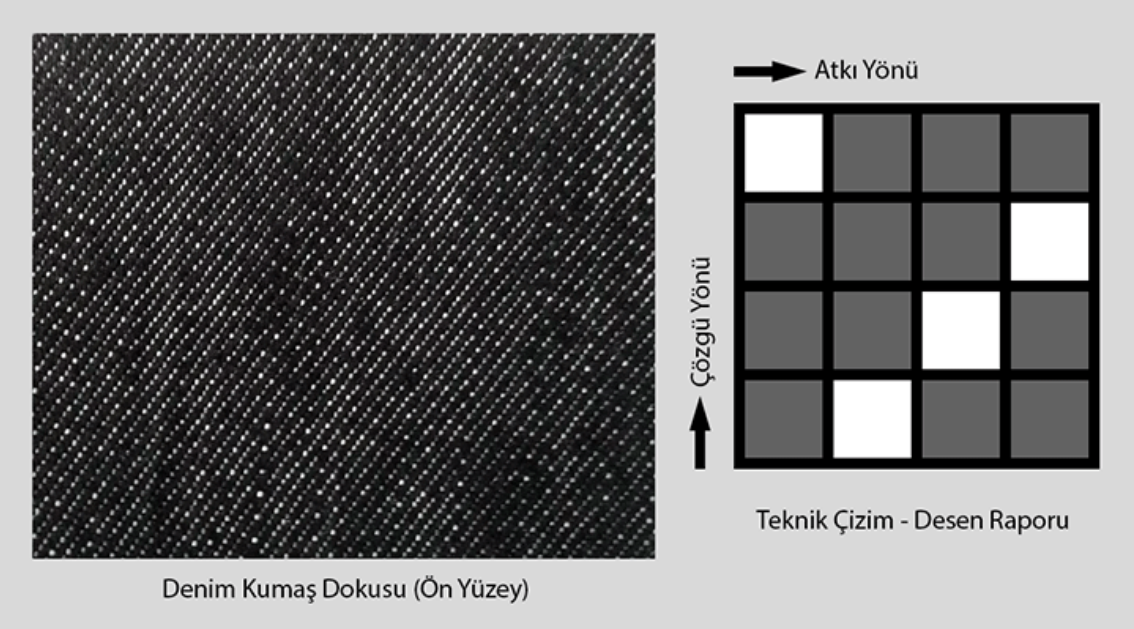
Kullanılan Metot	**İncelenen kumaş türleri**	**İncelenen hata türü sayısı**	**Kullanılan sınıflandırıcı**	**Başarı oranı (%)**	**Kaynak**
Fourier Dönüşümü	Düz	10	Seviye seçim filtresi	%97.22	7, 22
Fourier Dönüşümü	Düz	4	Bilinmiyor	Bilinmiyor	8, 22
Fourier Dönüşümü	Bilinmiyor	1	YSA	%95	22
Dalgacık Dönüşümü	Dokuma	Bilinmiyor	YSA	%94	14, 22
Dalgacık Dönüşümü	Karmaşık desenli kumaşlar	6	Bilinmiyor	%96.7	16
Dalgacık Dönüşümü	Bilinmiyor	3	YSA	%95	18, 22
Gabor Dönüşümü	Fitilli, düz, kot	4	YSA	%100	22
Gabor Dönüşümü	Bilinmiyor	6	Bilinmiyor	%97.4	12
Gabor Dönüşümü	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	%92.86	13

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, verilerin toplanması, çözümlenmesi ve yorumlanması için çalışmada kullanılacak olan materyal, cihaz ve makineler, metot ve yöntemler, uygulama stratejisi, performans ölçüm kriterleri hakkında tanımlayıcı bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Kullanılan Kumaş Numuneleri

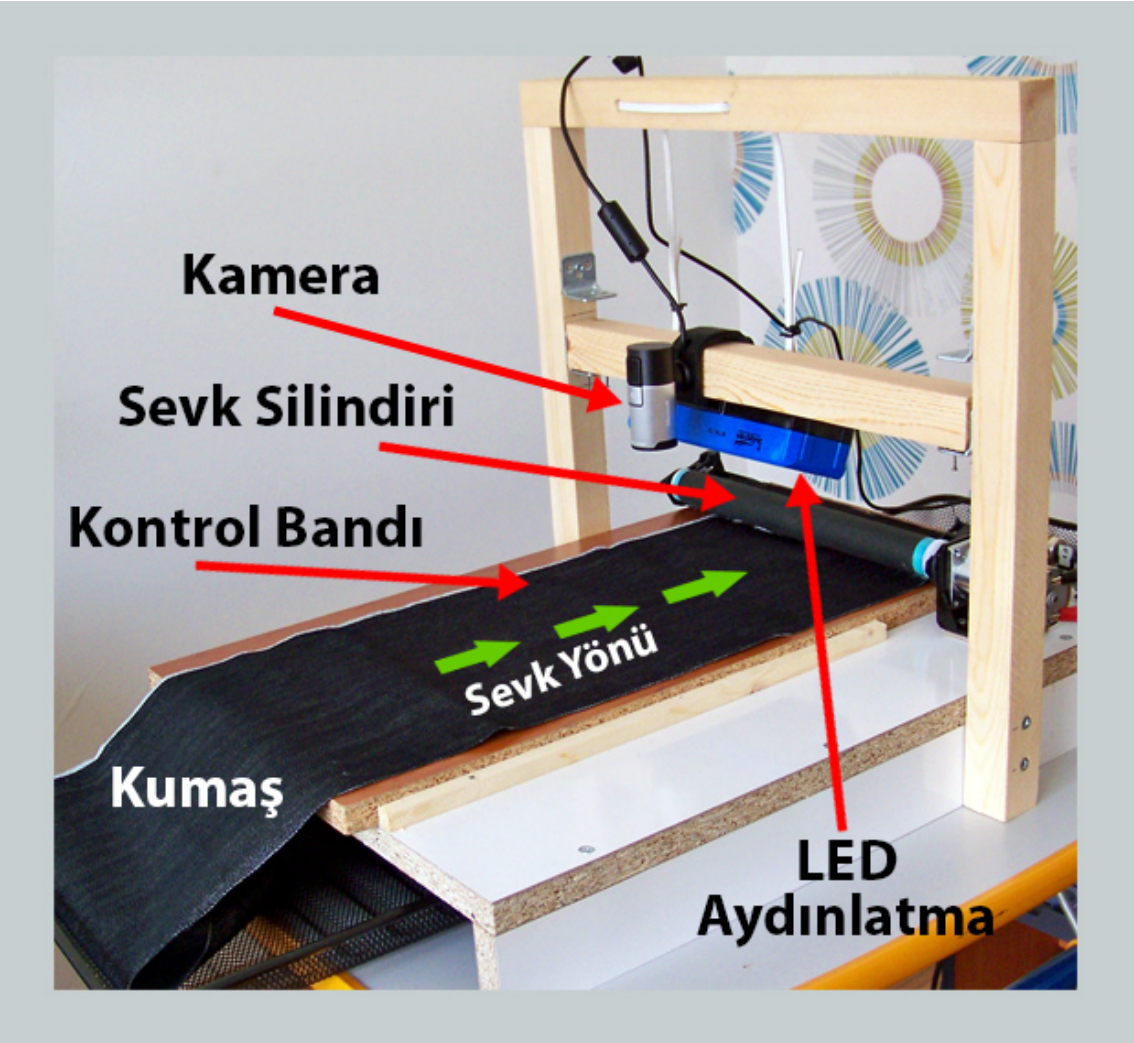
Bu tez çalışmasında Kayseri'de faaliyet gösteren Orta Anadolu Mensucat tekstil fabrikasından alınan denim kumaş numuneleri kullanılmıştır. Kullanılan bu numunelerinin çözgü sıklığı ve atkı sıklığı elde edilen kumaş numunesine göre değişmekte olup örgü deseni 3/1 Z (sağ yollu) dimi, çözgü ipliği pamuk, atkı ipliği polyesterdir. Ayrıca bilindiği üzere denim kumaşların yapısı gereği çözgü iplikleri boyalı ve atkı iplikleri ise beyazdır. Şekil 3.1'de bu tez çalışmasında kullanılan örnek bir denim kumaş numunesi ve deseninin teknik çizimi bulunmaktadır. Kumaş görselleri üzerinde yapılan değerlendirmeler ön yüzey baz alınarak yapıldı ve tüm kumaşlarda çözgü yönü aynı tutulmuştur.



Şekil 3.1. Denim kumaş numunesi ve Dimi 3/1 Z (sağ yollu) dimi örgü deseni

3.2. Kullanılan Kumaş Kontrol Sistemi

Bu tez çalışması için özel hazırlanan ve kumaş dokuma makinesinin çalışma prensibinin modellendiği (makine üzerinde atkı atım işleminin gerçekleşmesi sonucu oluşan kumaş yüzeyinin sevk silindiriyle sevk edilmesinin modellendiği) bir kumaş kontrol sistemi (KKS) kullanılmıştır. Şekil 3.2'de verilmiş olan bu sistem sayesinde fabrika ortamına girmeden kumaş hata kontrolü işlemleri yapılabilecektir.

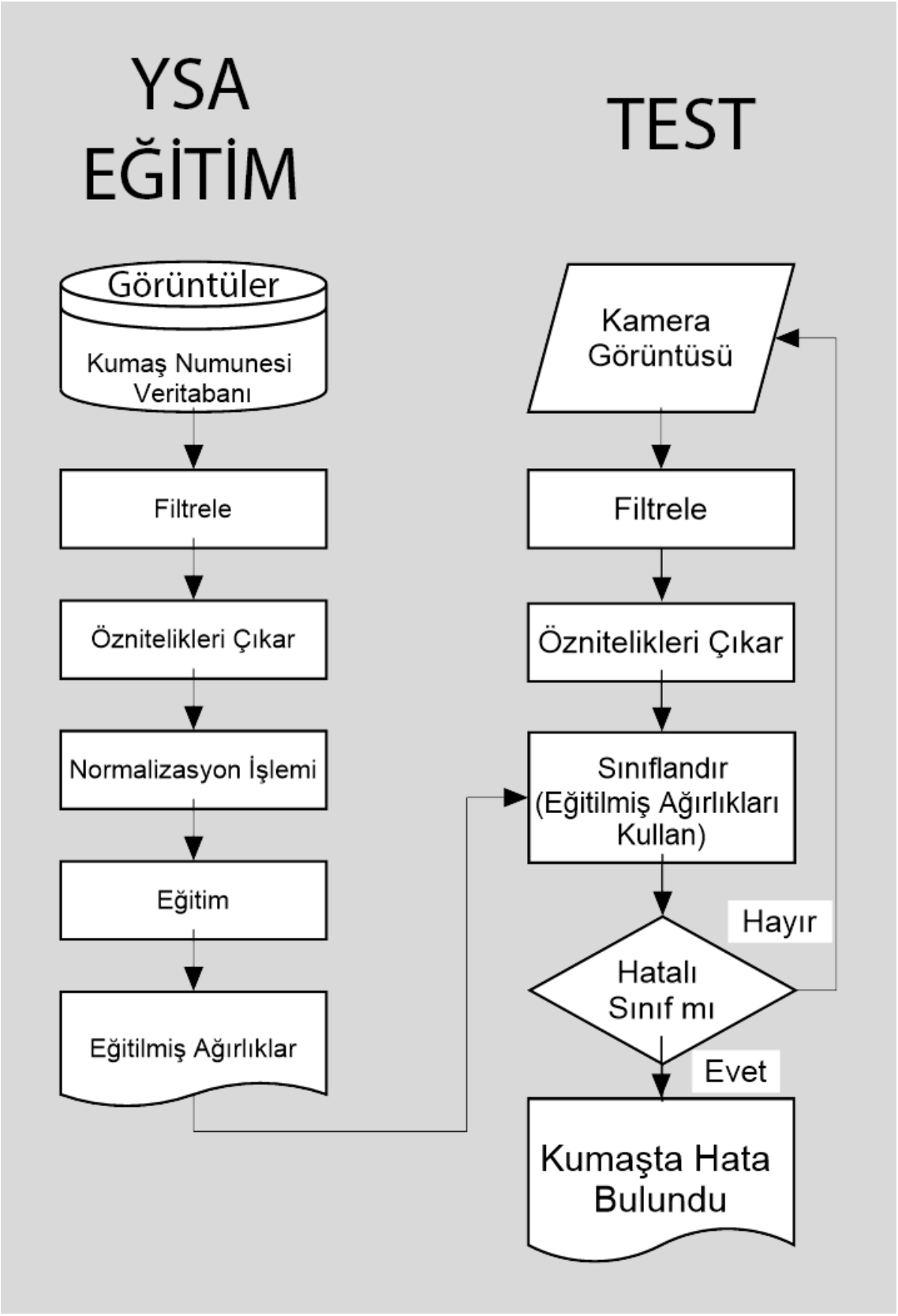


Şekil 3.2 Kumaş kontrol sistemi ve bileşenleri

Bu sistem 360x500mm ebatlarında olup yüksek çözünürlüklü kamera, LED ışık kaynağı, DC motor, motor sürücü kartı ve güç kaynağı ve motora bağlı olan sevk silindiri bileşenlerini içermektedir. Bu bileşenlerden CMOS algılayıcı teknolojisine sahip olan yüksek çözünürlüklü kamera, 1080p HD Sensör ile mükemmel keskinlik ve görüntü

kalitesine sahip olmakla birlikte 0,1 m ile 10 m arası otomatik netleme (odaklama) ve saniyede 30 kare yakalama özelliklerine sahiptir. Yine belirtmek gerekir ki insan görmesine yakın bir spektrum aralığına sahip olan LED ışık kaynağı bileşeni ise düşük kalite kaybı ve uzun ömürlülük gibi üstünlüklere sahiptir [1]. Ayrıca sistemin en önemli parçası olan kameranın bağlı olduğu ve verilerin işlendiği bilgisayar ise Intel Core i7 işlemci ve 12 GB Ram belleğe sahiptir. Sistem tek bir motor üzerinden kontrol edilmekte olup motor sürücü kartı sayesinde motor hız ayarı manuel olarak yapılabilmektedir. Kamera sistemi bilgisayara bağlı olarak çalışmakta ve kumaş kontrol sistemi üzerinde kumaş yüzeyini görecek şekilde 90 derece açıyla (dik olarak) 10 cm uzaklığa sabitlenmiştir. Işık kaynağı ise kameranın gördüğü alanı yeterli düzeyde aydınlatması amacıyla kumaşa yakın bir mesafede konumlandırılmıştır.

Dokuma makinesi üzerinde dokuma esnasında atkı ipliğinin atılması ile birlikte atılan atkının kumaşa dahil edilmesi sonucunda geçen sürenin KKS üzerinde de birebir modellenmesi gerçek zamanlı hata tespit çalışması için önem arz etmektedir. Kamera ve sevk silindiri hızları senkronize edildikten sonra, her bir kumaş parçası KKS üzerinde hareket ettirilmiş ve kumaş hareket ederken video görüntüleri bilgisayar sistemine aktarılmıştır. Aktarılan kumaş görüntüleri MATLAB ortamında hazırlanmış Kumaş Hatası Tespit Yazılımı (KHTY) vasıtası ile kontrolden geçirilmiş ve hatalı kumaş görüntüleri “jpg” dosya formatında kaydedilmiştir. Yapılan bu adımların oluşturduğu sistemin genel aşamaları Şekil 3.3’te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Kumaş hatası tespiti için oluşturulan sistemin genel aşamaları

3.3. Shearlet Dönüşümü Yöntemi

Dalgacık dönüşümü, Fourier dönüşümü gibi sinyal ve görüntü analiz metotları günümüzde yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu metotlar yüksek boyutlu sinyal ve görüntü verileri için veyahut kenar ya da köşe bilgileri gibi benzer geometrik özellikleri en iyi şekilde ortaya çıkartmak için uygun metotlar değillerdir. Bunun en büyük sebebi bu metotlarla görüntüler üzerinde çok yönlü olarak yapılan analizlerde yeterli düzeyde bilgiye ulaşılamamaktadır.

Bunu sağlamak için görüntüleri çok yönlü ve çok ölçekli analiz edebilen metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlardan biriside 2006 yılında Guo ve arkadaşları [23] tarafından oluşturulmuş olan Shearlet dönüşümü metodudur. Yönsel olarak dalgacık dönüşümü metodunun daha geliştirilmiş bir sürümü olan bu metot, görüntü analizlerinin yapılmasında kullanılan çok ölçekli bir modeldir. Shearlet dönüşümü üzerine sonraki yıllarda karmaşık formda tanımlanmış bazı çalışmalar yapılmıştır. Hauser ve Steidl, 2014 yılında birlikte sürdürdükleri bir çalışmada hızlı sonlu Shearlet dönüşümü metodunu tanımlamışlardır.

Shearlet dönüşümü; parabolik ölçekleme $\mathrm{A}_a = \begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & \sqrt{a} \end{pmatrix}$ matrisi, $\mathrm{S}_s = \begin{pmatrix} 1 & s \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ kesme matrisi ve t çevirme değişkeni (parametresi) olmak üzere $\psi_{a,s,t}$ ana shearlet fonksiyonu denklem 3.1'de verildiği şekliyle kutupsal koordinat sisteminde tanımlanabilir [23]. Bu verilen denklem bakıldığında a ölçek değişkeni reel sayı olmak üzere sıfırdan büyük ve s kesme değişkeni ise reel sayı olmaktadır.

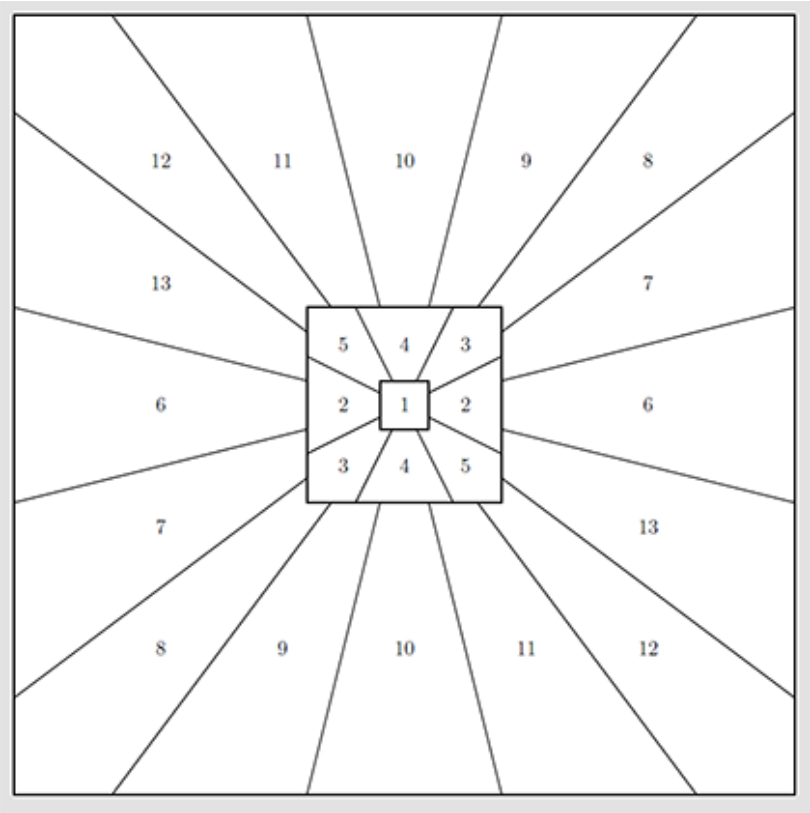
$$\psi_{a,s,t}(x) = a^{-\frac{3}{4}}\psi\left(A_a^{-1}S_s^{-1}(x-t)\right) \tag{3.1}$$

Görüntü işleme uygulamalarında Shearlet dönüşümü yönteminin yer alabilmesi için kartezyen koordinat sisteminde tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu kapsam içerisinde shearlet dönüşümü sonlu ayrık şeklinde tarif edilebilir [24]. M, N Görüntü boyutları ile $j_0 := \left\lfloor \frac{1}{2}\log_2 max\{M,N\} \right\rfloor$ olmak üzere, Shearlet dönüşümü yönteminde kullanılan parametrelerin ayrık karşılıkları vardır. Bunlar $a_j := 2^{-2j};\ j = 0, \dots, j_0 - 1$, $S_{k,j} := k2^{-j};\ -2^j \leq k \leq 2^j$ ve $t_m := \left(\frac{m_1}{M}, \frac{m_2}{N}\right), m \in \mathcal{G};\ \mathcal{G} := \{(m_1, m_2) : m_1 = 0, \dots, M-1, m_2 = 0, \dots, N-1\}$ dir. Burada $\mathcal{G}$ ızgarayı (grid) ifade etmektedir. Denklem 3.2'de verilen sonlu ayrık şeklinde ifade edilen Shearlet dönüşümü, hızlı Fourier

dönüşümünden de faydalanılarak Hızlı Sonlu Shearlet Dönüşümü (Fast Finite Shearlet Transform - FFST) şeklinde de ifade edilir [24].

$$\psi_{j,k,m}(x) := \psi_{a_j,s_jk,t_m}(x) := \psi\left(A^{-1}_{a_j,\frac{1}{2}} S^{-1}_{s_j,k}(x, t_m)\right) \tag{3.2}$$

Şekil 3.4'de işlemlerde kullanılan frekans dilimlerinin dağılımı verilmiştir [24].



Şekil 3.4. FFST frekans dilimleri

Frekans dilimlerinin dağılımına baktığımızda alçak geçişli bölüm için her zaman bir tane indeksin (kesmenin) var olduğunu görürüz. Her bir frekans bandında diyagonaller için 2 indis (veya kesme) vardır. Her bir konide ise $1 + 2 \cdot \left(2^j - 1\right) = 2^{j+1} - 1$ tane indeks (kesme) vardır. Ayrıca j ölçek için $2 \cdot \left(2^{j+1} - 1\right) + 2 = 2^{j+2}$ tane kesme vardır. Aşağıdaki Tablo 3.1'de her j için kesme (shearlet) sayısı listelenmektedir [24].

Tablo 3.1. Her j için kesme (shearlet) sayısı

Alçak Geçiş (Low-pass)	$j = 0$	$j = 1$	$j = 2$
1	4	8	16

Her indeks için spektrum, $M \times N$ boyutunda bir ızgara üzerinde hesaplanır. Tüm indeksleri (kesmeleri), $M \times N \times \eta$ boyutunda üç boyutlu bir matris içinde saklanır. Sonuç olarak, $M \times N$ boyutunda bir f görüntüsü, $M \times N \times \eta$ boyutunda bir görüntüye yüksek oranda örneklenir. $j_0 = 1,\ldots,4$ için η sırasıyla 5, 13, 29, 61 değerlerini alır. Burada j_0 ölçek sayısını ifade etmekle birlikte j parametresi için en yüksek ölçek $j_0 - 1$ dir. Her bir $j_0 = 1,2,3,4$ ölçek değerlerindeki kesme (indeks) sayısı hesaplanırken $2^{j_0+2} - 3$ formülü kullanılır [24].

Aşağıdaki Tablo 3.2'te, tüm görüntü boyutları olan $N = 4,\ldots,1024$ için ölçek sayıları listelenmiştir.

Tablo 3.2. N için ölçek sayıları

N	4,…, 15	16,…, 63	64,…, 255	256,…, 1023	1024
j_0	1	2	3	4	5

Bu tez çalışmasında reel değerli hızlı sonlu Shearlet dönüşümü metodundan faydalanılmıştır. Bu amaçla, Hauser ve Steidl tarafından oluşturulan FFST (Fast Finite Shearlet Transform) isimli araç kutusunun MATLAB sürümü [24] kullanılmıştır. Ayrıca Shearlet dönüşümü metodu ile görüntünün öznitelik değerleri çıkartılırken alınan ölçek sayısı dörttür. 1080 × 480 boyutunda belirlenen her bir kumaş yüzeyi görüntüsü farklı açılarda filtreleme işleminden geçirilirken 61 frekans dilimi yani kesme sayısı kullanılmış ve böylece her bir görüntü için 1080 × 480 × 61 ölçüsünde (boyutunda) shearlet katsayı matrisleri hesaplanmıştır.

Elde edilmiş olan frekans katsayı matrisleri üzerinde istatistiksel analizler yapılarak kumaş hatasının tespiti işlemlerinde her bir shearlet katsayı matrislerinin her biri için ortalama ve varyans ölçüleri hesaplanmış ve normalizasyon işleminden geçirilmiştir. Sonuç olarak KKS'den alınan her bir kumaş yüzeyi görüntüsünün analiz işlemlerinde kullanılmak üzere öznitelik vektör boyutu değeri 1 × 122 olarak bulunmuştur.

Kullanılacak olan FFST'nin MATLAB versiyonun da temel olarak A ∈ $\mathbb{R}^{M\times N}$ ile ifade edilen bir A resmi için dönüşüm işlemi:

[ST , Psi] = shearletTransformSpect (A , numOfScales , realCoefficients)

komutunun çağırılması ile sağlanır. *numOfscales* ve *realCoefficients* isteğe bağlı argümanlardır. Bu komutta j_0 ölçek sayısı verilmez ise ve sadece A verilirse, gereken dönüşüm A'nın boyutundan hesaplanır. Değişken *ST*, talep edilen üçüncü boyut ile $M \times N \times \eta$ boyutunda üç boyutlu bir matris olarak shearlet katsayılarını içerir. *Psi* aynı boyuttadır ve ilgili shearlet spektrumlarını içerir [24].

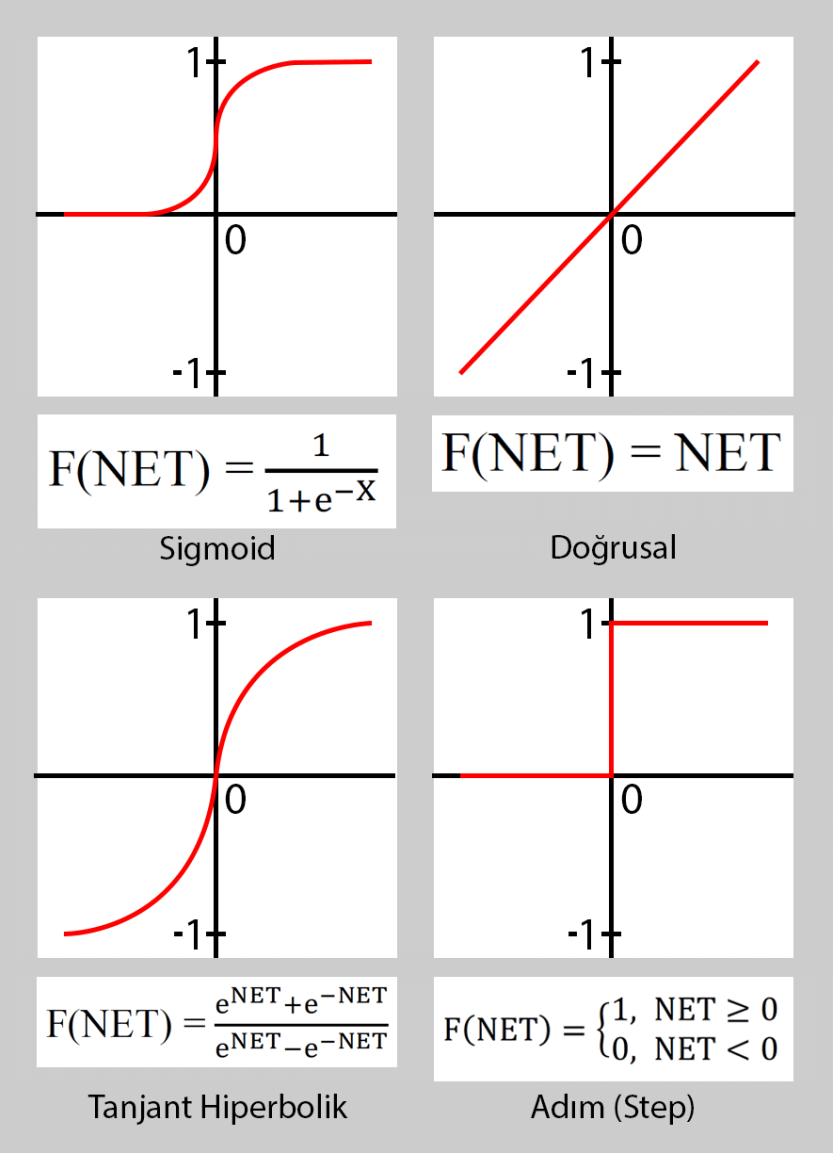
3.4. Yapay Sinir Ağları

Görüntü işleme ve örüntü tanıma teknikleri için sınıflandırıcılara ihtiyaç vardır. Yapay Sinir Ağları (YSA) parametrik olmayan doğası ve karmaşık karar bölgelerini tanımlama gibi yeteneklerinden ötürü hata tespiti için en hızlı ve en esnek sınıflandırıcılar arasındadır [25].

Akıl yürütme ve anlam çıkarma gibi insanda bulunan bir takım zihinsel süreçlere ait vazifeleri yerine getirebilme becerisi olan Yapay Sinir Ağları (YSA) yapısı gereği insan beyninin çalışma şeklini örnek alır. Diğer bir ifadeyle, YSA'ları normal şartlarda insanın düşünme ve gözlemleme kabiliyetlerini gerektiren sorunlara yani problemlere karşı çözüm üretecek yapıya sahiptir. Dolayısıyla insanın sahip olduğu öğrenme yeteneği YSA'ları için problemlere çözüm üretmesi açısından önemlidir. YSA'nın öğrenme süreci verilen örnekler ışığında eğitilmesiyle olur. YSA, giriş katmanı, çıktı katmanı ve gizli katman (ya da ara katman) olmak üzere genellikle üç katmana sahiptir. YSA, çok sayıda ağırlıkların bağlantılar yoluyla birbirlerine sinyal göndermesi sonucu iletişim sağlayan basit işleme birimlerinden yani nöronlardan oluşur. Giriş katmanındaki nöronlar sadece gizli katmandaki nöronlara giriş sinyallerini dağıtmak için tampon görevi görürler [26].

YSA'nın gücü paralel işlem yapabilmesinin yanında, öğrenme becerisi ve genelleme yapabilme yeteneğinden ileri gelir. YSA da öğrenme yeteneği ağırlıkların (wi) değişmesi ile mümkün olur. YSA da ağırlıklar bilginin muhafaza edildiği, tutulduğu yerlerdir. Ağirlıklar belli bir değerin altına inmesiyle "w" sabit kalır ve böylece YSA kullanılabilir duruma gelir [27].

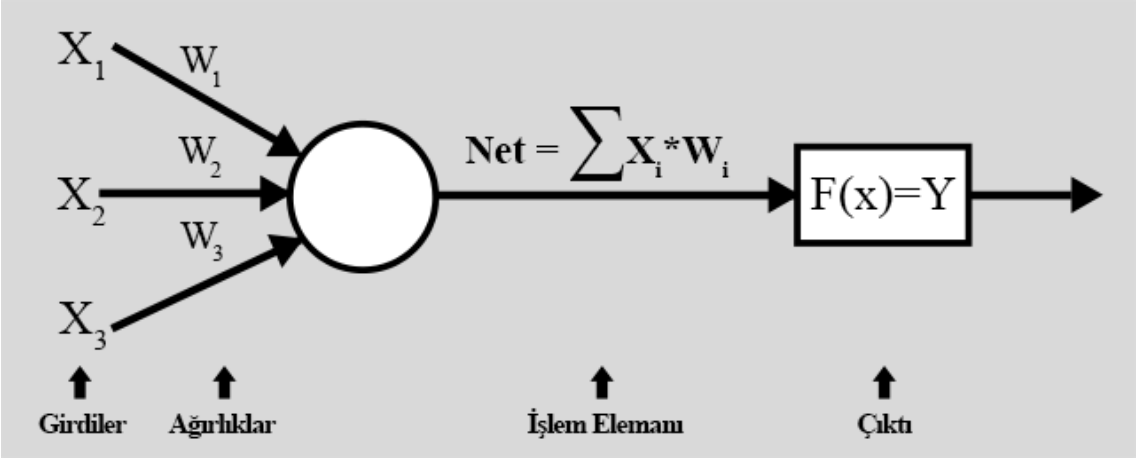
Her bir nöron (sinir hücresi) toplama işlemi ile bağlı olduğu diğer nöronun giriş verisine katkı sağlamaktadır. Bir nöron için $Net = \sum x_i * w_i$ şeklinde ifade edilen birleştirme fonksiyonu (*Net*), sağlanan ağırlıklar ve girdi değerlerini kullanarak o anki hücrenin net girdisini hesaplar. Bu hesaplama sonucu ortaya çıkan *Net*, toplam hücrelerin çıktı değerini oluşturmak için aktivasyon fonksiyonuna gönderilir. Kolay hesaplanabilir bir aktivasyon fonksiyonu türevinin seçilmesi bu esnada çok önemlidir. Bu fonksiyondan çıkan değer sinir hücresinin yani nöronun çıktı değeridir. Şekil 3.5'de YSA'da en fazla kullanılan aktivasyon fonksiyonları verilmiştir.



Şekil 3.5. YSA'da en fazla kullanılan aktivasyon fonksiyonları

Sigmoid aktivasyon fonksiyonu, doğrusal olmayışı nedeniyle YSA oluşturulurken en sık tercih edilen bir fonksiyondur. Sürekli ve türevi alınabilir olan bu fonksiyon tarafından girdi değer bilgilerinin her birisi için 0 ila 1 arasında bir değer üretilir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu, doğrusal problemlere çözüm üretmek için seçilebilir. Bu fonksiyonda alınan girdiler, aynen hücrenin çıktısı olarak kabul edilir. Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu, eldeki *Net* girdi değeri tanjant fonksiyonuna geçirilmesi ile hesaplanan bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun çıkış değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir. Adım (Step) aktivasyon fonksiyonunda ise eldeki *Net* girdi değeri önceden belirlenmiş bir eşik değerinin altında veyahut üstünde olmasına göre hücre çıktısı 0 yada 1 olur [28].

Şekil 3.6'da YSA'nın katman yapısı bir diğer ifadeyle genel yapısı verilmiştir. Burada $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ girdileri, $w_1, w_2, w_3, \dots, w_i$ ağırlıkları, $y_1, y_2, y_3, \dots, y_j$ çıkış birimlerini göstermektedir. YSA'da istenilen amaca varmak için öğrenme algoritması kullanılır. Çünkü bağlantıların ne şekilde ayarlanacağı diğer bir ifadeyle ne şekilde değiştirileceği bu algoritma tarafından belirlenir.



Şekil 3.6. Temel yapay sinir ağı yapısı

YSA'lar sınıflandırılırken kendi aralarında yapılarına göre ve öğrenme algoritmalarına göre YSA'lar şeklinde ikiye ayrılabilir. Yapılarına göre YSA'lar, ileri ve geri beslemeli olmak üzere ikiye ayrılırken öğrenme algoritmaları ise kendi aralarında danışmanlı öğrenme, danışmansız öğrenme ve takviyeli (donatılı) öğrenme olmak üzere üç kısma ayrılır. Bu ağların kullanım alanları sağladığı avantajlara göre değişmektedir. Bu ağlara örnek verecek olursak MLP (Multi-Layer Perceptron) ileri beslemeli ağlara,

SOM (Self Organizing Map) ise geri beslemeli ağlara örnek verilebilir. Yine Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı danışmanlı öğrenmeye, Grosberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) danışmansız öğrenmeye ve Genetik algoritmalar ise takviyeli öğrenmeye örnek olarak verilebilir.

İleri beslemeli ağlarda veri aktarımı giriş birimlerinden çıkış birimlerine doğrudur. Bu ağ yapısı, YSA'ya giriş verisi olarak problemle ilgili bütün bilgilerin tek seferde verilebileceği, çıktının ise bütünüyle o andaki girdiye bağlı olduğunda kullanılır. Geri beslemeli ağları ileri beslemeli ağlardan ayıran en önemli nokta ise dinamik bir yapıya sahip olmasıdır. Geri besleme bağlantısı vasıtasıyla bir sinir hücresinden elde edilen çıktı verisi yeniden başka bir sinir hücresine giriş değeri olarak verilebilir [28].

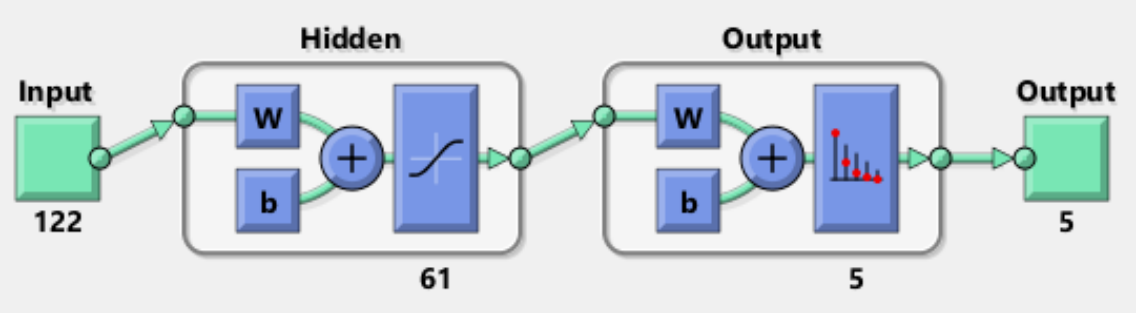
Danışmanlı öğrenme algoritmasının kullanıldığı durumlarda öğrenme işlemi sırasında bir danışman devreye girer ve istenilen çıktılar danışman tarafından sağlanır. Her bir giriş verisi ağın eğitilmesinde rol alır. Danışmansız öğrenme ise kendi kendine öğrenme işleminin gerçekleştiği ağlardır. Bunun anlamı öğrenme işlemi gerçekleştirilirken herhangi bir danışmana ihtiyaç duyulmaz ve beklenen çıktılar ağa sunulmaz. Öğrenme işlemi, giriş verisinin taşıdığı yapısal özellikler ağ tarafından keşfedilerek, kendisini buna uyarlayarak gerçekleştirilir. Takviyeli öğrenmede ise öğrenme işlemi boyunca bir danışman rol alır. Bununla birlikte hesaplanan çıktının doğru olup olmadığı bilgisi haricinde beklenen çıktılar, danışman tarafından temin edilmez. Bu süreçte ağa sağlanan veriler sisteme yardımcı olur [28].

Çalışmada kullanılacak YSA'nın oluşturulması için ağın yapısı ve işleyiş şekli önem arz etmektedir. Bunun için aşağıda verilen kararların alınması gerekir.

- Ağ yapısını oluşturan özellikler (katman sayısı ve nöron sayıları gibi),
- Ağın işleyişinde rol alan fonksiyonlar,
- Ağ'da kullanılacak parametreler ve öğrenme algoritması,
- Eğitim ve test verisi,

belirlenir yada oluşturulur.

Bu tez çalışmasında kumaş hata tespiti için örüntü tanıma işleminin sınıflandırma aşamasını oluşturan YSA'nın çalışma modeli çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı olarak belirlenmiştir. Şekil 3.7'de çalışma modeli diyagramı verilmiştir.

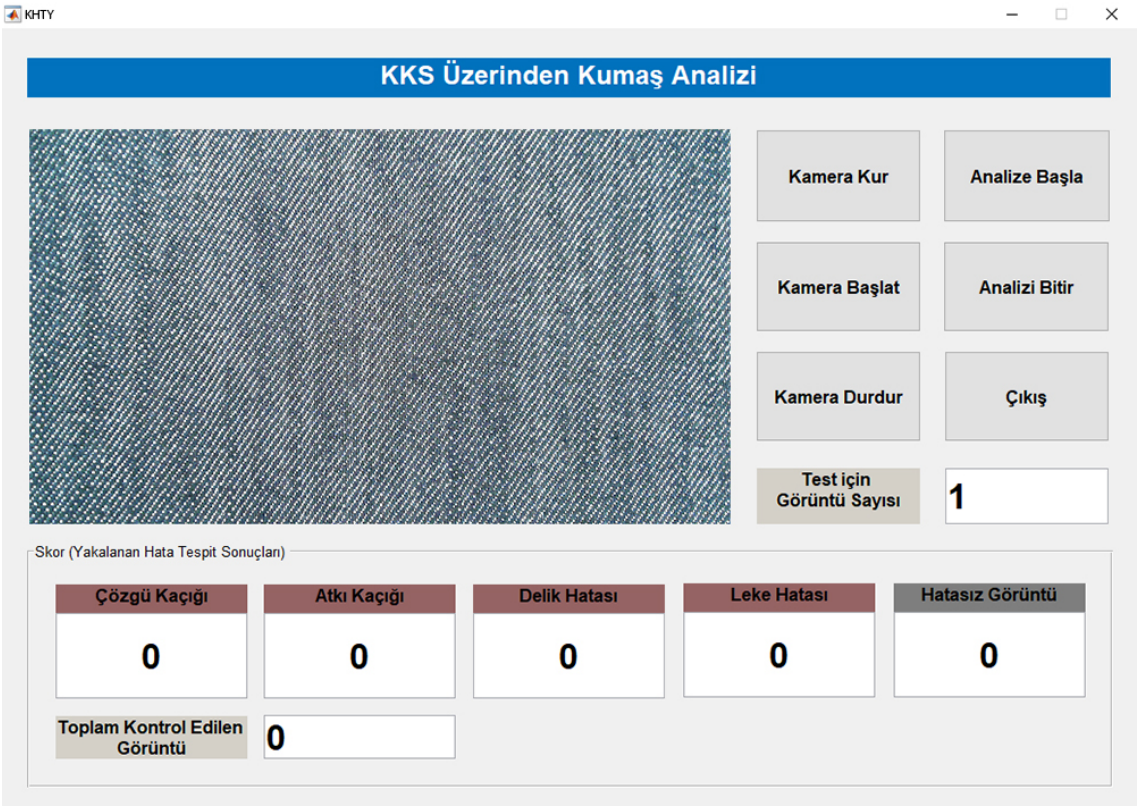


Şekil 3.7. YSA'nın çalışma modeli diyagramı

3.5. Arayüz Geliştirme Ortamı ve Kullanıcı Arayüzü

Bu tez çalışmasında önceden belirlediğimiz hata türlerinin denim kumaş üzerinde tespitine yönelik yapılan çalışmalarda kullanılmak üzere ön işlemlerle birlikte Shearlet dönüşümü öznitelik çıkarma yöntemi, seçme işlemi ve hatalı hatasız kumaş yüzeyi karşılaştırma işlemi vasıtasıyla oluşturulan KHTY alt yapısı MATLAB ortamında geliştirilmiştir. MATLAB (matrix laboratory), çok paradigmalı sayısal ve sembolik hesaplama yazılımı olmasının yanında algoritma geliştirme, veri çözümleme, kullanıcı arayüzü oluşturma gibi olanakları olan yüksek seviyeli programlama dillerindendir.

Geliştirilen KHTY ile kameradan gelen kumaş yüzeyi görüntüleri ön işlemlerden geçirilir ve sonra Shearlet dönüşümü yöntemi uygulanır. Öznitelik vektörleri elde edilmiş görüntü üzerinden çıkarımlar yapılarak varsa hatalı görüntüye ait bilgiler temin edilmektedir. Buradan elde edilen veriler yardımıyla sınıflama yapılarak hatanın çeşidinin tespit edilmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.8'de geliştirilen KHTY'nin ara yüzü görülmektedir.



Şekil 3.8. Geliştirilen kumaş hatası tespit yazılımı arayüzü

Geliştirilen KKS ve KHTY kullanılarak hatasız ve 4 farklı hata türüne ait hatalı üretim testi için toplam beş defa birbirinden bağımsız olarak test işlemi yapılacaktır. Gerçekleştirilecek işlemler öncesi KKS üzerinde bulunan motor sürücü kartı üzerinden elle kumaş sevk silindirinin hızı ile kamerasının çalışma hızı senkronize edilmiştir.

3.6. Uygulama Stratejisi

Bu çalışmada KHTY'nın kararlılık ve güvenilirliğinin test edilmesi için kumaş hatası türleri olarak kumaş veri tabanında bulunan bir kısmı elle üretilmiş olan dokuma kumaş hatalarının bulunduğu daha önceden elde edilmiş denim kumaş örnekleri kullanılacaktır. Çünkü eğitilecek olan YSA modeli kumaş veri tabanındaki hata türlerini kapsayacaktır. Ayrıca 600 farklı kumaş görüntüsünün analizi için KKS ve KHTY birlikte kullanılacaktır. Yani toplamda yakalanan ve analiz edilen görüntü sayısı 600 olacaktır.

Bu tez çalışmasında kameradan elde edilen görüntüler ön işlem aşamasından geçirilecektir. Ön işlem aşaması, görüntünün filtre edilmesi, bir takım dönüşüm ve gösterim teknikleri ile işlenmesi gibi aşamaları kapsamaktadır. Bu kapsam çerçevesinde uygulanacak ön işlemlerin başında gri seviyeye dönüştürme, double precision işlem hızı

için double veri tipine dönüştürme, gürültü giderme ve iyileştirme amaçlı filtreleme işlemi gelmektedir.

Her bir görüntü için Shearlet dönüşümü uygulanırken parametre değeri olarak ölçek değerinin 4 ve yardımcı dalgacık fonksiyonunun Meyer seçilmesiyle toplamda 61 adet farklı shearlet katsayı matrisi elde edilecektir ve bu katsayı matrislerinden ise öznitelik vektörleri elde edilmiş olacaktır. Öznitelik vektörleri elde edilirken bazı istatistiksel işlemlerden geçirilmektedir (ortalama ve varyans alma gibi). Bilindiği gibi YSA giriş verisi olarak normalize edilmiş görüntüleri almaktadır. Bu amaçla öznitelik vektörleri elde edilmiş görüntüler normalizasyon işleminden geçirilmiş olacaktır.

Gerçek zamanlı hata tespitinde kameradan gelen video görüntüleri 1080 × 1920 (yükseklik x genişlik) piksel boyutundadır. Bu boyut, YSA'nın eğitimi için kullanılırken yatay yönde 4 eşit parçaya bölünerek kumaş veri tabanı oluşturulacaktır. Dolayısıyla inşa edilen veri tabanındaki her bir görüntü 1080 × 480 boyutunda olacaktır. Böylece veri tabanını oluşturan hatalı ve hatasız görüntülerin adedi artırılarak (1970 adet) görüntü çeşitliliği sağlanacaktır. Ayrıca test aşamasında KKS'nin çalışması esnasında gerçek zamanlı elde edilen her bir kumaş görüntüsü de yatay olarak 4 eşit parçaya bölünerek 1080 × 480 boyutlarında alt görüntülere ayrılacaktır. Sonrasında bu alt görüntülerin öznitelik vektörleri elde edilerek YSA'ya sunulacak ve böylelikle hata içerip içermedikleri test edilecektir. Böyle yapmamızın iki önemli nedeni vardır. Bunlardan ilki, delik, patlak ve yırtık gibi hatalar kumaş yüzeyinin bir bölümünde bulunabilirken çözgü kaçığı ve atkı kaçığı gibi hatalar ise tüm görüntüde olabilmektedir. Buda daha doğru hata tespiti yapabilmemiz için bunu dikkate almamız gerektiğini göstermektedir. İkincisi ise performansı artırmak için gerekli olmasıdır. Çünkü daha küçük boyutlardaki görüntünün taranması çok daha hızlı gerçekleşecektir.

BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde Shearlet dönüşümü yöntemi esas alınarak tasarlanan kumaş hatası tespit sistemi için test aşamasında çalışma zamanı analizinin yapılarak elde edilen bulgular ışığında geliştirilen sistemin güçlü yönleri ile birlikte yetersiz kaldığı yani zayıf olduğu yönleri de tartışılacaktır. Akabinde gelecekte yapılabilecek çalışmalar hakkında gerekli bilgilere de değinilecektir.

4.1. Veri Tabanı İnşası ve YSA'nın Eğitimi

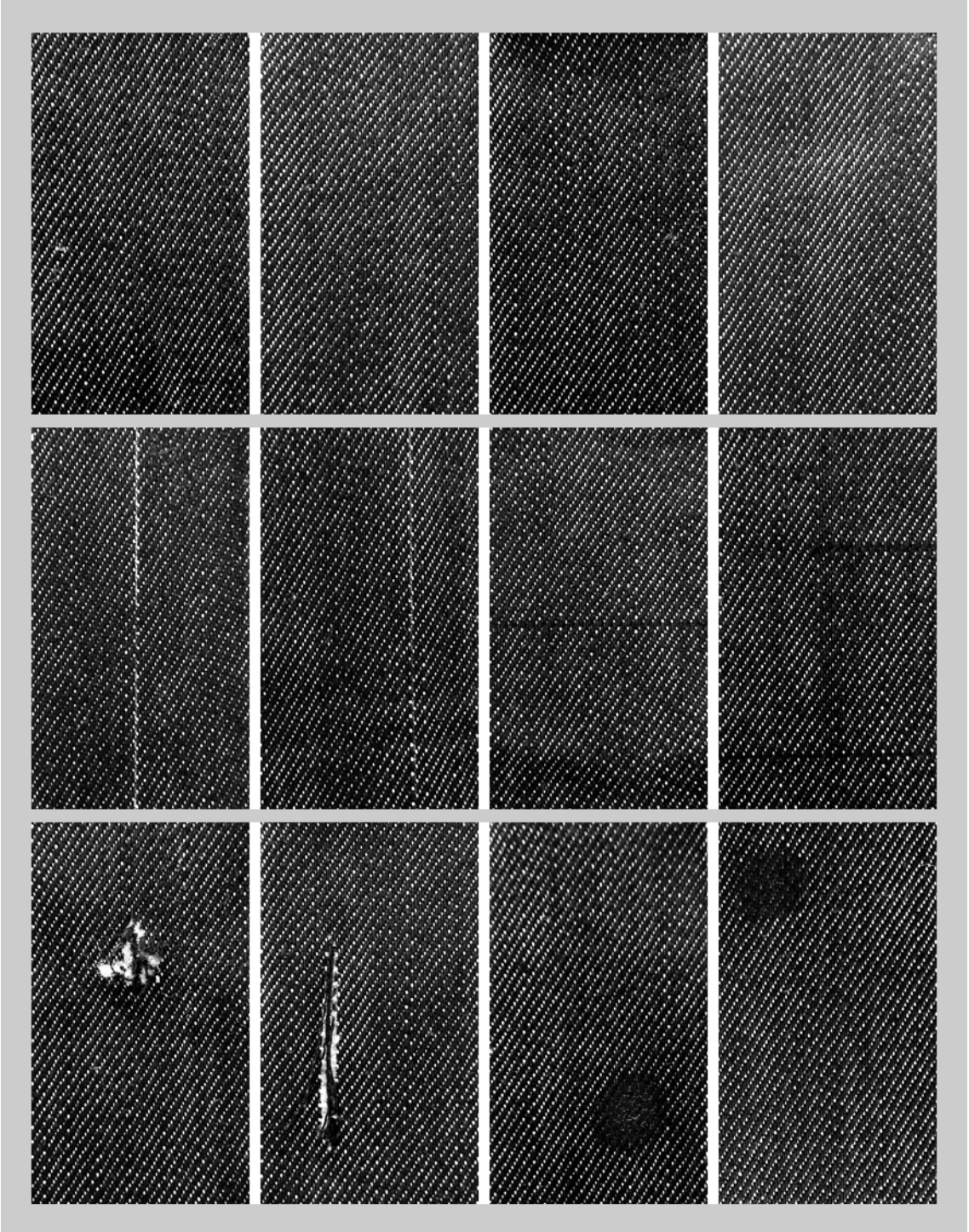
Denim kumaş numuneleri temin edilerek hatalı ve hatasız kumaş parçaları şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada hatalı kumaş türleri, çözgü kaçığı, atkı kaçığı, delik-yırtık-patlak (delik hatası), leke (yağ lekesi) şeklinde ayrılmıştır. KKS vasıtası ile kumaş veri tabanını oluşturmak amacıyla işletme ortamına girmeden hatalı ve hatasız kumaş görüntüleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Kumaş görüntüleri elde edilirken daha önce belirtildiği gibi KKS ve kamera hızları senkronize edilmiştir. Kumaş video görüntüleri Microsoft'un Windows işletim sistemi bünyesinde yer alan kamera uygulaması ile bilgisayara kaydedilmiştir. Bilindiği gibi bu uygulama tanıtılan kamera özelliklerine göre işlevsellik kazanmaktadır.

Piyasada en çok bilinen görüntü işleme yazılımı olan Photoshop yazılımı kullanılarak elde edilen video görüntüleri üzerinde gerekli kırpma işlemleri yapılmış ve kumaş verisi içermeyen bölümler atılmıştır. Görüntüler (1080 × 1920 boyutunda) incelenmiş ve hataların olduğu kumaş yüzey görüntüleri ayıklanmıştır. Daha sonra hatalı ve hatasız büyük boyutlu görüntülerin her biri 1080 × 480 piksel boyutunda olacak şekilde yatayda 4 eşit parçaya bölünerek daha küçük boyutlu görüntüler elde edilmiştir.

Elde edilen görüntüler veri tabanı oluşturma programı kullanılarak önemli olan bir kaç işlemden geçirilmiştir. Bunlar:

- Ön işlem (griye çevirme, filtreleme, double işlemi)
- Shearlet dönüşümü işlemi
- İstatistiksel analizler (ortalama, varyans)
- Normalizasyon

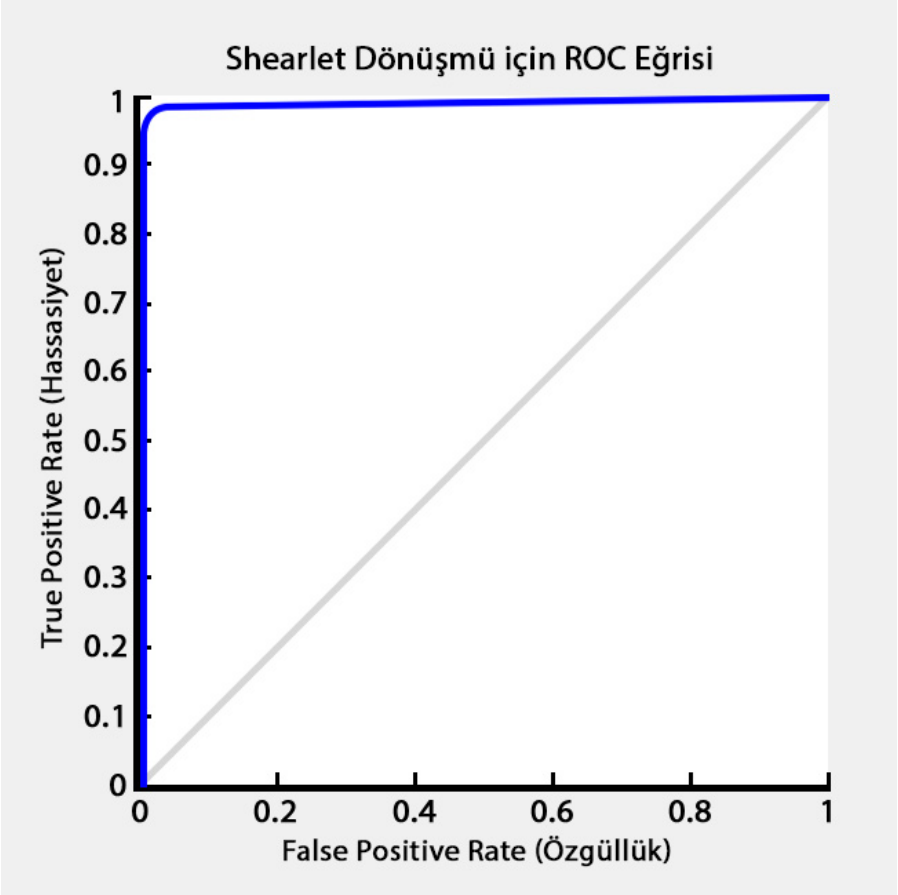
YSA için oluşturulan ve veri tabanına kaydedilen denim kumaş türündeki bazı hatalı (1120 adet) ve hatasız (850 adet) görüntü örnekleri Şekil 4.1'de verilmektedir.



Şekil 4.1. Kumaş veri tabanındaki örnek hatasız ve hatalı kumaş yüzeyi görüntüleri (birinci satır hatasız, diğer satırlar hatalı)

Yapılan bu işlemler sonucu elde edilen her bir sayısal görüntünün (1970 adet) öznitelik vektör boyutunun 1×122 ölçüsünde elde edilerek transpozesi alınmıştır. Böylece YSA'nın eğitimi için gereken kumaş veri tabanı dosyası veri tabanı oluşturma programı tarafından oluşturulmuştur.

YSA'nın eğitimi için MATLAB ortamında bulunan Neural Network Toolbox (NNT) kullanılmıştır. YSA'nın eğitiminde ve hata sınıflandırma çalışmalarında çok katmanlı ve ileri beslemeli YSA modeli tercih edilmiş ve elde edilen öznitelik vektörlerinin yer aldığı kumaş veri tabanı dosyası, giriş bilgisi olarak YSA'ya sunulmuştur. Verilen bu bilgilerin %80'i eğitim, %20'si test amaçlı kullanılmıştır. Sonuç olarak başarılı bir eğitim işlemi gerçekleşmiş (%98 genel başarım) ve gerçek zamanlı test aşamasında kullanılmak üzere eğitilmiş ağırlıkların bulunduğu ağ dosyası oluşturulmuştur. Şekil 4.2'de ROC (Receiver Operating Characteristic-ROC) eğrisi verilmiştir.



Şekil 4.2. YSA eğitiminde elde edilen ROC eğrisi

ROC eğrileri bilindiği üzere hassasiyet ve kesinlik arasındaki dengenin değerlendirilmesi ve yorumlanması için kullanılmaktadır. ROC eğrisine ait X ve Y eksenlerinin oluşturduğu koordinat sisteminde, Y ekseninde hassasiyet (duyarlılık) ve X ekseninde ise özgüllük yer alır. XY ekseninde ROC eğrisi yüksek hassasiyet noktasına ve sol tarafa doğru ne kadar yakınsa (kaymakta ise) o kadar sınıflandırma işlemi başarılıdır.

4.2. Hata Tespit Çalışmaları

Frekans alanı yöntemlerinden Fourier dönüşümü, Dalgacık dönüşümü ve Gabor dönüşümü yöntemlerinin kumaş hatası tespitindeki başarıları zaten bilinmektedir. Ancak Shearlet dönüşümü yöntemi dokuma kumaş hatası çalışmalarında henüz kullanılmayan yeni bir yöntemdir. Bu tez çalışmasında Shearlet dönüşümü yönteminin güçlü ve zayıf yönleri vurgulanarak başarım performansı test edilmiştir. Özellikle frekans alanı yöntemlerinden Fourier dönüşümü, Dalgacık dönüşümü ve Gabor dönüşümü hakkında daha önceki verilen literatür bilgilerinden faydalanarak Shearlet dönüşümü yönteminin başarım performansı değerlendirilmiştir. Burada belirtmek gerekir ki bu değerlendirme tam anlamıyla gerçekçi olmayacaktır. Çünkü yöntemlerin başarım oranlarını etkileyen kıstaslar farklılık göstermektedir. Örnek olarak hata türleri, kullanılan sınıflandırıcı, görüntü alma sistemleri verilebilir. Yine de yapılan çalışmalarda bazı kumaş hatalarının benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu sebeple Shearlet yönteminin başarım performansı hakkında daha fazla fikir vereceği düşünüldüğünden bu değerlendirme yapılmıştır.

Bilindiği gibi Shearlet dönüşümü sonucu bir görüntüden çok sayıda alt bant elde edilmektedir. Bu alt bantlarda birbiri ile ilişkili bazı bilgiler olduğundan aralarında yüksek ilgileşim vardır. Bu sebepten gereksiz ve tekrarlayan verilerin ayıklanıp öznitelik vektörü oluşturulması gerekmektedir. Bunun için bazı istatistiksel hesaplamaların ve kumaş dokusuna yönelik analizlerin yapılması gerekmektedir [29].

Bu tez çalışmasında daha önce ifade edildiği gibi ölçek değeri 4 alınarak 61 Shearlet alt bant görüntüsü elde edilmiştir. Bilindiği gibi her alt bant görüntüsünün iki istatistiksel niceliği vardır (satır ve sütun şeklinde düşünülebilir). Buradan yola çıkarak istatistiksel işlemler olarak her alt bant görüntüsü için ortalama ve varyans değerleri bulunmuş ve 1×122 boyutunda öznitelik vektörleri inşa edilmiştir.

KKS ve MATLAB ortamında geliştirilmiş olan KHTY birlikte kullanılarak hatasız kumaş tespiti ve hatalı kumaş tespiti (birbirinden farklı dört hata türü) için toplam beş defa birbirinden bağımsız olarak test işlemi yapılacaktır. Test işleminin sağlıklı yapılabilmesi için KKS'nin kumaş sevk hızı ile kameranın çalışma hızı önceden senkronize edilmiştir. Kullanılan yüksek çözünürlüklü kamera, video görüntü boyutu 1080 × 1920 piksel olmak koşuluyla saniyede 30 görüntü yakalama kapasitesine sahiptir. Çalışmada kullanılan bilgisayarın donanım özellikleri üst düzey olmasına karşın MATLAB yazılımı ile saniyede 30 görüntünün sürekli olarak test edilmesi pek mümkün değildir. Ayrıca denim kumaşın dokunmasında tercih edilen dokuma makinelerinin atkı atım hızı ve bir santimetrede ki atkı sayısı (atkı sıklığı), test işlemi için gerekli olan KKS'nin kumaş sevk hızının ve buna bağlı olarak da kameranın çalışma hızının belirlenmesinde bir etkendir. Bu tez çalışmasında Türkiye'de faaliyet gösteren denim kumaş dokuma işletmelerinde kabul görmüş Sulzer Ruti markasına ait mekikçikli dokuma makinelerinden P7200 serisi örnek alınmış ve bu seriye ait B390 N3 EP K3 modelinin atkı atım hızı test işlemi için belirlenmiştir. Buna göre denim kumaş dokurken dakikada 410 atkı atabilen bu makinede basit bir hesaplamayla 1 santimetre kumaşın ortalama 3 saniyede dokunduğu tespit edilmiştir. Çünkü elimizdeki denim kumaş numunelerinin 1 santimetredeki atkı sayısı yani atkı sıklığı ortalama 20'dir. Bilindiği üzere tekstilde 1 santimetre dokunmuş kumaşta bulunan atkı sayısı, makine hızı gibi çeşitli değerlendirmeler için önem arz etmektedir. Daha önceki verilen bilgilere dayanarak temin edilen denim kumaş numunelerinin en küçük örgü yapısı (deseni), çözgü iplikleri hariç 4 atkı telinden oluşmaktadır. Bu ise 1 santimetrede tekrar eden 5 örgü deseninin olduğunu göstermektedir. Buradan yola çıkarak kameradan elde edilen her görüntünün sadece ilk 1 santimetresinin kontrolünün yapılması yani 3 saniyede bir kameradan yeni bir video görüntünün yakalanması test çalışması için gayet yeterli olacaktır. Aslında şu bilgiyi de burada belirtmekte fayda var; Bu tez çalışmasında kullanılan kamera ile elde edilen video görüntüsünün (ayarlandığı şekliyle) dikey yöndeki boyutu (1080 piksel) santimetre cinsinden 8 santimetreye eşdeğer olduğu tespit edilmiştir. Bu görüntüyü boyuna 8 eşit parçaya bölsek 1 parçası (1 santimetreye eşit) daha önce yakalanan görüntülerden farklı olacak fakat geri kalan 7 parçası aynı görüntüyü (pikselleri) barındıracaktır. Yani kamera tarafından her 24 saniyede bir ($8 \times 3 = 24$) elde edilen görüntü bir önceki yakalanan görüntüden parçalar (pikseller) barındırmayacaktır.

Bunun anlamı çalışmalar sırasında her bir görüntünün 24 saniyede bir elde edilmesi aslında kumaş yüzeyinin hata kontrolü için yeterli olduğunu göstermektedir. En azından kumaş yüzeyi atlaması yaşanmadan görüntü elde edilmiş olur. Bu çıkarım, kullanılan kameradan dolayı bu tez çalışması için geçerlidir ve ayrıca farklı atkı atım hızlarına sahip makine modelleri olabileceğinden temel alınan dokuma makinesini de unutmamak gerekir. Çünkü erken fark edilmeyen kumaş hataları zaman ve maliyet açısından kayıplara yol açacaktır. Buradan yola çıkarak hızlı ve etkin bir çalışma için kumaş görüntüleri üzerinde eğitim ve test aşamalarında kırpma/bölme işlemleri uygulanmıştır.

Hata tespit yönteminin güvenirliliğinin ve kararlılığının test edilmesi için 600 görüntü üzerinde hata tespit çalışması yapılmıştır. Gerçek zamanlı hata tespitinde kameradan gelen görüntü boyutu 1080 × 1920 pikseldir. Ancak YSA'nın eğitilmesinde kullanılan her bir görüntü, kameradan gelen görüntünün dörde bölünmesi sonucu elde edilen ve her biri 1080 x 480 piksel boyutunda olan görüntüdür. Test aşamasında da kameradan gelen her bir kumaş görüntüsü de yatay olarak 4 eşit parçaya bölünerek 1080 × 480 boyutlarında alt görüntülere ayrılmıştır. Elde edilen bu alt görüntüler hata kontrolünden geçirilmiştir.

Yapılan test çalışmalarında tespit edilen hatalı kumaş görüntüsü hatalı olarak etiketlenerek bilgisayar belleğinde oluşturulan klasöre kaydedilmiştir. Yürütülen testler sonrasında bu klasöre bakılarak kaydedilen hatalı görüntü sayısı tespit edilmiş ve Shearlet dönüşümü yönteminin doğruluk oranı hesaplanmıştır.

4.2.1. Hatasız Kumaş Kontrolü

Shearlet dönüşümü yöntemi ile kameradan elde edilen görüntülerin çok yönlü ve çok ölçekli analizleri yapılarak katsayı matrisleri hesaplanmıştır. Sonrasında istatistiksel işlemler sonucu öznitelik vektörleri bulunan görüntü normalizasyon işleminden geçirilmiştir. Akabinde giriş bilgisi olarak YSA'ya sunulmuştur. KKS ile gerçek zamanlı olarak kameradan elde edilen 200 tane hatasız sağlam kumaş görüntüsü bilgisayara aktarılmış ve Shearlet dönüşümü yöntemi ile çalıştırılan KHTY tarafından test edilmiştir. Sonuç olarak 6 adet kumaş görüntüsü yanlış karar neticesinde hatalı olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla yapılan testlerde bu yöntemin yakaladığı başarı oranının %97 olduğu görülmektedir. Shearlet dönüşümü kendisine sunulan görüntüyü boyutları aynı olan ve birbirinden farklı 61 adet alt bant görüntüsüne ayırmaktadır. Bu ayrıştırma sonucu

elde edilen öznitelik bilgileri hata tespit başarısını artırmaktadır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında bu yöntemin kararlı çalıştığı anlaşılmaktadır. Fakat bu tez çalışmasında incelenen her kumaş numunesinin doku örüntüsü benzer karakteristik özelliklere sahip olduğu unutulmamalıdır.

4.2.2. Hatalı Kumaş Kontrolü

Hatalı kumaş kontrolü daha önceki verilen hata türlerine yönelik yapılmıştır. Bu hata türleri, çözgü kaçığı, atkı kaçığı, delik ve leke hatalarından oluşmaktadır. Bilindiği üzere dokuma makinesi üzerinde dokunan kumaşın her bölgesinde peş peşe sürekli hata oluşması düşünülemez. Bu yüzden her bir hata türü için 100 adet hatalı kumaş görüntüsü elde edilene kadar KKS çalıştırılmıştır. Gerçek zamanlı yakalanıp bilgisayara aktarılan bu hatalı görüntüler KHTY'na sunulmuştur.

Yukarıda verilen bilgiler temel alınarak yapılan kontrol işlemlerinde sırasıyla aşağıdaki sonuçlar alınmıştır. Buna göre;

- Çözgü kaçığı hatası için yapılan kontrol işlemlerinde 100 görüntüden 90 tanesi doğru tespit edilmiş, 10 tanesi ise yanlış tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre yöntemin hata tespit başarısı %90 olarak hesaplanmıştır.
- Atkı kaçığı hatası için yapılan kontrol işlemlerinde 100 görüntüden 93 tanesi doğru tespit edilmiş, 7 tanesi ise yanlış tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre yöntemin hata tespit başarısı %93 olarak hesaplanmıştır.
- Delik hatası (delik, patlak, yırtık) için yapılan kontrolde ise 100 görüntüden 96 tanesi doğru tespit edilmiş, 4 tanesi ise yanlış tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre yöntemin hata tespit başarısı %96 olarak hesaplanmıştır.
- Leke hatası (yağ lekesi) için yapılan kontrolde ise 100 görüntüden 94 tanesi doğru tespit edilmiş, 6 tanesi ise yanlış tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre yöntemin hata tespit başarısı %94 olarak hesaplanmıştır.

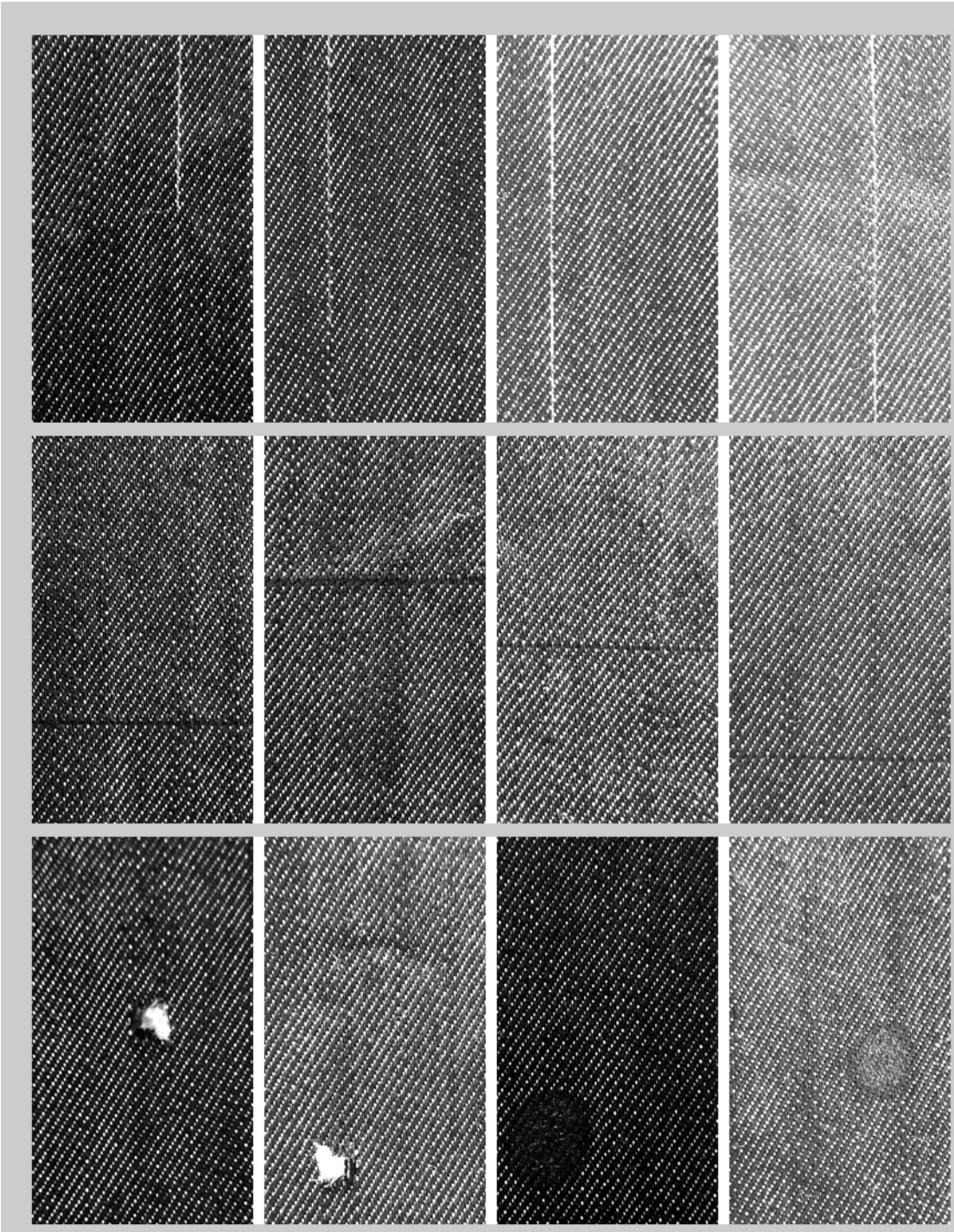
Shearlet dönüşümü yönteminin test çalışmaları sonrası hatalı ve hatasız tespit sonuçları ve başarı oranları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Shearlet dönüşümü yönteminin test çalışmaları sonrası hatalı ve hatasız tespit sonuçları ve başarı oranları

Hata Türü	**İncelenen Görüntü Sayısı (adet)**	**Doğru Tespit Sayısı (adet)**	**Yanlış Tespit Sayısı (adet)**	**Başarı Oranı (%)**
Hatasız Kumaş	200	194	6	%97
Çözgü Kaçığı	100	90	10	%90
Atkı Kaçığı	100	93	7	%93
Delik Hatası	100	96	4	%96
Leke (yağ lekesi)	100	94	6	%94

Shearlet dönüşümü yöntemi delik hatası başta olmak üzere bu tez çalışması kapsamında yer alan tüm hata türlerinin tespitinde kabul edilebilir bir başarı aralığı yakalamıştır. Bu yöntemle yapılan hata denetimlerinde her bir hata türü için 100 hatalı görüntü temel alınmış ve buna göre çözgü hatasında 90 tanesi doğru tespit edebilmiştir. Atkı hatasında bu sayı 93, delik hatasında 96 ve leke hatasında ise 94 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında ortalama %93.25 hata tespit başarısının yakalandığı görülmektedir. Bu verilerden yola çıkarak elde edilen hatalı ve hatasız kumaş kontrol test sonuçlarının başarı ortalamasına baktığımızda ise Shearlet dönüşümü yönteminin yakaladığı başarı oranı ortalama %95.13 olarak elde edilecektir.

Yukarıda verilen sonuçlara bakıldığında çözgü hatası tespitindeki başarı oranının diğerlerine nazaran düşük olduğu görülmektedir. Özellikle denim kumaşlarda çözgü yönündeki hataların tespiti daha zordur. Çünkü desen yapısı (dimi örgü), çözgü ipliğinin atkı ipliğine nazaran daha ince olması ve boyalı (indigo) olması gibi etkenler hata tespitini zorlaştırmaktadır. Yine elde edilen sonuçlara bakıldığında en başarılı tespit %96 ile delik hatasında görülmüştür. Shearlet dönüşümü metodunun çalışmalar sırasında her bir kumaş görüntüsünün öznitelik vektörünü hesaplarken daha önce değindiğimiz sonuç döndürme süresini aşmadığı tespit edilmiştir. Shearlet dönüşümü yönteminin bu veriler çerçevesinde hesaplama maliyeti ve hata tespit başarısı açısından kabul edilebilir bir hata tespit yöntemi olduğu görülmüştür. Test aşamasında tespit edilen ve hata türüne göre sınıflandırılan hatalı kumaş görüntülerinden bazıları Şekil 4.3'te verilmektedir.



Şekil 4.3. Test aşamasında tespit edilen ve hata türüne göre sınıflandırılan hatalı kumaş görüntülerinden bazıları (sırasıyla çözgü kaçığı, atkı kaçığı, delik ve leke)

Shearlet dönüşümü yönteminin gürültü gibi olumsuz etkenlere karşı iyi netice vermesiyle beraber bu yöntemin en temel problemi diğer frekans alanı yöntemlerine nazaran (Dalgacık dönüşümü ve Fourier dönüşümü) öznitelik vektörü boyutunun biraz yüksek olmasıdır. Bu sebeple her bir video görüntüsünün öznitelik vektörünü elde etmek

zaman almaktadır. Bunun bir sebebi ise yakalanan görüntü boyutlarıdır (bu çalışmada 1080 × 1920). Daha küçük boyutlu görüntüler elbette daha hızlı işlem görecektir.

Daha önceki literatür araştırması bölümünde değinildiği gibi frekans alanı yöntemlerinden Fourier dönüşümü, Dalgacık dönüşümü ve Gabor dönüşümü metotlarına ait verilen başarı oranlarından faydalanarak Shearlet dönüşümü metodunun başarım performansı değerlendirilmiştir. Buna göre Shearlet yönteminin yadsınamayacak bir başarı skoru elde ettiği görülmektedir. Tablo 4.2'de yöntemlerin başarı ortalaması verilmiştir.

Tablo 4.2 Frekans alanı yöntemlerinin başarı ortalaması

Sıralama	**Yöntem**	**Ortalama Başarı Oranı (%)**
1.	Gabor Dönüşümü	%96.75
2.	Fourier Dönüşümü	%96.11
3.	Dalgacık Dönüşümü	%95.23
4.	Shearlet Dönüşümü	%95.13

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde tekstil sektörüne baktığımızda hatalı kumaş üretimini minimize etmek ya da oluşmasını engellemek için geliştirilmiş farklı sistemleri ve yöntemleri kullandıkları bilinmektedir. Bu sistemler çalışma şekline göre online yada offline (gerçek zamanlı yada gerçek zamanlı olmayan), başka bir tabirle otomatik yada manuel olarak sınıflandırılmaktadır. Özellikle dokuma makineleri üzerinde çalışabilen gerçek zamanlı hata tespit sistemleri tekstil dokuma sektörü için popüler olmasının yanında geliştirilmeye ihtiyaç duyan sistemlerdir. Bunun en büyük nedeni birçok farklı kumaş yapılarının olması ve hata türlerinin çeşitliliğidir.

Bu tez çalışmasında kullanılan Shearlet dönüşümü metodu, dokuma hatalarının tespitine yönelik geliştirilen sistemler üzerinde hiç kullanılmamıştır. Bu noktadan hareket ile bu tez kapsamında Shearlet yöntemiyle kumaş hatalarının tespitine yönelik çalışmaların (deneylerin) sürdürülebilmesi için KKS ve KHTY geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistemle (KKS + KHTY) dokuma işletmesine girmeden kumaş kontrol işlemleri yürütülmüştür.

Yapılan çalışmalar, YSA'nın eğitilmesi aşamasını ve Shearlet yöntemi kullanılarak kumaş görüntüleri analiz edilerek öznitelik vektörlerinin çıkartılması ve YSA ile sınıflandırılması aşamasını kapsamaktadır. YSA'nın eğitilmesi aşamasında KKS vasıtasıyla elde edilen görüntüler bilgisayar ortamına aktarılmış ve çeşitli işlemlerden geçirilmiştir. Bu işlemler sonucunda önceden belirlenen hata türlerinin içerisinde bulunduğu 1970 adet görüntüden oluşan dikkate değer bir kumaş veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri tabanı kullanılarak YSA eğitilmiştir. Sonuç olarak başarılı bir eğitim işlemi gerçekleştirilerek %98 genel başarım elde edilmiştir. Eğitilen YSA sonucu elde edilen ağırlıklar bir sonraki aşama olan kumaş hatalarının tespitine yönelik çalışmalarda kullanılmak üzere kaydedilmiştir.

Gerçek zamanlı kumaş görüntülerinin yüksek çözünürlüklü kamera ile yakalanıp bilgisayara aktarılması işlemi KKS üzerinden yapılmıştır. Sonrasında ise Shearlet dönüşümü yöntemi kullanılarak kumaş görüntülerine ait özniteliklerin çıkartılıp elde

edilen bilgiler neticesinde sınıflandırma işleminin yapılması ise KHTY tarafından gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak yapılan testlerde hatasız kumaş tespitindeki başarı oranı %97 ve hatalı kumaş tespitindeki genel başarı ortalaması ise %93.25 olduğu görülmüştür. Bu verilere göre iki ana kontrol (hatasız ve hatalı) testinin genel başarı oranları temel alındığında Shearlet dönüşümü yönteminin yakaladığı başarı oranı ortalama %95.13 olduğu görülmüştür. Bu başarı ortalaması ile kumaş hatalarının tespiti konusunda diğer frekans alanı yöntemlerinden aşağı kalır yanı olmadığı gibi tez çalışmasında kullanılan denim kumaş numunelerinin dokuma sıklığı, çözgü ipliğinin boyalı olması, daha ince numarada çözgü ipliği kullanılması ve örgü yapısının dimi örgü deseni ile dokunmuş olması gibi özellikler göz önüne alındığında (hata tespitini zorlaştırdığı için) Shearlet dönüşümü yönteminin hata tespitindeki başarı ortalamasının yadsınamayacak bir başarı olduğu hatta çok değerli bir başarı skoru elde ettiği ortaya çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında gözden kaçmayan önemli bir detay ise daha hızlı işlem süreçlerinin gerekliliğidir. Bu nedenle geliştirilen KHTY gömülü görüntü işleme sistemleri üzerine taşınarak hız gereksinimi karşılanmalıdır. Başka bir detay ise YSA'nın eğitilmesinde daha fazla kumaş görüntüsü ve çeşitliliğinin kullanılması tespit ve sınıflandırma başarısını artıracaktır. Ayrıca kumaş hatası tespitinde anlık görüntülerin elde edilmesi için çizgi kamera kullanılması daha sağlıklı olacaktır. Gelecekteki çalışmalarda yukarıdaki bilgiler dikkate alınarak kumaş hata kontrolünün gömülü sistemler ile test edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca belirtmek gerekir ki yürütülen bu çalışmayla birlikte ileride geliştirilebilecek hata tespit sistemleri için önemli bir temel oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

[1] Ngan, Henry Y.T., Grantham K.H. Pang & Nelson H.C. Yung. "Automated fabric defect detection-A review," **Image And Vision Computing**. XXIX, 7: 442-458, 2011.

[2] Başer, Güngör. **Kumaş Tasarımı ve Analizi**. 1. İstanbul: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, 1983

[3] Sulzer Rüti. P7200 Projektilwebmaschine. Katalog. Switzerland: Sulzer Rüti, [t.y.].

[4] Ala, Deniz Mutlu. Dokuma Kumaş Hatalarının Görüntü Analizi Yöntemiyle Sayısallaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, 2008.

[5] Güven Çelik Makine Sanayi. "Ürünler: Ham Dokuma Kumaş Kontrol," **Güven Çelik Makine Sanayi Web sitesi**. http://www.gcm.com.tr/urunler/km6-br-ham-dokuma-kumas-kontrol/. [t.y.]. (13 Aralık 2018).

[6] Kumar, Ajay. "Computer-Vision-Based Fabric Defect Detection: A Survey," **IEEE Transactions on Industrial Electronics**. LV, 1: 348-363, 2008.

[7] Malek, Abdel Salam. Online Fabric Inspection by Image Processing Technology. PhD Thesis. Mechanical Engineering. Mulhouse: University of Haute Alsace, 2012.

[8] Chan, Chi-Ho & G.K.H. Pang. "Fabric Defect Detection by Fourier Analysis," **IEEE Transactions on Industrial Electronics**. XXXVI, 5: 1267-1276, 2000.

[9] Goswami, Bithika Mallik & Asit K. Datta. "Detecting Defects in Fabric with Laser-Based Morphological Image Processing," **Journal of the Textile Institute**. LXX, 9: 758-762, 2000.

[10] Chandra, Jayanta K., Pradipta K. Banerjee & Asit K. Datta. "Morphological Reconstruction Operation for the Detection of Defects in Woven Fabric," *2008* IEEE Region 10 and the Third international Conference on Industrial and Information Systems: 1-5. Kharagpur, India: 2008.

[11] Bodnarova, Adriana, Mohammed Bennamoun & Shane Latham. "Optimal Gabor Filters for Textile Flaw Detection," **Pattern Recognition**. XXXV, 12: 2973-2991, 2002.

[12] Mak, K.L., P. Peng & H.Y.K. Lau. "Optimal morphological filter design for fabric defect detection," 2005 IEEE International Conference on Industrial Technology: 799-804. Hong Kong, China: 2005.

[13] Han, Runping & Lingmin Zhang. "Fabric Defect Detection Method Based on Gabor Filter Mask," 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems: 184-188. Xiamen, China: 2009.

[14] Karayiannis, Yorgos, Radovan Stojanovic, P. Mitropoulos & Christos Koulamas. "Defect detection and classification on web textile fabric using multiresolution

decomposition and neural networks," ICECS'99. Proceedings of ICECS '99. 6th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems: 765-768. Pafos, Cyprus: 1999.

[15] Hu, M.C. & I.S. Tsai. "Fabric Inspection Based on Best Wavelet Packet Bases," **Textile Research Journal**. LXX, 8: 663-670, 2000.

[16] Ngan, Henry Y.T., Grantham Kwok Hung Pang, Siu-Pang Yung & Michael Kwok-Po Ng. "Wavelet based methods on patterned fabric defect detection," **Pattern Recognition**. XXXVIII, 4: 559-576, 2005.

[17] Serdaroglu, A., A. Ertuzun & Aytul Ercil. "Defect detection in textile fabric images using subband domain subspace analysis," **Pattern Recognition and Image Analysis**. XVII, 4: 663-674, 2007.

[18] Liu, Shu-Guang & Ping-Ge Qu. "Inspection of fabric defects based on wavelet analysis and BP neural network," 2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition: 232-236. Hong Kong, China: 2008.

[19] Guan, Shengqi & Xiuhua Shi. "Fabric Defect Detection Based on Wavelet Decomposition with One Resolution Level" 2008 International Symposium on Information Science and Engineering: 281-285. Shanghai, China: 2008.

[20] Stojanovic, Radovan D., Stavros A. Koubias & George D. Papadopoulos. A Comparison of Statistical and Spectral Analytical Methods for Feature Extraction in the Process of Web Defect Detection. project. Greece: University of Patras, 1999.

[21] Cho, Che-Seung, Byeong-Mook Chung & Moo-Jin Park. "Development of Real-Time Vision-Based Fabric Inspection System," **IEEE Transactions on Industrial Electronics**. LII, 4: 1073-1079, 2005.

[22] Hanbay, Kazım & M. Fatih Talu. "Kumaş Hatalarının Online/Offline Tespit Sistemleri ve Yöntemleri," **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**. XVIII, 1: 49-69, 2014.

[23] Guo, Kanghui, Gitta Kutyniok & Demetrio Labate. "Sparse Multidimensional Representations using Anisotropic Dilation and Shear Operators," International Conference on the Interaction between Wavelets and Splines: 189-201. Athens: 2005.

[24] Häuser, Sören & Gabriele Steidl. "Fast Finite Shearlet Transform: a tutorial". Ithaca, New York: Cornell University Library, 2014.

[25] Kumar, Ajay. "Neural network based detection of local textile defects," **Pattern Recognition**. XXXVII, 7: 1645-1659, 2003.

[26] Sağıroğlu, Şeref. "Identifying Three Linear Systems Using Only Single Neural Model," **Journal of Polytechnic**. XV, 4: 191-198, 2012.

[27] Kubat, Cemalettin. **MATLAB: Yapay Zeka ve Mühendislik Uygulamaları**. 3. İstanbul: Abaküs Yayıncılık, 2017

[28] Erler, Mehmet, Şeref Sağıroğlu & Erkan Beşdok. **Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları 1 / Yapay Sinir Ağları**. 1. Kayseri: Ufuk Kitap, 2003

[29] Xu, Ke, Shunhua Liu & Yonghao Ai. "Application of Shearlet transform to classification of surface defects for metals," **Image And Vision Computing**. XXXV: 23-30, 2015.