

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUMAŞLARDA DİKİŞ BÜZÜLMELERİNİN  
OPTOELEKTRONİK YÖNTEMLE ALGILANMASI

Mutlu DEMİRER

DOKTORA TEZİ  
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUMAŞLARDA DİKİŞ BÜZÜLMELERİNİN  
OPTOELEKTRONİK YÖNTEMLE ALGILANMASI

DOKTORA TEZİ  
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mutlu DEMİRER

Prof. Dr. Eldar MUSA  
(Danışman)

BURSA-2010

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUMAŞLARDA DİKİŞ BÜZÜLMELERİNİN  
OPTOELEKTRONİK YÖNTEMLE ALGILANMASI

Mutlu DEMİRER

DOKTORA TEZİ  
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 25 / 06 / 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Eldar MUSA  
Danışman



Prof. Dr. Oğuzhan ÇİÇEKOĞLU



Prof. Dr. Binnaz MERİÇ KAPLANGIRAY



Prof. Dr. Erdoğan DİLAVEROĞLU



Yrd. Doç. Dr. Osman Hilmi KOÇAL

## ÖZET

Dikiş büzülmesi, hazır giyim endüstrisinde önemli kalite faktörlerinden biri olan giysi görünümünü etkileyen parametreler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Günümüz giysi üretiminde dikiş büzülmesi, genellikle görsel değerlendirmeye dayanan subjektif yöntemler kullanılarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemler, hissi ve kararlı olmayan, zaman alıcı inceleme yöntemleridir. Günümüz üretim sistemlerinde dikiş büzülmesinin ölçümü ve derecelendirilmesi için hızlı ve objektif değerlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada dikiş büzülmelerinin objektif olarak değerlendirilebilmesi için bir ölçüm sistemi ve değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Ölçüm sistemi, çizgi lazer, kamera, hareketli platform ve bir bilgisayardan oluşmaktadır. Hareketli platform üzerine konulan dikiş büzülmesi oluşmuş kumaş yüzeyi çizgi lazer ile taranmakta, kamera ile elde edilen görüntüler bilgisayara aktarılmaktadır. Görüntü analiz teknikleri kullanılarak kumaş yüzey profili 3 boyutlu olarak bilgisayarda modellenmektedir. Kumaş yüzeyine ait veriler, farklı hesaplama teknikleri ve işaret işleme yöntemleri ile işlenerek dikiş büzülmesine ait sayısal değerler elde edilmiştir. Elde edilen sayısal değerler, kumaşta oluşan dikiş büzülmesi için daha önceden belirlenmiş subjektif derecelendirme değeri ile karşılaştırılmıştır. Uygun sayısal değerlerin kullanılması ile dikiş büzülme dereceleri hızlı bir şekilde ve yeterli hassasiyette objektif olarak hesaplanmıştır.

Yeterli hassasiyette ölçüm ve değerlendirme yapılabilmesi için ölçüm düzeneğinin tasarım ve geliştirilmesinde dikkate alınan kriterler vurgulanmıştır. Tarama alanının ebatları, lazer ışınının yönlendirilmesi, lazer ışın kalınlığı, kumaş üzerinde oluşan lazer ışın şiddeti, kamera yerleşim açısı ve yüksekliği, örnekleme aralığı gibi kriterlerin seçimi ve ölçüm hassasiyetine etkileri incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Optoelektronik, çizgi lazer, kamera, 3 boyutlu modelleme, dikiş büzülmesi, objektif değerlendirme, temassız muayene, görüntü işleme, sinyal işleme, destek vektör makinesi, regresyon analizi, korelasyon.

## ABSTRACT

Seam pucker takes an important place at the effective parameters of clothing appearance which is one of the important quality factors in garment manufacturing industry. Evaluation of seam pucker is mainly carried out by using subjective methods based on visual evaluation in today's garment manufacturing. These evaluation methods are known as intuitive, unstable and time-consuming. In today's manufacturing systems, there is a need for rapid and objective evaluation systems to measure and evaluate seam pucker.

In this study, a measurement system and an evaluation method were developed in order to evaluate seam pucker objectively. The measurement system consists of a line laser, a camera, a moving stage, and a computer. Placing on the moving stage, the surfaces of the puckered fabric samples were scanned by the laser. The images obtained by the camera were transferred to the computer. 3D surface models of fabrics were created using image analysis techniques. Surface data was processed by various calculation techniques and signal processing methods and some numerical results were obtained. These results were compared with the ratings that were evaluated by experts subjectively in the previous study. By using the appropriate numerical values, seam pucker degrees were calculated rapidly, objectively, and accurately.

In order to make the measurements and the evaluations accurately, important design principles of the measurement system were emphasized. Selection of the criterions such as dimensions of the scanning area, direction of the laser light, thickness and the intensity of the laser light formed on the fabric, placement height and angle of the camera, and the sampling interval based on the measurement accuracy is analyzed.

**Keywords:** Optoelectronic, line laser, camera, 3D modeling, seam pucker, objective evaluation, non-destructive testing, image processing, signal processing, support vector machine, regression analysis, correlation.

## İÇİNDEKİLER

<b>TEZ ONAY SAYFASI</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>6</b>
1.1. Dikiş Büzülmesi Probleminin Tanımı ve Oluşma Nedenleri .....	6
1.1.1. Üniform olmayan kumaş beslemesi nedeniyle oluşan büzülme .....	7
1.1.2. Kumaşların boyutsal kararsızlığı nedeniyle oluşan büzülme .....	8
1.1.3. Dikiş ipliklerindeki gerilim nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi .....	8
1.1.4. Dikiş ipliğinin çekmesi nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi .....	9
1.1.5. Kumaştaki yapısal sıkışma nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi .....	9
1.1.6. Birbirine uymayan kalıplar nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi .....	10
1.2. Dikiş Büzölmelerinin Subjektif Değerlendirilmesi .....	10
1.2.1. AATCC standardı .....	12
1.2.2. ASTM standardı .....	14
1.2.3. ISO ve JIS standardı .....	14
1.2.4. Görsel derecelendirme standardı .....	15
1.2.5. Subjektif değerlendirmenin güvenilirliği .....	16
1.3. Dikiş Büzölmelerinin Objektif Değerlendirilmesi .....	16
1.3.1. Dikiş büzölmelerinin objektif değerlendirilmesi için temaslı yöntem .....	20
1.3.2. Dikiş büzölmelerinin objektif değerlendirilmesi için temassız yöntem .....	23
1.3.3. Lazerli tarama sistemi .....	27
1.3.4. Görüntü işleme sistemleri .....	31
1.3.5. İnsan duyumu ile fiziksel etki arasındaki ilişki .....	33
<b>2. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>35</b>
2.1. Materyal .....	35
2.2. Yöntem .....	39

2.2.1. Ölçüm düzeneğinin tasarımı .....	39
2.2.1.1. Lazer seçimi .....	40
2.2.1.2. Çizgisel lazer ışınının oluşturulması .....	41
2.2.1.3. Lazer sürücü devresinin tasarımı.....	46
2.2.1.4. Kamera seçimi.....	47
2.2.1.5. Platformun hareketini sağlayan motor sürücü devresi .....	48
2.2.1.6. Ölçüm düzeneğinin bilgisayar ile kontrolü .....	49
2.2.2. Ölçüm düzeneğinin kalibrasyonu.....	52
2.2.2.1. Lazer yerleşim yüksekliğinin belirlenmesi .....	53
2.2.2.2. Kamera yerleşim açısının belirlenmesi .....	55
2.2.2.3. Kamera görüntüsü piksel koordinatlarının belirlenmesi .....	55
2.2.3. Dikiş büzümlerinin ölçümü.....	58
2.2.3.1. Çizgisel lazer ışınının kumaşlar üzerindeki dağılımının incelenmesi .....	58
2.2.3.2. Lazer ışın çizgisinin merkezinin bulunması.....	63
2.2.3.3. Filtreleme işlemi.....	64
2.2.3.4. Kumaş yüzeyinin taranması .....	65
<b>3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....</b>	<b>67</b>
3.1. Dikiş büzülmesi nedeniyle kumaşlarda oluşan kısalmaların hesaplanması.....	67
3.2. Dikiş büzümlerinin ayırık Fourier dönüşümü ile incelenmesi.....	71
3.3. Regresyon analizi kullanılarak hesaplanan objektif değerlerin subjektif değerlerle ilişkilerinin incelenmesi.....	74
3.4. Destek vektör makinesi kullanılarak hesaplanan objektif değerlerin subjektif değerlerle ilişkilerinin incelenmesi.....	76
<b>4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>78</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>82</b>
<b>EK1 – ÖLÇÜM DÜZENEĞİ KOTROL PROGRAMI .....</b>	<b>85</b>
<b>EK2 – KALİBRASYON PROGRAMI .....</b>	<b>87</b>
<b>EK3 – LAZER ÇİZGİ MERKEZİNİN BULUNMASI İÇİN PROGRAM .....</b>	<b>89</b>
<b>EK4 – KUMAŞ YÜZEY VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ İÇİN PROGRAM .....</b>	<b>90</b>
<b>EK5 – KUMAŞ KISALMA ORANLARININ HESABI İÇİN PROGRAM.....</b>	<b>92</b>
<b>EK6 – REGRESYON ANALİZİ İÇİN PROGRAM.....</b>	<b>93</b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>99</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>100</b>

## **KISALTMALAR DİZİNİ**

<b>AATCC</b>	-	Amerika Tekstil Renk ve Kimyacıları Birliği
<b>ASTM</b>	-	Malzeme Testleri için Amerikan Topluluğu
<b>CCD</b>	-	Yük Bağlaşımli Aygıt
<b>DFT</b>	-	Ayrık zamanlı Fourier Dönüşümü
<b>FFT</b>	-	Hızlı Fourier Dönüşümü
<b>ISO</b>	-	Uluslararası Standart Organizasyonu
<b>JIS</b>	-	Japon Endüstri Standartları
<b>PSD</b>	-	Konum Duyarlı Detektör
<b>SLR</b>	-	Tek Lens Yansıtma
<b>SVM</b>	-	Destek Vektör Makinesi



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Büzülme ölçümü yapılan kumaşların yapısal özellikleri.....	36
Çizelge 2.2. Büzülme ölçümü yapılan kumaşların dikiş özellikleri – 1.....	36
Çizelge 2.3. Büzülme ölçümü yapılan kumaşların dikiş özellikleri – 2.....	37
Çizelge 2.4. Önceki çalışmada elde edilen büzülme dereceleri.....	38
Çizelge 2.5. 1.1µm'den daha küçük dalga boyuna sahip lazerlerin güç seviyeleri.....	41
Çizelge 2.6. LC650-5-5-F tipi çizgi lazer modülünün önemli parametreleri.....	44
Çizelge 2.7. Bazı koordinatlara ait elde edilen piksel değerleri.....	58
Çizelge 2.8. Işın dağılımının incelenmesinde kullanılan kumaşlara ait özellikler.....	59
Çizelge 3.1. İncelenen kumaşlara ait ortalama kısalma oranları.....	70
Çizelge 3.2. Kumaş yüzeylerinden elde edilen değerler – 1.....	73
Çizelge 3.3. Kumaş yüzeylerinden elde edilen değerler – 2.....	74
Çizelge 3.4. Lineer regresyon analizi ile elde edilen katsayı değerleri.....	75
Çizelge 3.5. Lineer regresyon analizi ile hesaplanan objektif büzülme dereceleri ve subjektif dereceler ile karşılaştırılması.....	75
Çizelge 3.6. Destek vektör makinesi yöntemi ile hesaplanan objektif büzülme dereceleri ve subjektif dereceler ile karşılaştırılması.....	76

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Test edilecek numunelerin gözlem şartları.....	12
Şekil 1.2. AATCC standartlarına göre tek iğneli dikişler için (a) ve çift iğneli dikişler için (b) büzülmüş örnek kumaş fotoğrafları.....	13
Şekil 1.3 Bir ceketin Moire görüntüsü.....	17
Şekil 1.4 Lazer üçgenleme yöntemi.....	19
Şekil 1.5. SAWTRI Wrinklemeter cihazının görünümü.....	21
Şekil 1.6. Lazer tarayıcı ölçme sistemi.....	25
Şekil 2.1. Ölçüm düzeneğinin oluşturan bileşenler.....	39
Şekil 2.2. Çizgisel lazer ışını oluşturmak için gerekli bileşenler.....	42
Şekil 2.3. Çizgisel lazer ışınının elde edilmesi.....	42
Şekil 2.4. Kullanılan çizgi lazer modülünün ve oluşan çizgisel ışının fotoğrafı.....	45
Şekil 2.5. Lazer çizgi uzunluğunun mesafeye göre değişim grafiği.....	45
Şekil 2.6. Lazer diyot kılıfının yapısı ve eşdeğer şeması.....	46
Şekil 2.7. Lazer sürücü devre şeması.....	47
Şekil 2.8. Ölçüm düzeneğinde kullanılan kameranın görüntüsü.....	48
Şekil 2.9. Platformun hareketini sağlayan adım motoru sürücü devresi.....	48
Şekil 2.10. Gerçekleştirilen ölçüm düzeneğinin görüntüsü.....	49
Şekil 2.11. Ölçüm düzeneğinin bilgisayar ile bağlantısının genel şeması.....	50
Şekil 2.12. Camera Control Pro 2 programının ekran görüntüsü.....	50
Şekil 2.13. Ölçüm düzeneğinin kontrolü için gerekli programının akış diyagramı.....	51
Şekil 2.14. Ölçüm aralığı $A=5\text{mm}$ , adım sayısı $S=3$ için elde edilmiş örnek tarama görüntüleri.....	52
Şekil 2.15. Lazer yerleşim yüksekliğinin hesaplanmasını açıklayan diyagram.....	53
Şekil 2.16. Kamera yerleşim açısının hesaplanmasını açıklayan diyagram.....	55
Şekil 2.17. Kamera görüntüsü piksel koordinatlarının belirlenmesini açıklayan diyagram.....	56
Şekil 2.18. Kamera görüntüsü piksel koordinatlarının belirlenmesi.....	57
Şekil 2.19. Koordinatların belirlenmesi için fotoğrafı çekilen milimetrik kağıt görüntüsü.....	57

<b>Şekil 2.20.</b> 15 farklı kumaş üzerinde oluşturulan çizgisel lazer ışınlarına ait görüntüler	60
<b>Şekil 2.21.</b> Lazer ışın gücünün %50L pozisyonundaki dağılımı.	61
<b>Şekil 2.22.</b> Lazer ışın gücünün %30L pozisyonundaki dağılımı.	61
<b>Şekil 2.23.</b> Lazer ışın gücünün %10L pozisyonundaki dağılımı.	61
<b>Şekil 2.24.</b> Lazer ışın gücü dağılımının farklı lazer akımlarındaki değişimi.	62
<b>Şekil 2.25.</b> Lazer ışın şiddetinin akımla ilişkisi ve lazer ışın lekesinin şekli.	63
<b>Şekil 2.26.</b> Örnek bir tarama için lazer ışın çizgisinin merkezi ile birlikte gösterimi.	64
<b>Şekil 2.27.</b> Tarama işlemi bitmiş bir kumaşın MATLAB yardımıyla oluşturulan üç boyutlu yüzey profili.	66
<b>Şekil 3.1.</b> 1. derece büzülmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kısalma yüzdeleri.	68
<b>Şekil 3.2.</b> 2. derece büzülmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kısalma yüzdeleri.	68
<b>Şekil 3.3.</b> 3. derece büzülmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kısalma yüzdeleri.	68
<b>Şekil 3.4.</b> 4. derece büzülmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kısalma yüzdeleri.	69
<b>Şekil 3.5.</b> 5. derece büzülmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kısalma yüzdeleri.	69
<b>Şekil 3.6.</b> Ortalama kısalma oranlarının subjektif derecelendirme değerleri ile ilişkisi.	70
<b>Şekil 3.7.</b> Bir kumaşın kenar hattında oluşan dalgalanmalara ait frekans spektrumu.	71
<b>Şekil 3.8.</b> Bir kumaşın merkez hattında oluşan dalgalanmalara ait frekans spektrumu.	71
<b>Şekil 3.9.</b> Kumaş yüzeyindeki yüksek frekanslı dalgalanmaların genlikleri toplamının tüm dalgalanmalarının genlikleri toplamına oranının değişimi.	72
<b>Şekil 3.10.</b> Mutlak hata ortalamasının eğitimde kullanılan örnek sayısına bağlı değişimi	77
<b>Şekil 3.11.</b> Korelasyon katsayısının eğitimde kullanılan örnek sayısına bağlı değişimi.	77

## GİRİŞ

Fiziksel bir büyüklüğün temassız ölçümü, pek çok bilim dalı ve mühendislik uygulamalarında önemli bir problem olarak yer almaktadır. Modern endüstriyel ölçüm sistemlerinde bir nesnenin ebatlarının, yüzey şekillerinin ölçümü ve üç boyutlu olarak modellenmesine olan ihtiyaç günden güne artmaktadır (Gåsvisk 2002). Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla kullanılan modern ölçüm sistemleri arasında optoelektronik sistemler, temassız, hızlı ve düşük maliyetli çözümler sunmaları nedeniyle daha fazla tercih edilir hale gelmişlerdir (Musa 2008).

Optoelektronik sistemlerde, elektriksel büyüklük önce ışığa çevrilir, ışık belirli bir ortamdan geçerek alıcıya ulaşır ve daha sonra tekrar elektriksel büyüklüğe çevrilir. Işın verici ve fotoalıcı arasındaki bağlantı ışık ile yapılır. Bu ışığın spektrumu, elektromanyetik spektrumun morötesi, görünür ve kızılötesi bölgelerini kapsamaktadır (Musa 2008).

Optik algılama, nesnelere yansıyan veya yayılan ışık akısına ait özelliklerin analiziyle gerçekleştirilir. Uygulamalarda karşılaşılan pratik kısıtlamalar nedeniyle doğru sistem ve teknolojinin seçimi karmaşık bir hale gelmektedir. Optik algılama teknikleri aktif ve pasif olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Eğer kontrol edilen bir ışık kaynağına ihtiyaç duyulmuyorsa pasif algılama, bir ışık kaynağına ihtiyaç duyuluyorsa aktif algılama olarak adlandırılır. Dünyanın yüzey şekillerinin ölçümü gibi bazı uygulamalarda aktif teknikler pratik olarak kullanışlı olmadığı için, pasif teknikler yıllardır kullanılmaktadır. Pasif teknikler, mevcut ortam ışığı altında nesnenin yapısını incelemeyi amaçlar. Bu nedenle sistemin performansı çevre tarafından kolayca etkilenir. Son yıllarda endüstriyel ortamlardaki pek çok kısıtlayıcı etki, aktif tekniklerin nesnelere ait üç boyutlu verilerin elde edilmesinde, pasif tekniklere göre üstünlükler sağladığını göstermiştir (Sun 2006).

Aktif optik algılama teknikleri, spektrumu, gücü ve dağılımı belirli ışık kaynakları kullanarak, ortam aydınlatması ve çevresel etkilerden kaynaklanan belirsizlikleri önleme açısından önemli avantajlar sunarlar. Nesne üzerine düşürülen ışık, nesnenin yüzeyinden yansır ve bir fotoalgılayıcı tarafından algılanır. Fotoalgılayıcıya ulaşan ışık şiddeti, incelenen nesne ile ilgili bilgi edinilmesini sağlar. Aktif optik algılama ve görüntüleme teknikleri kullanılarak elde edilen üç boyutlu nesne görüntüleri, çeşitli veri işleme teknikleri kullanılarak analiz edilebilir ve iki boyutlu görüntüleme sistemlerinde karşılaşılan belirsizlikleri barındırmazlar. Bunlara ilaveten lazer tabanlı sistemlerde, üç boyutlu veriler göreceli olarak ortam aydınlatması ile yüzey renk ve desenine duyarsızdırlar. Bu özellikler, aktif optik algılama ve görüntüleme sistemlerinin zorlu çevresel etkilerin bulunduğu koşullarda kullanımını daha güvenilir hale getirmektedir (Beraldin ve ark. 2003).

Aktif optik algılama ve görüntüleme sistemlerinin günümüzde pek çok otomatik algılama, ölçüm ve kalite kontrol uygulamalarında oldukça kullanışlı olduğu görülmektedir (Gåsvik 2002). Bu uygulamalar, pek çok üretim sektöründe kalite, verimlilik ve esnek üretim amaçlarına ulaşmada önemli katkılar sağlamaktadır.

Tüketici ihtiyaçlarının çeşitliliği, üretim sistemlerinin yüksek çeşitlilikte ve düşük parti miktarlarında üretim yapabilirliğini zorunlu kılmaktadır. Bu durum aynı zamanda üretimde kullanılan malzemelerin de çeşitliliğinin artmasına ve üretim şartlarının sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır. Bu değişime adapte olabilecek üretim sistemlerinin geliştirilmesinin yanı sıra otomatik kalite kontrol işlemlerine duyulan ihtiyaç da artmaktadır (Inui ve ark. 1992).

Günümüz dünya ticaretinin yaklaşık olarak %3'ünün yapıldığı hazır giyim sektörü Türkiye'de, ülkenin toplam ihracatının %20'sini karşılayan önemli bir sektör konumundadır ve dünya hazır giyim ihtiyacının karşılanmasında Türkiye'yi %5'lik payla dördüncü ülke konumuna taşımaktadır (Öngüt 2007). Türkiye açısından büyük öneme sahip bu sektördeki rekabet gücünün arttırılabilmesi için gerekli görülen alanlarda ar-ge çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, diğer sektörlerde olduğu gibi kalite, verimlilik ve esnek üretime olanak sağlayan sistemlerin

geliştirilmesi, üretimde karşılaşılan problemlerin çözümüne dönük çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Hazır giyim sektöründe önemli kalite faktörlerinden biri giysi görünümüdür. Giysi görünümünü etkileyen parametreler ise kumaş kırışıklığı, havlanmaya olan yatkınlık, yıkama sonrasındaki yüzey düzgünlüğü, dikiş görünümü ve ütü tutma gibi özelliklerdir (Fan ve ark. 2004). Bu parametrelerin değerlendirilmesi oldukça karmaşık bir konudur ve günümüz giysi üretiminde çoğunlukla uzman kişiler tarafından subjektif olarak yapılmaktadır.

Giysi görünümünün değerlendirilmesi bir kalite kontrol işlemidir ve subjektif olarak yapıldığında verilen karar, değerlendirmeyi yapan kişilere göre farklılık gösterebilir. Çünkü subjektif olarak değerlendirme işlemi, kumaş görünümüne ait elde edilen görsel verilerin insan beyni tarafından işlenmesi esasına dayanır. Elde edilen verilerin herkes için aynı ve hassas değerler ifade etmesi ve bu değerlerin karmaşık matematiksel analizlere tabi tutulabilmesi insan görme duyusu ve beyninin kabiliyetlerini aşmaktadır. Bu nedenle subjektif yöntemler, hissi ve kararlı olmayan, yavaş ve zaman alan inceleme yöntemleridir ve kalite, verimlilik ve esnek üretim amaçlarına uygun değildirler.

Kalite ve verimliliğin sağlanabilmesi, kullanılacak değerlendirme yöntemlerinin hızlı ve kesin sonuç vermesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle giysiyle ilgili ölçümleri otomatik olarak yapabilecek hassas ölçüm ve değerlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda değerlendirme sistemi, sadece hataların tespitinde değil, hataların oluşmadan önlenmesinde de kullanılabilmelidir. Sistem, giysiyi oluşturan bileşenler ve üretim şartlarını da göz önünde bulundurarak, oluşan problemlerle aralarındaki ilişkileri belirleyebilmeli, uygun olmayan parametrelerin düzeltilmesi için önceden uyarı verebilmelidir (Inui ve ark. 1992). Bu sayede sürekli değişen miktar ve özelliklerde ürün üretimine imkan tanıyacak esnek üretim sistemleri geliştirilebilecektir.

Yukarıda özetlenen mevcut durum ve yapılması gerekenler bu çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır. Subjektif olarak yapılan giysi görünümü değerlendirmelerinden dikiş büzülmesi değerlendirilmesinin objektif olarak yapılabilmesiyle ilgili bir optoelektronik ölçüm düzeneğinin oluşturulması ve değerlendirme yönteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla mevcut subjektif ve objektif değerlendirme yöntemleri incelenmiş, bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları irdelenerek yapılacak çalışmaya ışık tutması sağlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, aktif optik algılama ve görüntüleme sistemi kullanarak, hazır giyim endüstrisinde sıkça karşılaşılan dikiş büzülmelerinin değerlendirilmesi için güvenilir bir optoelektronik sistem tasarımı ve değerlendirme yöntemi geliştirilmesidir. Tasarlanan ölçüm düzeneği, kumaş yüzeyinin üç boyutlu olarak modellenmesini amaçlamaktadır. Modelleme için optik algılama ve görüntüleme tekniklerinin kullanımı gereklidir. Bu nedenle mevcut optik algılama ve görüntüleme teknikleri hakkında bilgi verilmiş, çizgi lazer ve CCD kamera kullanımı ile yapılan aktif optik üçgenleme tekniği seçilmiştir.

Estetik bir problem olan dikiş büzülmesi, Amerika Tekstil Renk ve Kimyacıları Birliği (AATCC)'nin derecelendirdiği beş farklı standart fotoğraf ile karşılaştırılarak değerlendirilmektedir (Anonim 2003). Bu standarda göre en fazla büzülmüş kumaş 1. derecede, en az büzülmüş kumaş 5. derecede büzülmüş olacak şekilde beş farklı grup tanımlanmıştır. Subjektif değerlendirmeye dayanan bu sistemde uzmanların aynı fikirde olması her zaman söz konusu olmayabilir ve değerlendirmede hatalar ile karşılaşılabilir. Bu subjektif metot, duygusal ve değişken bir prosedür içermektedir. Görsel değerlendirme için gözlem düzeneğinin hazırlanması ve gözlemcinin dikiş büzülmesinin derecesine karar vermesi vakit almaktadır (Park ve Lee 1997).

Son 30 yılda, dikiş büzülmelerinin objektif olarak değerlendirilmesinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Dikiş büzülmesinin ölçülmesinde başlıca 'temaslı' ve 'temassız' olmak üzere iki ana tekniğin kullanıldığı söylenebilir (Fan ve ark. 2004). Temaslı yöntemde, ölçüm sırasında numuneye fiziksel etkide bulunduğu için büzülmüş kumaşın profilinin değiştirilmesi söz konusu olabilir. Temassız yöntem

prensibine dayanan çoğu ölçüm cihazı, optik ölçüm esasına dayanır. Görüntü analizi, görüntüler üzerinde belli bir amaca yönelik işlemlerin tanımlanmasında kullanılan bir terimdir. Hızlı ve etkin bir yöntem olarak görüntü analiz sistemleri çok değişik tekstil ürünleri üzerinde çeşitli ölçüm ve kontrol amaçlarıyla uygulanabilmektedir (Kısaoglu, 2006).

Temassız yöntemde, özellikle büzülmüş kumaş profilini çıkarmada kullanılan lazerli ölçüm sistemleri ile oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bunlardan, Park ve Lee'nin (1997) çalışmasında, ölçüm lazer tarayıcısı ile yapılmış, dikiş büzülmesinin değerlendirilmesi için beş farklı şekil parametresi kullanılmış ve yeni standartlar önerilmiştir. Bir başka çalışmada Xu ve ark. (1998), kumaş kırışıklık ölçümü için, çizgi lazer projektörü, kamera ve motor tahrikli dairesel bir düzenek geliştirmiştir. Değerlendirme için, geometrik faktörler tanımlanmıştır. Kang ve ark. (2005)'nin çalışmasında, üç boyutlu lazer tarama sistemi kullanılmış, matematiksel fonksiyonlardan üretilen fraktal yüzeyler kullanılarak, kutu ve küp sayma metodu önerilmiştir. Fan ve Liu'nun (2000) çalışmasında ise, giysi mankene giydirilip, dikişler lazer tarayıcısı ile taranmış, ardından büzülme dereceleri hesaplanmıştır. Sübjektif AATCC değerleriyle karşılaştırıldığında, bunlardan bir çoğu iyi korelasyon sonuçları vermiştir. Genel anlamda objektif değerlendirmenin olumsuz yönü, pahalı sistemler olması nedeniyle, sanayide henüz çok az bir kullanım alanına sahip olmasıdır (Fan ve ark. 2004).

Bu çalışmada, dikiş büzülmesi probleminin objektif ölçümü ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi için çizgi lazer, kamera, hareketli platformdan oluşan bir ölçüm düzeneği geliştirilmesi ve görüntü analizi tekniklerinden faydalanılarak dikiş büzülmesinin sayısal ifadesinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Ölçüm ve değerlendirme işlemi için, önceki çalışmada (Korkmaz 2007) sübjektif değerlendirme yapılan kumaşların yüzeyleri üç boyutlu olarak modellenmiş, dikiş nedeniyle kumaşlarda oluşan kısalma oranları hesaplanmış, kumaş yüzeyinde oluşan dalgalanmalar Fourier analizi ile incelenerek sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar standart sübjektif metot değerleri ile karşılaştırılmıştır. Hızlı, maliyeti düşük bir ölçüm sisteminin geliştirilmesi, yeterli hassasiyette dikiş büzülme derecelerinin hesaplanması hedeflenmiştir.



## 1. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde dikiş büzülmesinin tanımı ve büzülmeyi oluşturan nedenler tanıtılacak, giysi görünümünün değerlendirilmesinde kullanılan mevcut subjektif ve objektif değerlendirme yöntemleri incelenecektir.

### 1.1. Dikiş Büzülmesi Probleminin Tanımı ve Oluşma Nedenleri

Dikiş büzülmesi, giysi üretiminde karşılaşılan en ciddi sorunlardan biridir. Estetik bir sorun olarak tanımlanan dikiş büzülmesi, giysinin istenmeyen bir görünümde olmasına sebep olur. Giysi üzerinde görülen dikiş büzülmesi problemi, bazı özel tasarımlar dışında, giysinin müşteriler tarafından tercih edilmemesine sebep olur. Kumaş üretiminde kullanılan iplik türlerinin çoğalması, kumaş üretim yöntemlerinin gelişmesi ve uygulanan boya apre işlemlerinin etkileri dikiş büzülmesi sorununun hazır giysi üzerinde daha fazla görülmesine yol açar.

90'lı yılların başından beri, dikiş büzülmesi üzerine yapılan araştırmaların çoğu giysi üretiminde dikiş büzülme problemini çözme üzerinedir (Kang ve ark. 1999).

Konfeksiyon endüstrisinde, dikiş alanında en fazla sorun dikiş büzülmesi konusunda ortaya çıkmaktadır. Dikiş büzülmesi probleminin çözülebilmesi için doğru, objektif bir ölçüm ve değerlendirme sistemine ihtiyaç vardır.

Yapılan araştırmalar dikiş büzülmesinin dikiş ipliği ve kumaş arasındaki etkileşimden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Her dikişte ipliklerde kaçınılmaz bir gerilim mevcuttur (Meriç ve Gürarda 2001). Dikiş işleminin gerçekleşebilmesi için, ipliklerde bir miktar gerginliğin her zaman olması gerekir. Bu gerilim dikişteki kumaşı eğilmeye, kıvrılmaya ve sıkıştırmaya zorlamaktadır (Meriç ve Gürarda 2001). Eğer kumaş kolayca sıkıştırılabilirse dikiş büzülmesi kontrol edilebilir. Bu durumda kumaşın

ve ipliğin eğilme, makaslama, sürtünme, kalınlık gibi özellikleri dikiş büzülmesi üzerinde oldukça etken olan parametreler olarak ortaya çıkar.

### **1.1.1. Üniform olmayan kumaş beslemesi nedeniyle oluşan büzülme**

Dikiş makinelerinin besleme mekanizmaları incelendiğinde, besleme sisteminin en önemli görevi kumaş katlarını bir makine devrinde, bir dikiş adım boyu kadar hareket ettirmektir (Meriç ve Gürarda 2001). Üst yada alt kumaş dikiş makinesine düzgün bir şekilde beslenmezse, dikiş adım boyu mesafesini eşit kütle transferi ile kat edemez. Alt ve üst kumaş arasında gerginlik farkı oluşur. Bu gerginlik farkı, dikiş operasyonu sonrası, dikiş işleminin gerçekleşebilmesi için gereken tüm kuvvetlerin ve dış etkenlerin (işçinin kumaşı tutması) ortadan kalkmasıyla, dikilmiş kumaş doğal bir tepki olarak alt ve üst kumaş gerginliğini eşitleyecek şekilde, kendi içinde bir toparlanma, dolayısıyla dikiş büzülmesi oluşturacaktır.

Kumaş katları arasındaki farklı beslemeye yol açan nedenlerin başında düz dikiş makinelerinin mekanik yapılarının sınırlı olması gelmektedir (Meriç ve Gürarda 2001).

Klasik düz dikiş makinelerinde, alt transportör, üst katın baskı ayağı tarafından bir miktar frenlenmesi nedeni ile alt kata daha fazla etki yapar, Üst kumaş, iki kumaş arasındaki sürtünme vasıtasıyla hareket edebilir (Meriç ve Gürarda 2001). Bunun sonucu olarak dikiş bölgesine üniform bir kumaş beslemesi gerçekleştirilemeyebilir. İki kumaş arası sürtünme katsayısı düşük olan, sert pürüzsüz yüzeyli kumaş katları, besleme sırasında birbirleri üzerinden kaydıkları için, dikiş büzülmesi görülebilme ihtimali yüksektir.

Farklı beslemeye yol açan bir başka neden de, insan faktörünün ortaya çıktığı durumdur. İşçi alt kumaş katını tutarken, üst kumaşı makineye doğru daha fazla itebilir.

### **1.1.2. Kumaşların boyutsal kararsızlığı nedeniyle oluşan büzülme**

Bu durum genellikle yıkama sonrası, belirli bir düzende kumaşı oluşturan ipliklerin, dolayısıyla kumaşın çekmesi sonucu gerçekleşir. Çekme derecesi, kumaş ipliklerini oluşturan liflerin çekme davranışı ile direk ilişkili olduğu gibi, liflerin iplik haline gelirken, maruz kaldıkları mekanik kuvvetler nedeniyle, ayrıca ipliklerin kumaş oluşumu sırasında etkisinde kaldıkları kuvvetler nedeniyle de iç gerilmelerin bir tepkisi olarak da değişebilir.

Alt ve üst kumaş birbirinden farklı kumaşlar ise, dikiş büzülmesi daha belirgin olabilir. Boyutlar göreceli olarak değişir, büzülme gerçekleşir.

### **1.1.3. Dikiş ipliklerindeki gerilim nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi**

Dikiş işleminin temel amacına uygun, birleştirme, bir arada tutma hedefine ulaşabilmesi için, dikiş ipliklerinde bir miktar gerginlik olması kaçınılmazdır.

Düzgün dikiş elde edebilmek için, üst ve alt dikiş ipliklerinin gerginlikleri, o ipliklerin esneme ve uzama derecelerine göre ayarlanmalıdır (Meriç ve Gürarda 2001).

Düz dikişte üst ipliğin gerilimi bir gerdirici, alt ipliğin gerilimi ise masuranın takıldığı kılıfın üzerindeki yassı yayın sıkıştırılması ile sağlanır (Meriç ve Gürarda 2001).

Kumaş üzerinde dikiş oluşturmuş olan iplik, üzerindeki gerginliğe uzayarak bir karşılık vermiştir. Dikiş ipliği, iplik cinsine bağlı olmakla birlikte, doğal viskoelastik yapısı gereği bir miktar eski uzunluğuna dönme isteği ile kumaşı büzecektir. Dikiş çekmesi olarak da bilinen bu gerilim büzülmesinin etkisi o anda görülmeyebilir. Çünkü ipliğin esnemesi bazen günlerce sürebilir (Meriç ve Gürarda 2001).

Dikiş işlemi esnasında, dikiş ipliğinde gerilim oldukça fazladır. Diğer taraftan iplik üretimi esnasındaki çeşitli nedenlerle, iplik bobininde, iplik boyunca gerginlik farklılıkları söz konusu ise, bu durum dikiş büzülmesine katkı sağlayacaktır.

#### **1.1.4. Dikiş ipliğinin çekmesi nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi**

Bu tür dikiş büzülmesi giysi ütülenene veya yıkanana kadar görülmez. Doğal liflerden yapılan iplikler nemli emdikleri zaman çapları genişler ve boyları kısalmır. Normalden fazla nemli pamuk ipliği ile dikilen kumaşta toplanma ve dikiş büzülmesi meydana gelir. Kumaş kurutulduğunda, iplikler eski uzunluklarına dönseler bile, kumaş üzerindeki büzülme kaybolmaz. Sentetik dikiş iplikleri, ıslak çekmeye dayanıklıdır ve bu nedenle tüm kumaşlarda daha çok tercih edilir (Meriç ve Gürarda 2001).

Core-spun (sargılı iplik), su itici pamuk iplikleri yıkama ve ıslatmadan etkilenmezler (Meriç ve Gürarda 2001). Dikiş ipliği olarak pamuk ipliği kullanmak isteniyorsa dikişi gevşek bırakmak gerekir.

Farklı çekme özelliklerine sahip kumaş ve dikiş ipliklerinin kullanılması dikiş büzülmesini daha belirgin hale getirir.

#### **1.1.5. Kumaştaki yapısal sıkışma nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi**

Kumaşın dikimi sırasında dikiş ipliklerinin kendilerine yer açabilmek için kumaşı oluşturan iplikleri yerlerinden oynatmaları sonucu meydana gelir (Meriç ve Gürarda 2001).

Seyrek dokulu kumaşlarda, iplikler dikiş sonunda fazla büzülme yapmaz (Meriç ve Gürarda 2001). Çünkü ister çözgü iplikleri ister atkı iplikleri olsun kumaşı oluşturan iki iplik arasında yeterli boşluk varsa, kumaş iplikleri dikiş ipliklerine yer açmak için bu boşluklara kayacaktır.

Sık dokulu kumaşlarda ise, dikiş iplikleri tarafından yerlerinden oynatılan kumaş iplikleri, yeterli boşluk bulamadığı taktirde kendi içinde sıkışacak, etrafındaki kumaş ipliklerine de baskı yapacaktır. Denge halindeki kumaş yapısını bozarak, dikiş büzülmesi görülecektir.

Dikişte meydana gelen büzülmenin belirginliği kullanılan iplik malzemelerinin türüne, kumaş dokularının sıklık derecelerine ve karakteristiklerine bağlıdır. Daha ince iğne ve iplik kullanılarak her santimetreye düşen dikiş ilmeği sayısını azaltırsak büzülmeyi bir dereceye kadar rahatlıkla önlemiş oluruz. Bu konuda en etkili çözüm, dikişi hafif verevli olarak uygulamaktır. 45° üstü verev uygun değildir, 15°-20° yeterlidir (Meriç ve Gürarda 2001).

Yapısal sıkışma nedeniyle meydana gelen dikiş büzülmesi, kumaş yapısal parametrelerinden örgü türü ile direkt alakalıdır. Serbest halde bağlantısız iplikleri bulunan saten örgüye nazaran, tüm değişkenler sabit olma koşulu ile bezayağı kumaşta büzülme daha fazla görülür.

#### **1.1.6. Birbirine uymayan kalıplar nedeniyle oluşan dikiş büzülmesi**

Dikişleri tamamlanmış bir giysi incelendiğinde, üzerindeki bazı dikişlerde, diğerlerinde olmamasına rağmen büzülme olduğu görülmektedir. Kalıplar düzenli bir şekilde kontrol edilirse görülecektir ki, kalıp parçalan üzerindeki dikiş çizgilerinin uzunlukları arasında uygunsuzluk vardır. Bu şekilde dikişe girildiğinde büzülmeler oluşacaktır. Eğer makineci deneyimli ise bu durumu görecektir ve kalıplar arasında meydana gelen bu kaymaları düzeltecektir. Aksi taktirde dikiş büzülmeleri oluşabilecektir (Meriç ve Gürarda 2001).

#### **1.2. Dikiş Büzülmelerinin Subjektif Değerlendirilmesi**

Dikiş görünümünün görsel değerlendirilmesi de standart gözlem şartları altında dikişlerin standart fotoğraflarla karşılaştırılması ile yapılır. AATCC (The American Association of Textile Chemists and Colorists), ASTM (The American Society for

Testing Materials), ISO (International Organisation for Standardisation) ve JIS (Japan Industrial Standart) görsel değerlendirme için standartlar ve prosedürler oluşturmuşlardır.

Konfeksiyon endüstrisi, giysilerdeki dikişlerin kabul edilip edilemeyeceğini takdir etmek için AATCC (Technical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists) tarafından oluşturulan fotoğrafik standartlardan yararlanır (Meriç ve Gürarda 2001).

Dikilmiş materyallerin 5 şeridinin fotoğraflarından oluşmuş standartlar kullanılır ve bunlar 1 en kötü, 5 en iyi olacak şekilde numaralandırılmıştır, 1'den 5'e kadar olan sıralama, dikiş büzülmesinin değişkenlik derecesini göstermektedir. Bu değerler, müşteri için bir giysinin dikişinin kalitesinin ve estetik görünüşünün önemli bir ölçüsüdür. Ancak uzmanların hepsi, dikilmiş kumaş şeritlerinin sıralanmasında aynı fikirde olmadığından problemler ortaya çıkmaktadır (Meriç ve Gürarda 2001).

Bu sübjektif yöntem, duygusal ve değişken bir prosedür içermektedir (Park ve Lee 1997). Değerlendirme için gözlem düzeneğinin hazırlanması ve gözlemcinin dikiş büzülmesinin derecesine karar vermesi vakit almaktadır.

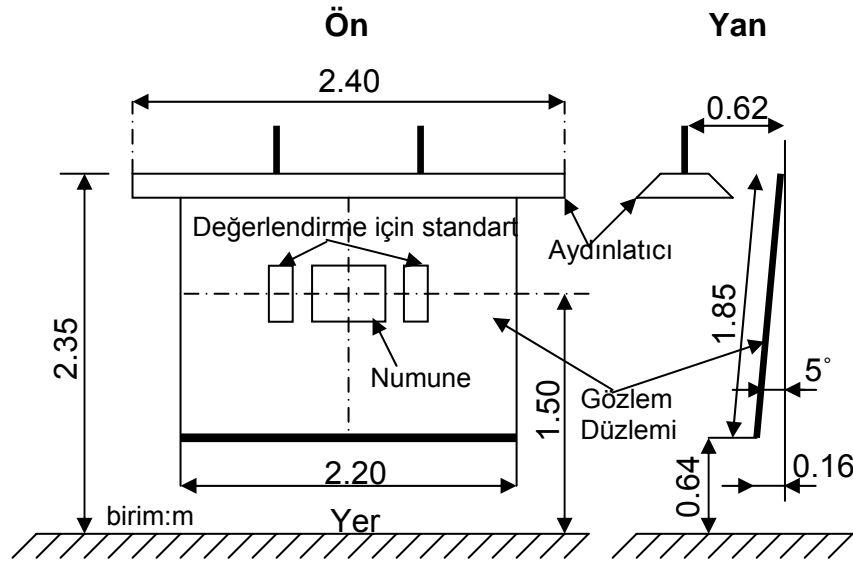
Aynı prensip yıkama ve kurutmadan sonra dikişlerin görünümünün değerlendirilmesinde de kullanılır. Bu yöntemde, pek az ütü gerektiren ya da hiç ütü gerektirmeyen kumaşlara uygulanan dikişler ele alınır. Yöntemin amacı, mevcut dikişlerin değerlendirilmesi olduğundan bir dikme tekniğini kapsamaz. Prensip olarak, dikilmiş kumaş numuneleri ev tipi yıkama işlemlerine benzer şartlarda muameleye tabi tutulur (Meriç ve Gürarda 2001).

Hazırlanan her deney numunesi 3 ayrı gözlemci tarafından belirli aydınlatma altında standart fotoğraflarla kıyaslama yoluyla değerlendirilir. Deney numunesindeki dikişin görünümüne en yakın olan standart fotoğraftaki numara tespit edilir.

### 1.2.1. AATCC standardı

Endüstride dikiş görünümünün değerlendirilmesi için AATCC Test Yöntemi 88B en yaygın kullanılan test yöntemlerinden birisidir. Bu yöntem, dikiş görünümünün hem yıkanmış hem de giyilen giysilerin değerlendirilmesi için tasarlanmıştır. Aynı zamanda ham dikilmemiş kumaşın ya da malzemelerin dikiş görünümünün değerlendirilmesinde de kullanılabilir (Fan ve ark. 1999).

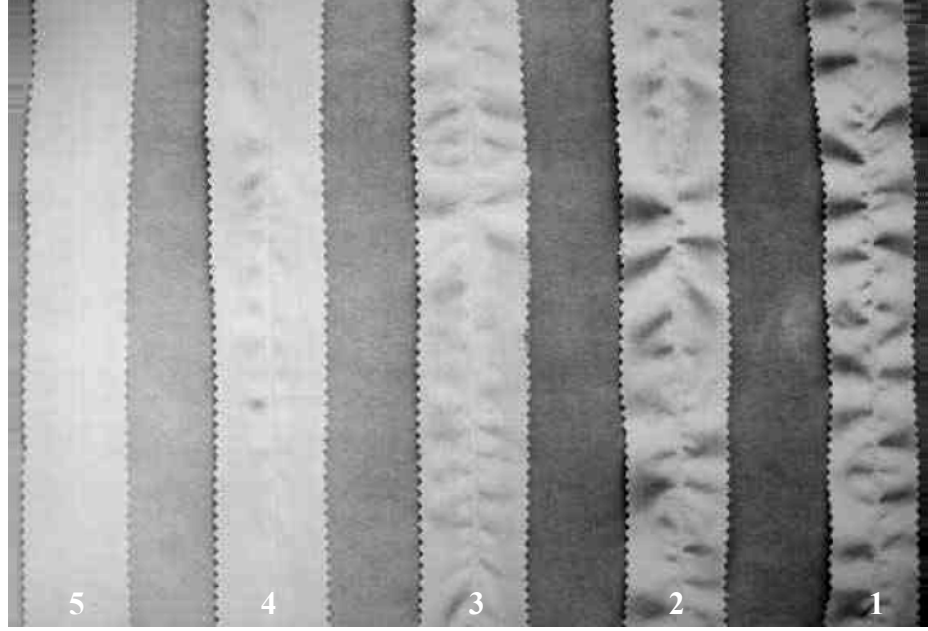
Bu yöntemin prensibi, tepeden gelen standart ışıklandırma prosedürünü uygulayarak, dikiş numunelerinin görünümünün standart fotoğraflarla karşılaştırılmasıdır. Test edilecek numune Şekil 1.1'de gösterildiği üzere gözlem düzleminin üzerine monte edilir. Uygun fotoğrafik standartlar da numunenin yanına yerleştirilir. Yukarıdan gelen flüoresan (F96 Cool White) ışığı hariç olmak üzere etraftaki tüm ışıklar kapatılır. Aynı zamanda, görünüm odasının yan duvarlarının siyaha boyanmış olması ve gözlem yüzeyinin her iki tarafının siyah perdelerle kapanması yansıyacak herhangi bir ışığın önlenmesi açısından tavsiye edilir (Fan ve ark. 2004).



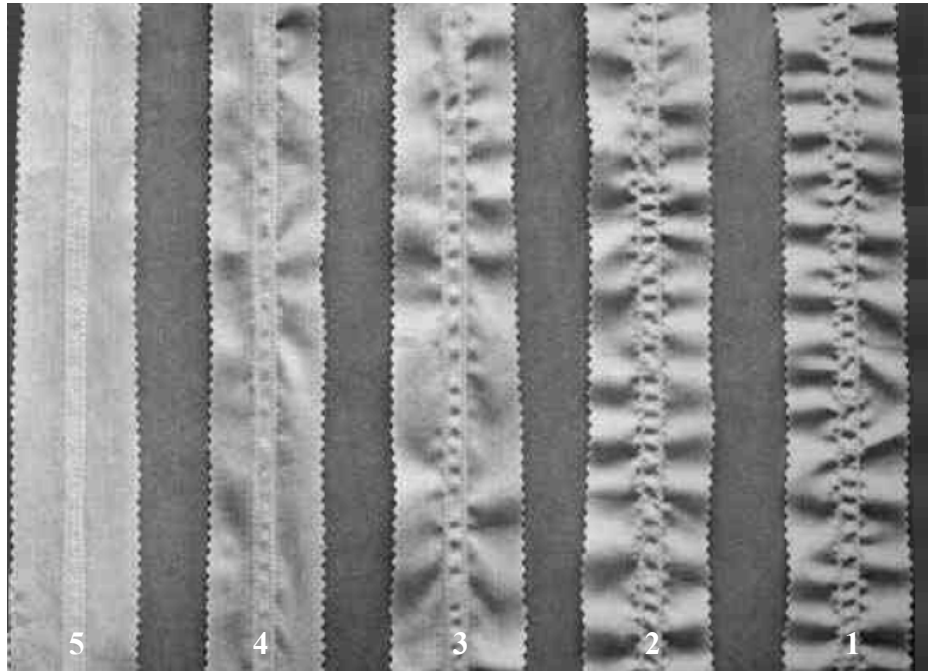
Şekil 1.1. Test edilecek numunelerin gözlem şartları

**KAYNAK:** JIS L1905, Methods for Assessing the Appearance of Seam Pucker on Textiles, Japanese Standards Association, 1994.

Dikiş düzgünlüğü için iki standart fotoğrafik örnek vardır. Biri tek iğneli dikişler için diğeri çift iğneli dikişler içindir. Standart fotoğraflar Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



(a)



(b)

**Şekil 1.2.** AATCC standartlarına göre tek iğneli dikişler için (a) ve çift iğneli dikişler için (b) büzülmüş örnek kumaş fotoğrafları

**KAYNAK:** AATCC 88B Seam Smoothness Photo Standard, 2001 AATCC Technical Manual, p.115.



Şekil 1.2’de en soldaki fotoğraf görünümüne eşdeğer dikiş büzülmesine uğramış numuneler 5. derecede büzülmüş olarak sınıflandırılır. Sağa doğru 4, 3, 2 ve en sağdaki fotoğraf görünümüne eşdeğer dikiş büzülmesine uğramış numuneler 1. derecede büzülmüş olarak sınıflandırılır.

En azından üç tecrübeli gözlemciye, en az üç adet test edilecek numunenin bağımsızca derecelendirilebilmesi için ihtiyaç vardır.

Test numuneleri dikilmiş kumaşlar, giysi bölümleri ya da giyilmeye hazır kıyafetler olabilir. Yıkamanın dikişe etkisini değerlendirmek için, ev yıkama prosedürünün simüle edilmesi (uygun yıkama devirleri, yıkama sıcaklıkları, kurutma sıcaklıkları) gerekir (Fan ve ark. 2004).

### **1.2.2. ASTM standardı**

ASTM D4231-83 erkek dokuma klasik ve spor gömleklerin değerlendirilebilmesi için bir standart sunar. Standart dikiş hataları, gölge farklılıkları, boyutsal değişim ve görünüm ile ilgili konuları kapsar. Gömlek görünümüne gelirse, AATCC 88B’de tanımlanan metodu ASTM metodu genişletmektedir. Örnek olarak genel dikiş görünümünün değerlendirilmesi, cepler, yakalar ve fermuar yerleri, vb. giysilerin farklı bölümleri için, kullanıcıların uygun olan fotoğrafik standartları tespit etmesi önerilir. Kabul edilebilirlik seviyesi alıcı ve temin edici arasındaki anlaşmaya bağlı olacaktır (Fan ve ark. 2004). Anlaşmazlık ya da kalite kontrol için, tüm giysiye (yaka, kol, vb.) gözle bakılması gerekir. Bunu objektif hale getirmek için üç boyutlu mankene giydirilen giysi taranabilir, bu da zaman alıcı ve pahalı bir sistemdir. Bu nedenle dikiş makinesi çıkışı, operasyon ardından bir kontrol yapılırsa, hem müdahale imkanı doğar, hem de anlaşmazlık dışı ürün tespit edilir, zamandan kazanılır.

### **1.2.3. ISO ve JIS standardı**

JIS L1905, ISO 7770’e uygun olarak dikiş büzülmesinin görünümünü değerlendirmek için standart tarif eder. Standart AATCC 88B’ye benzerdir, fark olarak

daha açık ve ayrıntılı test şartları, prosedürü ve derecelendirme (sınıflandırma) standardını içerir. Gözlem düzleminin en az 1.85m boyunda ve 1.20m eninde, düşey düzlemle 50° açı yapacak şekilde ve rengin gri skalada standart sabit bir renge boyalı olmasını tanımlar. Gözlem düzlemi tasarımı Şekil 1.1'de gösterildiği gibidir. (Fan ve ark. 2004).

Derecelendirme için üç boyutlu standart örnekler kullanıldığı zaman buçuklu dereceler kullanılır, fakat fotoğrafik standartlar kullanıldığında buçuklu sınıflandırma kullanılmaz (Fan ve ark. 2004).

#### **1.2.4. Görsel derecelendirme standardı**

Standart üç boyutlu katı örnekler ya da fotoğrafik standartlar hazır kıyafetlerin görsel değerlendirilmesinde zorluklar çıkarabilir, çünkü standartlardaki dikişler, kıyafet üzerindeki dikişlerden çok farklı olabilir. Yani kıyafetteki dikişler kavisli olabilir ve insanın doğal hatlarını takip edebilir (Fan ve ark. 2004). Bu duruma örnek olarak omzun en düşük yeri ve koltuk altını takip eden bölge olan kolevi verilebilir. Görsel değerlendirmenin güvenilirliği büyük bir problem teşkil eder. Bunu önlemek için, görsel değerlendirmeyi yapmadan önce farklı kıyafet dikişleri için görsel standartların tespit edilmesi gerekir.

Erkek gömleği için AATCC 88B ve ASTM D4231-83'deki fotoğrafik standartlar referans alınarak beş farklı giysi dikişi için fotoğraf standartları düzenlenmiştir (Pang, 2000). On kişiden oluşan tecrübeli jüri, birçok dikişin bulunduğu dikiş havuzundan derece beş, dört, üç, iki ve biri temsil eden dikişi seçmek için davet edilmiştir. En çok jüri tarafından 5 olarak seçilmiş dikiş büzülmesine uğramış numune derece 5 olarak belirlenmiştir. Aynı prosedür derece 4, 3, 2 ve 1'i belirlemek için de yapılmıştır (Fan ve ark. 2004).

### 1.2.5. Subjektif Değerlendirmenin Güvenilirliği

Slatter, subjektif değerlendirmeyi tatbik ederken sonuçların deneyi yapan insanın kontrolü dışında birçok faktörden etkilenebileceğine işaret etmiştir. Gözlemcinin kişiliği, sağlık veya zihin durumu ve kişisel değerlendirme ölçeği tümüyle kabul edilemeyen sonuçların oluşmasına etki edebileceğini belirtmiştir. Ayrıca geçersiz analizlerden kaçınmak da çok önemlidir. Subjektif değerlendirme sonuçlarında maksimum güvenilirliği sağlayabilmek için, değerlendiricilerin kalitesi, değerlendirme prosedürü, derecelendirme aynı zamanda analiz metotları çok dikkatlice göz önünde bulundurulmalıdır (Fan ve ark. 2004).

### 1.3. Dikiş Büzölmelerinin Objektif Değerlendirilmesi

Son 50 yılda, dikiş büzölmesinin objektif ölçüm metotlarını geliştirme üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Dikiş büzölmesinin objektif karakterizasyonu için geliştirilen teknikler iki ana kategoriye ayrılabilir. Bunlar temaslı ve temassız yöntem olarak isimlendirilmiştir. Temassız yöntem prensibine dayanan çoğu ölçüm cihazı, optik ölçüm esasına dayanır. Temaslı yöntemde, ölçüm sırasında numuneye fiziksel etkide bulunduğu için büzölmüş kumaşın profilinin değiştirilmesi söz konusu olabilir. Temassız ölçüm yöntemi ile yapılan testler yüksek doğruluk, yeterli çözünürlük ve tekrarlanabilirlik özelliklerine sahiptir (Fan ve ark. 2004).

Bilgisayarların ve görüntüleme teknolojilerinin kullanımı ve gelişimi ile birlikte, dikiş büzölmelerini karakterize etme ve bu karakterizasyon sürecini otomatikleştirmek için girişimlerde bulunulmuştur. Numunelerden bilgi elde etmek için bilgisayarlar kullanılmış, standart üç boyutlu katı örneklerden elde edilenlerle bu veriler karşılaştırılmış ve kişisel değerlendirmelerle tutarlı kategoriler (dereceler) üretilmiştir (Xu ve ark. 1998).

Kırışmış kumaş numunesinden yüzey verilerini elde etmek için farklı yollar uygulanmıştır. Bunlardan birinde lazer probe kullanılmıştır. Böylece yüzey yükseklik değişimi ölçülmüştür. Bu tip aygıtların, mikron mertebelerinde başarılı çözünürlükleri

vardır. Bir ölçümü, bir anda yerine getirirken, yüzey haritasını elde etmek için, numunenin X ve Y doğrultularında taranmasında mekanik platform kullanılmalıdır. Fakat bu tür tarama işlemi veri eldesini endüstriyel uygulamalara uygunluk için çok yavaş kılmaktadır (Xu ve ark. 1998). Lazer probe kullanılarak yapılan ölçüm hassas fakat mekanik platform veri almada zaman kaybettirmektedir, dolayısıyla endüstriyel açıdan bakıldığında bu olumsuz yönüyle geri planda kalmaktadır.

Geliştirilen başka bir metot ışıklandırılmalı kamera sistemini kullanmaktadır. Bu tipteki sistemler iyi çözünürlükler göstermişler, fakat kumaş rengine hassaslıkta problem vardır, ör. koyu renklerdeki gerçek kırışıklığı elde etmek zordur. Ayrıca, sistem konstrüksiyon ya da baskı tasarımı kumaşları analiz edememektedir. Kumaş yüzey verilerini elde etmek için Moire görüntüleme tekniği uygulanmıştır. Bazı tip kumaşların kırışıklıklarının karakterizasyonu için randımanlı ve etkilidir fakat uygulaması sadece desenli ya da tasarımı olmayan kumaşlar ile sınırlıdır (Xu ve ark. 1998).

Üç boyutlu objelerin şekillerinin analizinde Moire görüntüleme tekniği basit ve güçlü bir ölçme tekniği olarak kabul edilir. Bu ölçme tekniğinde özellikle geniş objelerin, vücut ölçümlerinin yapılmasında kullanılmıştır. Genel olarak Moire tekniğinde tek büyük bir ızgara ışıklandırma düzeneğinin önüne yerleştirilir (Halioua ve Jefferson 1986). Izgara arasından geçen ışık ışınları ölçüm yapılacak nesne üzerinde Şekil 1.3'deki gibi bir görüntü oluşturur.



**Şekil 1.3** Bir ceketin Moire görüntüsü

**KAYNAK:** Fan ve ark 2004. Clothing Appearance and Fit: Science and Technology, CRC Press, Washington DC, p.76.

Ölçülen nesnenin düz bir geometriye sahip olması durumunda, ışığın ızgaradan geçerek gelmesinden dolayı koyu renkli doğrular meydana gelecektir. Bu koyu renkli izlerin üç boyutlu bir nesnede doğrudan sapan şekillerinden yola çıkılarak ölçüm işlemi yapılmaktadır.

Kumaş kırışıklığının ölçülmesinde Xu ve ark. (1998) lazer üçlemesi tekniği kullanma temeline dayanan bir kumaş düzgünlük derecelendirme aleti geliştirmişlerdir.

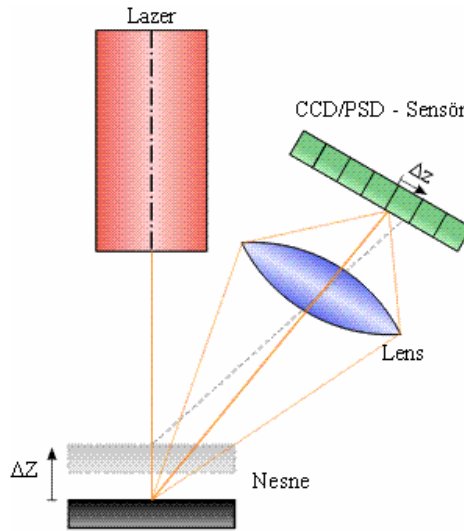
Ölçüm sistemi, kumaş numunesi üzerine ışık çizgisi oluşturmak için çizgi lazer üreticisi, örneği döndürmek için motor platformu, platformun bazı dönüş açılarında görüntü yakalayabilmesi için video kamera ve elde edilen verileri işlemek için bir bilgisayardan oluşmaktadır. Düzgünlük ölçümü yüzey profiline dayandırıldığı için, alet profilmetre olarak çalışmaktadır. Normalde, lazer profilmetreler yüzeyleri nokta nokta tarayan tek nokta aygıtlardır. Bu araştırmada geliştirilen lazer profilmetre yüzlerce noktanın boylu boyunca aynı anda ölçüldüğü bir çizgiyi yansıtmaktadır. Çizgi lazer kullanmanın avantajı, tarama süresini kısaltmasıdır (Xu ve ark. 1998).

Üçgenleme, yüksekçe konumlandırılmış ışık kaynağı ve hissedici eleman arasındaki bilinen mesafeyi ve yansıyan izin açısını, yüzey derinliğini ölçmek için kullanan bir tekniktir. Profilmetre, lazer üçlemesini kullanarak kumaş düzgünlüğünü değerlendirmek için geliştirilmiştir. Aslında, dört bileşeni vardır; döner platform, lazer ışık kaynağı, CCD kamera ve PC bilgisayar. Döner platform adım motoru tarafından sürülmektedir, kumaş numunesinin yerleştirildiği düz bir yüzeyi vardır. Lazer ışık kaynağı, bir sinyal ile tetiklendiği zaman numune üzerine tek çizgi ışığı yansıtmaktadır. CCD kamera, görüntü yakalayıcı ile birlikte bilgisayara bağlanmıştır. Adım motoru bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir ve motor sürücüsü, kameranın numuneden görüntü yakalayabilmesi için her hangi bir açıda durdurulabilir. Her bir görüntünün diğer yüzey parametreleri ve düzgünlüğünü ölçmek için yansıtılan çizgi lazer profil verisini çıkarmak için özel yazılım geliştirilmiştir (Xu ve ark. 1998).

Kırışmış kumaş yüzeyinin, kırışıklık derecesini belirlemek için sadece tek bir doğrultuda çizgi lazerle alınan veriler değerlendirme yapmak için yeterli olmaz. Bu

nedenle doğru kırışıklık ölçümü için, kırışmış kumaşın farklı bölgelerinden ölçümler yapılmış ve ortalaması alınarak en doğru sonuca ulaşmak hedeflenmiştir. Çoklu lazer kullanımı, ölçüm hızının artırılması amacıyla tercih edilebilir.

Lazer üçgenleme, iki boyutlu bir görüntüden üçüncü boyut olan yükseklik bilgisini hesaplamak için çok çeşitli alanlarda kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte lazer, ölçümü yapılacak olan nesneye çarpar, bu noktadan yansıyan ışık kamera merceği vasıtasıyla fotohissedici üzerine düşürülür. Lazer kaynağından belirli bir uzaklıkta sabitlenmiş kamera üzerinde görüntü elde edilir. Ölçüm yapılan noktanın konumu değişirse, kamera üzerine düşürülen noktanın da yeri değişir.



**Şekil 1.4** Lazer üçgenleme yöntemi

**KAYNAK:** [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Laserprofilometer\\_EN.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Laserprofilometer_EN.svg)

Lazer üçgenleme tekniğinde, lazer kaynağı, kamera merceği ve ölçüm noktası bir üçgen oluşturmaktadır (Şekil 1.4). Mercek ve lazer kaynağının pozisyonları bilinmektedir ve sabittir. Lazer kaynağı ve mercek köşelerinin açıları bilinmektedir. Dolayısıyla lazer noktasının pozisyonu hesaplanabilmektedir.

Kumaş kırışıklığının objektif değerlendirilmesi için kullanılan yöntemler başlıca iki sınıfa ayrılabilir: temaslı ve temassız yöntemler. Ayrıca temassız yöntemlerin de lazerli tarama ve görüntü işleme olmak üzere iki ana çeşidi vardır.

### 1.3.1. Dikiş büzülmelerinin objektif değerlendirilmesi için temaslı yöntem

Shiloh, orijinal olarak kumaş kırışıklıklarını ölçmek için geliştirilmiş olan "wrinklemeter" kullanarak dikiş büzülmesinin değerlendirebilmek için büzülme profili dış hat eğrilerini ölçmüştür. Dikiş hattına paralel her iki yanından 2 mm uzaklıkta dış hat eğrileri ölçülmüştür. 1. izleme ile konturun yüksekliği, 2. izleme ile konturun eğriliği hesaplama yoluna gidilmiştir. Elde edilen verilerden yoğunluk kolaylıkla hesaplanmıştır. Son olarak kontur eğrilerinden elde edilen ölçümlerin ortalaması hesaplanarak dikiş büzülmesi büyüklüğünü ifade etmek için kullanılmıştır (Fan ve ark. 2004).

Yedi adet pamuklu kumaş, pamuklu iplikler ile dikilerek numune seti hazırlanmıştır. Daha sonra bunlar yıkanarak büzülmeler elde edilmiş ve aralarından farklı dikiş büzülme derecelerinde oldukları tahmin edilen materyaller seçilmiştir. Bunlar okuyucu parmaklar ucundaki sensörler yardımıyla kumaşa temas ederek, büzülmelerin okunması sağlanmıştır. Dikiş büzülme yüksekliği, eğimi ve büzülme şiddet değerini içeren sonuçlar, AATCC'nin standartları ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır ve anlamlı korelasyonlar bulunmuştur (Fan ve ark. 2004).

Galuszynski, dikiş büzülmesinin ölçümü ve değerlendirilmesi için farklı bir metod uygulamıştır. Burada büzülmüş dikiş hattı ile büzülmemiş dikiş hattının karşılaştırılması yapılmaktadır. Geliştirilmiş cihaz sayesinde, farklı derecelerdeki büzülmeler, dikiş bileşenlerinin dikiş oluşumu sırasında kumaş yer değiştirmesi, dikiş ipliği gerginliği ve doğal büzülme değerlendirilebilmektedir. Dikiş büzülmelerinin derecesi "puckering index" olarak ifade edilmiştir (Fan ve ark. 2004).

Kırışmış numunenin yüzeyinin izlenmesi için geliştirilen ilk cihaz Hebel ve Kolb tarafından 1950'de tasarlanmış ve kullanılmıştır. Bu cihaz temaslı objektif değerlendirme yöntemine bir örnek teşkil etmektedir. 'Wrinklometer' olarak adlandırılan bu cihaz, hareket eden platform, hız ayarlı motor, ölçüm probu, ışık kaynağı, fotovoltaik hücre ve sinyal kaydediciden oluşmaktaydı. Kırışmış kumaşın konturu kaydedici kağıdı üzerine kaydedilirdi. Her bir kırışıklıkla, kağıdın üzerindeki

eğimin tepe noktası arasında birebir ilişki bulunmaktaydı. İzlenen eğrinin altında kalan alan, ortalama kırışıklık yüksekliği ile izlenen kumaş uzunluğunun çarpımıyla orantılıydı. Alan bilgisi kullanılarak ortalama kırışıklık yüksekliği hesaplanabiliyordu. Cihaz aynı zamanda bu hesaplamayı kolaylaştıran bir elektronik integral alıcıya da sahipti.

Shiloh, kumaş yüzey konturlarını otomatik olarak ölçmek için öncelikle ‘Sivim Wrinklemeter’ ardından da Şekil 1.5’de görülen ‘SAWTRI Wrinklemeter’ adlı cihazları geliştirdi.



**Şekil 1.5.** SAWTRI Wrinklemeter cihazının görünümü

SAWTRI Wrinklemeter cihazı iki önemli kısımdan oluşuyordu:

1. Elektromekanik bir aygıt sayesinde kontur değişimlerini gerilime dönüştüren bir izleme sistemi. Bu sistemde kullanılan izleme elemanı sürtünmesiz merkez süspansiyonuna sahiptir ve kumaşa minimum basınç uygulayarak kırışıklık değişimlerine yol açmaz.
2. Bir işlemsel kuvvetlendirici, integral alıcı, fark alıcı, çarpıcı, kare alıcı ve kontrol devrelerinden oluşan analog bir bilgisayar.

Analog bilgisayar, kırışıklık yüksekliği  $H(\theta)$ , kırışıklık eğimi  $T(\theta)$ , sıfır noktalarının yoğunluğu  $N_0(\theta)$ , uç noktalarının yoğunluğu  $N_1(\theta)$ 'i gerçek zamanlı olarak hesaplayabilmek için ilgili denklemleri kullanarak giriş gerilimini işler.



Kumaşın kırışık yüzeyi rasgele değerler alan katı bir yüzey olarak kabul edilir. Yüzeyle ait matematiksel gösterim  $z = f(x,y)$  şeklindedir.

Belirli bir yönde ( $\theta$  ekseninde) kumaşın belirli bir kesitine ait kırışıklık parametreleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur (Shiloh, 1966, 1970).

1. Kırışıklık yüksekliği  $H(\theta) = \sqrt{\overline{f(x)^2}}$  'dir. Burada  $\overline{f(x)^2}$ , regresyon çizgisi boyunca kesit eğrisinin karesel ortalama yüksekliğidir.
2. Kırışıklık eğimi  $T(\theta) = \sqrt{\overline{f'(x)^2}}$  'dir. Burada  $\overline{f'(x)^2}$ , yukarıda belirtilen eğriye ait birinci derece türevinin karesel ortalama değeridir.
3. Sıfır noktalarının yoğunluğu  $N_0(\theta) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{T(\theta)}{H(\theta)}$  'dir. Kesit çizgisi, rasgele değişen bir eğri olarak kabul edilir.
4. Uç noktalarının yoğunluğu  $N_1(\theta) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{K(\theta)}{T(\theta)}$  'dir. Yine rasgele değişen eğri kabulü yapılır. Burada  $K(\theta) = \sqrt{\overline{f''(x)^2}}$  'dir. Burada  $\overline{f''(x)^2}$ , eğrinin ikinci derece türevinin karesel ortalama değeridir.

Bu parametreler kırışıklığı nicel olarak ifade edebilmek için gerekli görülmüştür. Kırışıklık parametreleri aşağıda belirtilen şartlar sağlandığında ölçülebilmektedir:

1. Kırışıklık yükseklikleri 0.2mm'den büyük ve 10mm'den küçük olmalıdır.
2. Kırışıklık dalgalı boyları 0.5mm'den uzun ve 50mm'den kısa (veya kırışıklık yoğunluğu mm başına 2'yi geçmeyecek ve 0.02'den az olmayacak şekilde) olmalıdır.

Sivim Wrinklemeter, kumaş kırışıklık parametrelerini kumaşa zarar vermeden hızlı bir şekilde ölçme kabiliyetine sahiptir.

‘Wrinklometer’, ‘Sivim Wrinklemeter’ ve ‘SAWTRI Wrinklemeter’ gibi temaslı ölçüm cihazları, kumaşa temas eden sivri uçlu bir sensör kullanmakta olduğundan kumaş kırışıklığını bir miktar değiştirebilmekte ve ölçüm ucunun ebatlarına bağlı olarak bazı kırışıklık sinyallerinin ölçülememesine ve dolayısıyla kırışıklık ölçümünde bazı hatalara neden olmaktadır. Lazerler ve yeni optoelektronik aygıtların (örneğin CCD kameranın) geliştirilmesi sayesinde kumaş kırışıklıklarının objektif olarak değerlendirilebilmesine olanak sağlayan temassız yöntemler geliştirilebilmiştir.

### **1.3.2. Dikiş büzülmelerinin objektif değerlendirilmesi için temassız yöntem**

Dikilmiş kumaş numunesi ve sensörün birbirleriyle direk teması ölçümlerin doğruluktan sapmalar göstermesine ve tekrarlı ölçümlerde aynı sonuçlar vermemesine neden olabilir. Besler, dikiş büzülmesini nicel olarak değerlendirebilmek için fotoelektrik bir alet tasarlamış ve dikiş büzülmesi bulunan kumaş profilinin büyüklüğünü dikkatlice incelemiş, muayene etmiştir. Büzülme yüzeyi üzerindeki eğrinin uzunluğunun, düz merkez-çizgi uzunluğuna oranını, dikiş büzülmesinin ölçümü olarak kullanmışlardır. Dikiş büzülmesi gözlenen kumaş profilinin başlangıçtan sona kadar olan eğri uzunluğu, yüksekliği bilinen bir nesnenin gözlemci noktasında oluşturduğu düşey açıyı ölçerek mesafesini bulmaya yarayan bir alet olan stadimetre ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar AATCC'nin standartlarına uygun olarak görsel değerlendirmeye tabi tutulan numunelerin sonuçlarıyla, kompleks desenler ve renklere sahip numune kumaşlar dışında, iyi bir uyumluluk göstermiştir. Bertoldi ve Munden, benzer bir aparat kullanarak büzülmüş yüzey üzerine ışık düşürmüş ve gölgeli bölgeyi ölçmüşlerdir. Karanlık ve gölgeli bölgeleri belirli açılarda yansıtılan ışığın bir sonucu olarak hesaplama yoluna gitmişlerdir. Kaydedilen eğri uzunluğunun dikiş uzunluğuna oranı büzülmeyi temsil eden bir değer olarak kabul edilmiştir. Fakat bunun yanında elde edilen değerler, AATCC standartlarına uygun olarak derecelendirilmiş standartlarla karşılaştırılmamıştır (Fan ve ark. 2004).

Görüntü alma düzeneği, kamera ve ışıklandırma sisteminden oluşan bir başka alet dikiş büzülmesinin objektif ölçümü hususunda iyi sonuçlar üretmiştir fakat ölçümlerin kumaş renk ve yapısına hassas olması problem çıkarmıştır. Özellikle dikiş büzülmesi

görülen koyu renkli kumaşlarda büzülmenin tespit edilmesi zorlaşmaktadır. Bunun dışında renkli desenli ve özellikle baskılı kumaşların ölçümü yapılamamaktadır (Bahlmann ve ark. 1999).

Dikiş büzülmesinin nicel değerlendirilmesi daha farklı temassız teknolojilerle de yapılmıştır. Bunlar, Moire ölçüm sistemi, CCD kamera, lazer tarama teknolojisi ve ultrasonik dalga teknolojisidir.

1992'de Stylios ve arkadaşları, dikiş büzülmesinin estetik bir sorun olduğunu ifade etmişler ve objektif olarak ölçülmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bunun için kamera kullanan, ilk görüntü alma temelli, büzülmüş dikiş hattı boyunca oluşan dalga uzunluğunu ve büyüklüğünü ölçen bir sistem geliştirmişlerdir. Stylios ve arkadaşları Pucker Vision System adını verdikleri, insan gözü yerine kullanılan CCD kamera içeren ayrıca insan idrak etme prosesini yerine geçen bilgisayar programı kullanılan bir sistem geliştirdiler. Sistem aynı kumaştan iki grup dikiş hattının görüntüsünü alacak şekilde tasarlanmıştır. Biri büzülme oluşturulmamış, diğeri dikiş büzülmesi görülen kumaştır. Büzülmemiş kumaşın ortalama reflektansı referans olarak kullanılarak, sistem büzülme görünümünü yine büzülme dalgaboyu ve genliğini saptayarak hesaplamaktadır. Böylece 'pucker severity index' büzülme derecesi belirlenir. Kurulan sistem laboratuarlarda kullanım için yeterli sonuçlar vermiştir fakat ortam ışığı, desenli, koyu ya da açık numunelere bağlı olarak bazı zorluklarla karşılaşmıştır (Stylios 2004).

Shigeru ve Atsuo tarafından kullanılan başka yöntemde dikiş büzülmesi boyunca yüzey şekli hakkında ultrasonik görüntü tarayıcısı ile bilgi toplanır. Ultrasonik dalgalar ışınlarla yakın özellikte ve yüzeyin eğimine bağlı olarak belli yoğunluklarda yansır. Büzülmelerde bu yansılardan elde edilen görüntülerden yararlanılarak ölçülür. Dikiş büzülmesi, dikiş yüzeyindeki dalga yoğunluğu ve büyüklüğü ile ilişkilidir. Bu sistemle çok hassas bir şekilde ölçüm yapılmış, büzülme uzunluğu ve büzülmeler arası mesafeler ince ayrıntılarla saptanabilmiştir. Ölçümlerde yüzey renginin etkili olmadığı görülmüştür. Eğer büzülme dikiş düzleminde bir dalgalanma yarattıysa, büzülme ile dalga sıklığı artmış bu da dikiş kalitesinde bir azalma meydana getirmiştir. Dikiş dalga boyu artıyor ise, büzülme oranı azalmaktadır. Ayrıca metodun küçük dikiş büzülmesine

uğramış numuneler üzerine uygulanabileceğini ve havlı yüzeyli kumaşların ölçümü için uygun olmadığını belirtmişlerdir (Shigeru ve Atsuo 1992).

Shigeru ve Atsuo dikiş büzülmesinin objektif değerlendirilmesi için lazer tarama teknolojisini de uygulamıştır. Kullanılan lazer sistemi, lazer uzaklık ölçme tertibatı, iki ekseninde hareket edebilen platform, manyetik yer değişimi ölçücü, kontrol donanımı ve bilgisayardan oluşmaktadır. Lazer tarayıcı, büzülmüş yüzeyden reflektans değerini, ışık algılayıcı yarıiletkenler sayesinde hafızasına almaktadır. Üçgenleme prensibiyle hesaplanan yansıma noktasının yüksekliği ile yüzey şekil verisi elde edilir. Bu verilerin güç spektrumları (power spectra) (FFT) fast fourier transformu ile hesaplanmıştır (Fan ve ark. 2004).

1997 yılında, Fan ve arkadaşları, üç boyutlu giysi yüzeyi üzerindeki dikişlerin değerlendirilmesi için lazer tarama teknolojisi kullanılarak objektif bir metot geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, lazer tarayıcı kafa, robot kol, bilgisayar ve özel yazılımdan oluşan üç boyutlu lazer tarama sistemi giysi dikişlerinin taranması için kullanılmıştır (Şekil 1.6). Kumaş numuneleri üç boyutlu giysi yüzeyini temsil eden düz yatay, iç bükey ve dış bükey üç farklı yüzey üzerine yerleştirilmiştir. Ölçümler, dikiş hattına paralel 0.5 mm aralıklı 120 mm uzunluğunda doğrularla alınmaktadır (Fan ve ark. 1999). Bu çalışmadaki amaç düz olmayan giysi hatlarını simüle etmektir.



**Şekil 1.6.** Lazer tarayıcı ölçme sistemi

**KAYNAK:** Fan ve ark. 1999. Towards the Objective Evaluation of Garment Appearance. International Journal of Clothing Science and Technology, 11 (2/3): p.153.

Stylios, “The Pucker Laser Measurement System” isimli, dikiş büzülmesi ölçüm sisteminin, ileri bir alet olarak dikiş büzülmesini ölçtüğünü belirtmiştir. Sistem lazer tabanlı görselleştirme tekniği ile görsel değerlendirmeyi simüle etmektedir. Diğer tekniklerin yapamadığı, düşük reflektanslı ve renk desenli kumaşların ölçümünün başarıyla yapıldığı iddia edilmektedir. Bunun yanında basit kullanımı, portatifliği, bakıma ihtiyaç duymaması ve sağlamlığı diğer avantajları olarak bahsedilmiştir (Stylios 2004).

Genel olarak çalışmalarda, büzülme profilini elde edebilmek için, dikiş büzülmesi görülen kumaştaki yüksek frekans bileşenleri filtre kullanılarak çıkartılır. Burada ismi geçen yüksek frekans bileşenleri kumaştan kaynaklanabilen gürültü içeren veridir. Bunun yanında düşük frekans bileşenleri olarak tanımlanan, giysi yüzeyinden kaynaklanan, bileşenler de filtreden geçirilir.

Fan ve arkadaşları dikiş büzülme profilini hesaplamada bazı geometrik parametreleri göz önüne almışlardır.

Orta çizgiden ortalama uzaklık ( $R_a$ );

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |z(i) - \overline{z(i)}| \quad (1.10)$$

Varyans ise ( $\sigma^2$ );

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (z(i) - \overline{z(i)})^2 \quad (1.11)$$

Denklem 1.10 ve 1.11’de  $z(i)$ ,  $i$ . noktanın yüksekliği,  $N$  ise ölçülen nokta sayısıdır. Her bir noktanın ortalama mesafe doğrusuna olan uzaklığının ortalamasının logaritması ve yine varyansın ortalamasının logaritmasının dikiş büzülmesi büyüklüğü ile doğru orantılı olduğu yapılan çalışmalarda saptanmıştır.

Fan ve Liu araştırmalarında on adet, biri beyaz polyester/pamuk, diğeri kırmızı-beyaz pamuk, aynı ağırlık ve yoğunlukta iki farklı kumaştan üretilmiş erkek t-shirt kullanmışlardır. Özellikle örnek numune üzerinde dört bölge üzerinde ölçümlerini yoğunlaştırmışlardır. Bunlar roba, cep, kolevi, fermuar bölgesindeki dikişlerdir. Çalışmada özellikle varyansın logaritması ile dikiş büzülmesinin sübjektif değeriendirilmesinden elde edilen sonuçlarla ilgili bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır (Fan ve Liu 2000).

Bu çalışmalarda objektif metotlar geliştirilmiş ve doğrulukları kanıtlanmış olsa da, hala bu konu üzerinde daha fazla çalışmanın gerekliliğı göz önüne alınmalıdır. Sistemler pahalı donanım ve yazılımlardan oluşmuştur. Dolayısıyla az sayıda numune için test yapmak pratik olarak mümkün olsa da rutin endüstriyel uygulamalar için ölçümler çok pahalı olabilmektedir (Fan ve ark. 2004).

### **1.3.3. Lazerli tarama sistemi**

Lazer (LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) kelimesi, ‘uyarılmış radyasyon salınımlarıyla ışığın kuvvetlendirilmesi’ şeklinde tanımlanmaktadır. İlk defa 1962 yılında tanıtılan lazer, pek çok uygulama açısından ilgi çekici bir teknoloji haline gelmiştir. Lazer teknolojisi, tekstil ve giyim endüstrisi açısından da geniş kullanım alanı bulmaktadır.

Ramgulam ve ark. (1993) tarafından lazer üçgenleme tekniğı kullanılarak lazer sensör ile nesne arasındaki mesafe ölçülmüştür. 25 µm çapındaki lazer ışını nesne üzerine düşürülmüş ve yansıması fotoduyarlı alıcıyla algılanarak mesafe bilgisine dönüştürülmüştür. Kullanılan sensör 10 µm hassasiyette ölçüm yapabilmekteydi. Kumaş örneğı, X-Y düzleminde hareket edebilen bir platform üzerine sabitlenmiş, platformun hareketi adım motorlarını kontrol eden bir mikroişlemci ile sağlanmıştı.

Amirbayat ve Alagha (1996), Ramgulam ve ark. tarafından tasarlanan lazerli tarama sistemini kullanarak 100 x 100 mm’lik alanı 1 mm aralıklarla taramışlar ve her bir numune için 10.000 ölçüm yapmışlardır. Basit sayısal algoritmaları kullanarak aşağıda belirtilen geometrik parametrelerin ölçümlerini yapmışlardır.

- Kırışık yüzeyin X ve Y doğrultuları boyunca ortalama yol uzunlukları,  $L_1, L_2$ ;
- Yüzey alanı,  $A$ ;
- Yüzey altında kalan hacim,  $V$ ;
- Ortalama eğrilik,  $K_1, K_2$ ;
- Ortalama maksimum bükülme,  $T$ .

Sonuçlar, ortalama maksimum bükülmenin ( $T$ ) kırışıklık derecelendirmede en önemli parametre olduğunu göstermekteydi. Kırışıklığın derecesini (WR)  $T$ 'ye bağlı olarak ifade edebilmek için aşağıdaki denklem türetildi.

$$WR=0.73 + 7.73 e^{-T\sqrt{A/10}} \quad (1.1)$$

Lazer üçgenlemesinin hassaslık ve temassız ölçüm yapabilme özelliklerinin yanında en önemli avantajı, yüzeyin rengi ve deseninden etkilenmeden yükseklik ölçümü yapabilmesidir. Normal bir ışık kaynağı kullanan görüntü işleme teknikleri ise yüzey renk ve deseninden etkilenmektedirler.

Kumaş kırışıklıklarının ölçümü için üç boyutlu lazerli tarama cihazı Park ve Kang (1997) tarafından bir lazer tarayıcı, bir A/D çevirici ve bir PC kullanılarak gerçekleştirildi. Sistem, kırışıklığın genliğini ölçen bir algılayıcı, algılayıcının hareketini kontrol eden bir kontrolör ve algılayıcı sinyalinin kuvvetlendirilmesi için bir kuvvetlendiriciden oluşmaktaydı. Lazer algılayıcı  $50\pm 1$  mm değerinde bir referans uzaklıktan  $\pm 5$  mm'lik aralıktaki yükseklikleri  $10 \mu\text{m}$  hassasiyetle ölçebilmekteydi.

Geliştirilen sistemi kullanarak Kim (1999), AATCC 128'e göre üretilmiş kumaş örneklerinin ölçümünü yaptı. Numunenin merkezinden X ve Y eksenleri boyunca 1.5mm aralıklarla  $64 \times 64$  adet ölçüm alınmıştır. Kırışıklık değerlendirme için yapay sinir ağları kullanılarak genelleştirilmiş delta kuralı (Freeman, Skapura, 1992) oluşturulmuştur. Ölçüm ve değerlendirme işleminin kontrolü, hesaplamaların gerçekleştirilmesi ve kırışıklık derecesinin tayini için bir Windows programı yazılmıştır. Çalışma, objektif ve subjektif kırışıklık derecesi değerlendirmeleri arasında 0.95'lik bir

korelasyon katsayısına sahip lineer bir ilişki bulmuştur. Bununla birlikte, koyu renkli ve desenli kumaşlardaki korelasyon katsayısı, açık ve tek renkli kumaşlarınkinden daha düşük çıkmıştır.

Kang ve Lee (2000), fraktal boyutlarını kullanarak kumaş yüzey kırışıklık derecelerinin ölçümünü önermişlerdir. Kırışmış yüzeyler ya da büzülmüş dikişlerin yüzey kontürleri öncelikle bir lazerli tarama sisteminde taranmış, sonra da kutu-sayma yöntemi (Peitgen ve ark., 1992) kullanılarak yüzeyin fraktal boyutları hesaplanmıştır. X ve Y eksenleri boyunca fraktal boyutlarının kırışıklık ve büzülme ile yakın ilişkisi ispatlanmıştır.

Tüm lazerli tarama sistemlerinde (Rambugam ve ark., 1993, Amirbayat ve Alagha, 1996, Park ve Kang, 1997, Kim, 1999, Kang ve Lee, 2000), kumaş numunesinin yüzeyi bir lazer prob ile ölçülmüştür. Bu cihazlar mikrometre seviyesinde yüksek hassasiyete sahiptirler. Ancak lazer noktasal ışını kullanılarak aynı anda sadece tek bir noktanın yükseklik bilgisinin ölçülebilmesi nedeniyle, yüzey haritasının elde edilebilmesi için mekanik bir platformun X ve Y eksenleri boyunca hareketine ihtiyaç duyulmakta ve sonuç olarak tarama işlemi endüstriyel uygulamalarda kullanmak için çok yavaş kalmaktadır.

Lazerli tarama sisteminin tarama hızını arttırmak için Xu ve ark. (1998), kumaş numunesinin üzerine çizgi lazer ışını göndererek, bir çizgi boyunca aynı anda ölçüm yapabilecek bir sistem geliştirmişlerdir. Numuneyi döndürmek için motorla hareket eden bir platform, platformun farklı açılarından görüntüler alabilmek için bir video kamera ve elde edilen verilerin işlenmesi için bir bilgisayar kullanılmıştır.

Cihazın farklı renk ve desendeki kumaş tiplerine uygun ölçüm yapabilmesi için tasarımı aşağıda belirtilen üç durum göz önünde bulundurulmuştur.

1. Kırışıklıkların kumaş yüzeyindeki yöneliminden bağımsız ölçüm yapabilme gerekliliği,



2. Kumaşların renk, desen, yapı ve baskısından etkilenmeden ölçüm yapabilme ihtiyacı,
3. AATCC numuneleri SA-3 ile SA-3.5 arasındaki düzgünlük farklarının fark edilebilmesi. SA-3.5, AATCC test yöntemi 124'e eklenerek, tamamen düz, kırıştırılmamış görünüm tanımlanmıştır.

Xu ve ark. (1998), kırışıklık görünümünü karakterize eden üç geometrik faktör belirlemiştir. Bunlar kırışıklık pürüzlülüğü, kırışıklık keskinliği ve kırışıklık yoğunluğudur.

1. Kırışıklık pürüzlülüğü, kırışıklıkların büyüklükleri ile alakalı bir değerdir, kırışıklıkların şekilleriyle alakalı değildir ve dört farklı nicel ölçüm ile karakterize edilmiştir.

- Aritmetik ortalama pürüzlülük:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum |Z_i - m| \quad (1.2)$$

- Karesel ortalama pürüzlülük:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (Z_i - m)^2} \quad (1.3)$$

Bu iki denklemde  $Z_i$ ,  $i$ . noktadaki yükseklik,  $n$ , seçilen noktaların sayısı ve  $m$ , profilin ortasına denk gelen orta çizgisinin yüksekliğidir. Bu iki ölçüm de kırışıklıkların orta çizgisine göre ortalama yüksekliğini ölçer.

- On nokta yüksekliği  $R_z$ : En yüksekteki beş nokta ile en düşük seviyede bulunan beş noktanın arasındaki yükseklik farkının ortalaması.
- Taşıma uzunluk oranı  $t_p$ : Aynı yükseklikteki noktalar arası uzaklık ile eğrinin örnekleme uzaklığının oranı.

2. Kırışıklık keskinliği,  $k$ , kırışıklığın şeklini ifade eder. Kırışıklığın yüksekliğinin genişliğine oranı kullanılarak keskinlik ölçülmüş olur.
3. Kırışıklık yoğunluğu, seçilen bir band genişliğindeki orta çizgisine göre simetrik olan maksimum yükseklikteki nokta sayısı ile minimum yükseklikteki nokta sayısıdır. Burada band genişliği seçimi, gürültü nedeniyle oluşabilecek küçük dalgalanmalara ait noktaların sayımının önlenmesi için önemlidir.

Otomatik ve nicel olarak ölçüm yapabilmenin yanında Xu ve ark.'ın (1998) tasarladığı cihaz, test esnasında numunenin dönüyor olmasından dolayı, kumaşların ne yönde kırışıklığa sahip olduğundan bağımsız bir şekilde ölçüm yapabilmektedir. Aynı zamanda taramada çizgi lazer kullanıldığı için, kumaştaki renk farklılıklarından da etkilenmemektedir.

#### 1.3.4. Görüntü işleme sistemleri

Xu ve Reed (1995), kumaş kırışıklıklarının otomatik derecelendirilmesi için bir görüntü işleme ve test prosedürü önermişlerdir. Bu sistem bir bilgisayar, bir renkli tarayıcı ve programdan oluşmaktaydı. Ölçülen görüntülerden yüzey alanı ve gölgelenmiş alan olmak üzere kumaş kırışıklığını tanımlayan iki tanımlayıcı türetilmiştir. Bu tanımlayıcılar kırışıklık derinliği ve büyüklüğünü ölçmede kullanılmıştır. Kırışıklık oranı, yüzey alanının görüntü karesel alanına oranı olarak tanımlanmıştır. Kırışıklık oranının büyük olması durumunda kumaş daha fazla kırışmış olarak görünmektedir. Gölge oranı ise gölgelenmiş alanın, görüntünün toplam alanına oranı olarak belirlenmiştir. Büyük gölge oranı değeri de yüksek derecede kırışmış kumaş görünümünü ifade etmektedir.

İplik yapısı ve diğer yapısal karakteristikleri farklı olan yedi kumaş, subjektif değerlendirme ve görüntü analizleri yardımıyla kırışıklık açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar, AATCC'nin subjektif yöntemi ile belirlenmiş derecelerin yukarıda tanımlanan objektif parametreler (kırışıklık oranı ve gölge oranı) ile lineer olarak değil,

eksponansiyel olarak ilişkili olduğunu göstermiştir. Bilgisayar tarafından iki eksponansiyel denklem kullanarak tahmin edilmiş kumaş kırışıklık dereceleri, görsel derecelere yakın çıkmıştır.

Mori ve Komiyama (2002), pamuk, keten, suni ipek, yün, ipek ve polyesterden yapılan kumaşların görsel özelliklerini değerlendirmek için gri skala görüntü işleme yöntemi kullanmışlardır. Kumaş görüntüleri renkli tarayıcı ile taranarak elde edilmiş ve daha sonra bu görüntüler gri seviye değerlerine çevrilmiştir. Her bir noktadaki gri seviye değerleri RGB (Red-Green-Blue, Kırmızı-Yeşil-Mavi) değerleri kullanılarak aşağıda verilen denklem yardımıyla hesaplanmıştır.

$$L = 0.177R + 0.813G + 0.011B \quad (1.4)$$

Mori ve Komiyama'nın (2002) araştırmasında görsel özellikleri karakterize eden bir  $M(d, \theta)$  matrisiyle ilişkili dört parametre kullanılmıştır. Birlikte oluş matrisi  $M(d, \theta)$ ,  $P_\delta(i, j)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) olasılığında meydana gelmektedir. Bu olasılık, gri seviye pikseli  $i$ 'nin gri seviye pikseli  $j$ 'den  $\delta = (d, \theta)$  mesafesi kadar ayrıldığı durumun olasılığıdır. Burada  $d$  ve  $\theta$ , iki gri seviye çifti arasındaki mesafe ve pozisyona bağlı açıdır. Dört parametre ve fraktal boyutu  $D$ , aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

- Açısal ikinci moment (*ASM* - angular second moment)

$$ASM = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} \{P_\theta(i, j)\}^2, i = 1, 2, \dots, n-1; j = 1, 2, \dots, n-1 \quad (1.5)$$

- Kontrast (*CON*)

$$CON = \sum_{k=0}^{n-1} k^2 P_{x-y}(k), |i - j| = k, k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (1.6)$$

$$\text{Burada, } P_x(i) = \sum_{j=0}^{n-1} P_\delta(i, j), P_y(j) = \sum_{i=0}^{n-1} P_\delta(i, j),$$

$$P_{x-y}(k) = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} P_\delta(i, j) \text{ şeklindedir.}$$

- Korelasyon (*COR*)

$$COR = \left\{ \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} i \cdot j \cdot P_{\delta}(i, j) - \mu_x \mu_y \right\} / \sigma_x \sigma_y \quad (1.7)$$

$$\text{Burada, } \mu_x = \sum_{i=0}^{n-1} i \cdot P_x(i), \quad \mu_y = \sum_{j=0}^{n-1} j \cdot P_y(j),$$

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=0}^{n-1} (i - \mu_x)^2 \cdot P_x(i), \quad \sigma_y^2 = \sum_{j=0}^{n-1} (j - \mu_y)^2 \cdot P_y(j) \text{ şeklindedir.}$$

- Entropi (*ENT*)

$$ENT = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} P_{\delta}(i, j) \cdot \log \{P_{\delta}(i, j)\} \quad (1.8)$$

- Fraktal boyutu *D*

$$D = \frac{\log c - \log(N(r))}{\log(r)} \quad (1.9)$$

Burada, *c* pozitif bir katsayı, *r* küpün yan uzunluğu, *N(r)* görüntüyü kapsayan küp sayısıdır.

Kırışik kumaşların değerlendirilebilmesi için yukarıdaki beş parametrenin giriş olarak kullanıldığı ve çıkışın kırışiklık derecesini belirttiği bir yapay sinir ağı oluşturulmuş ve Kalman filtreleme algoritması kullanılarak ağ eğitilmiştir. Özellikle pamuk, keten ve suni ipek kumaşlarında kırışiklık derecelendirmesi oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Burada kullanılan kumaş renkleri beyaza yakındı ve tasarlanan sistem kumaşın rengi ve deseninden oldukça fazla miktarda etkilenmekteydi.

### 1.3.5. İnsan duyumu ile fiziksel etki arasındaki ilişki

Kawabata ve arkadaşları büzülmüş dikiş profili yüksekliklerini elde etmek için lazer tarayıcı kullandılar. İnsan duyumu ile fiziksel etki arasındaki ilişkiyi tarif eden Weber-Fechner Kanunu'nu temel alarak dikiş büzülmesinin objektif ölçümü için eşitlik geliştirdiler (Kawabata ve ark. 1997).

Weber-Fechner Kanunu (1860), 150 yıldır duyumsal yanıtın matematiksel tanımlaması olarak kabul edilir. Birçok sayıda duyumsal sistem ve bunların özel

uyarıcıları; ses, ışık, koku, tat uyarıcı unsurları bu kanuna göre modellenenebilir (Lanzara 1994). Bu kanuna göre:

- Uyarıcı unsur şiddetinin fark edilmesi, orijinal uyarıcı unsur büyüklüğü ile orantılıdır.
- Duyumun eşit bir miktarda artması ile uyarıcının eşit miktarda logaritmik artışı birbiriyle ilişkilidir.

Hissetme ve uyarıcı arasındaki ilişki aşağıda verilen diferansiyel denklemlerle ifade edilmiştir:

$$dp = k \cdot \frac{dS}{S} \quad (1.12)$$

$dp$ : Algılamadaki diferansiyel değişim

$dS$ : Uyarıcıdaki diferansiyel değişim

$S$ : O andaki uyarıcı unsur büyüklüğü

Diferansiyel denklemin çözümü yapılırsa:

$$\int dp = \int k \cdot \frac{dS}{S} \quad (1.13)$$

$$p = k \cdot \ln(S) + C_1, p = 0 \text{ iken } C_1 = -k \cdot \ln(S_0)$$

$S_0$ : Uyarıcı unsurun eşik değeri (hissedicinin bir şey hissetmeme değeri)

$$p = k \ln(S) - k \ln(S_0) \quad (1.14)$$

$$p = k \cdot \ln\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (1.15)$$

Bu sonuçla birlikte, uyarıcı unsurla, hissetme arasındaki ilişkinin logaritmik olduğu gösterilmiştir (Kawabata ve ark. 1997).

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, çalışmada kullanılan materyal ve yöntem tanıtılacaktır. Materyal kısmında, büzülmeleri algılanan kumaşlara ait yapısal özellikler ve uygulanan dikiş işlemi tipi, daha önceki çalışmada elde edilen subjektif değerlendirme sonuçları verilmiştir. Yöntem kısmında ise büzülmelerin ölçümü ve değerlendirmesi için geliştirilen tarama sistemi ve değerlendirme yöntemi verilmiştir.

### 2.1. Materyal

Dikiş büzülmelerinin ölçüm ve değerlendirilmesi için geliştirilen ölçüm düzeneği ve değerlendirme yönteminin kumaş renk ve yapısal özelliklerinden etkilenmeden doğru sonuç verdiğini gösterebilmek için numunelerin farklı renk, örgü, atkı sıklıkları, çözgü ve atkı iplik türleri ve numaralarında olmaları tercih edilmiştir.

Çizelge 2.1'de dikiş büzülmesinin objektif ölçümü için çalışmada kullanılan kumaşların yapısal özellikleri verilmiştir. Beyaz ve krem rengi tonlarında olan A, B, C, D, E ve F kodlarıyla sembolize edilen kumaşlar astarlık olarak kullanılmaktadır. Bu kumaş numunelerinde çözgü iplik numarası ve çözgü sıklığı sabit tutularak, farklı atkı iplikleri ve atkı sıklığı kullanılarak farklı kumaş yapıları elde edilmiştir. Astarlık kumaşlardan A, B ve C kodlu kumaşlar bezayağı örgüde, E ve F kodlu kumaşlar ise sırasıyla dimi ve etamin örgüde dokunmuştur. M kodu ile sembolize edilen mavi renkli kumaş, elastan içeren ve giysilik olarak kullanılan bir kumaştır.

Elastan içeren ve astarlık kumaş numunelerinde tek ve çift iğne olmak üzere düz dikiş (301) uygulanmıştır. Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'de dikiş büzülmesi ölçümü yapılacak kumaşların dikiş ipliği tipi, dikiş sıklığı ve dikiş iğne sayıları verilmiştir. Çizelge 2.3'deki kumaşlar, daha önceki bir çalışmada (Korkmaz 2007) yıkama ve fiske işlemine tabi tutulmuştur. Böylece farklı özelliklerde 63 kumaş numunesi objektif ölçüm için hazırlanmıştır.

**Çizelge 2.1.** Büzülme ölçümü yapılan kumaşların yapısal özellikleri

Kod	Örgü	Çözümlü Sıklığı (çözgü/cm)	Atkı Sıklığı (atkı/cm)	İplik no		Gramaj (gr/m <sup>2</sup> )
				Çözümlü (denye)	Atkı	
A	Bezayağı	40	28	75 (PET)	75	63.4
B	Bezayağı	40	26	75 (PET)	75	61.4
C	Bezayağı	40	24	75 (PET)	150	90.2
D	Bezayağı	40	20	75 (PET)	300	121.6
E	Dimi	40	30	75 (PET)	75	64.85
F	Etamin	40	30	75 (PET)	75	55.1
M	Bezayağı	40	15 (ham) 26 (mamül)	70 (Naylon) %85 40 (Elastan) %15	10/1 (Ne) (Pamuk)	212.5

**Çizelge 2.2.** Büzülme ölçümü yapılan kumaşların dikiş özellikleri – 1

Numune No	Dikiş İpliği Tipi (PET)	Dikiş Tipi	Dikiş Sıklığı (dikiş/cm)	Dikiş İğne Sayısı
A1	Spun	Düz dikiş (301)	6	Çift
A2	Spun	Düz dikiş (301)	8	Çift
A3	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift
A4	Corespun	Düz dikiş (301)	6	Çift
B1	Spun	Düz dikiş (301)	6	Tek
B2	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift
B3	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Tek
B4	Corespun	Düz dikiş (301)	6	Çift
B5	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Çift
B6	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Tek
C1	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift
D2	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift
D3	Corespun	Düz dikiş (301)	6	Çift
E1	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift
E2	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift
F1	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift
F2	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Tek
M1	Spun	Düz dikiş (301)	4	Tek
M2	Corespun	Düz dikiş (301)	6	Tek
M3	Spun	Düz dikiş (301)	4	Çift
M4	Corespun	Düz dikiş (301)	4	Çift

**Çizelge 2.3.** Büzülme ölçümü yapılan kumaşların dikiş özellikleri – 2

Numune No	Yıkama İşlemi	Dikiş İpliği Tipi (PET)	Dikiş Tipi	Dikiş Sıklığı (dikiş/cm)	Dikiş İğne Sayısı
A5-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Çift
A5-S	Yapılmış				
B7-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	8	Çift
B7-S	Yapılmış				
B8-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	6	Tek
B8-S	Yapılmış				
B9-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	6	Tek
B9-S	Yapılmış				
C2-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	4	Çift
C2-S	Yapılmış				
C3-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	6	Çift
C3-S	Yapılmış				
C4-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	8	Çift
C4-S	Yapılmış				
C5-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	6	Çift
C5-S	Yapılmış				
C6-S	Yapılmış	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Çift
D4-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	8	Çift
D4-S	Yapılmış				
D5-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	8	Tek
D5-S	Yapılmış				
D6-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Çift
D6-S	Yapılmış				
D7-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Tek
D7-S	Yapılmış				
E3-S	Yapılmış	Spun	Düz dikiş (301)	8	Çift
E4-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	6	Çift
E4-S	Yapılmış				
E5-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	4	Çift
E5-S	Yapılmış				
E6-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	8	Çift
E6-S	Yapılmış				
E7-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Çift
E7-S	Yapılmış				
F3-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	8	Çift
F3-S	Yapılmış				
F4-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	6	Çift
F4-S	Yapılmış				
F5-Ö	Yapılmamış	Corespun	Düz dikiş (301)	8	Çift
F5-S	Yapılmış				
F6-Ö	Yapılmamış	Spun	Düz dikiş (301)	6	Çift
F6-S	Yapılmış				



Bu çalışmada kullanılan kumaş numuneleri daha önceki bir çalışmada (Korkmaz, 2007) subjektif değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Subjektif değerlendirme, üç farklı uzman tarafından, her bir kumaş numunesine ait üçer örnek üzerinden yapılmış ve en az iki uzmanın aynı dereceyi belirlemesi durumunda, bu değer subjektif kumaş büzülme derecesi olarak tayin edilmiştir. Numunelere ait subjektif dikiş büzülmesi dereceleri Çizelge 2.4’de verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Önceki çalışmada elde edilen subjektif büzülme dereceleri

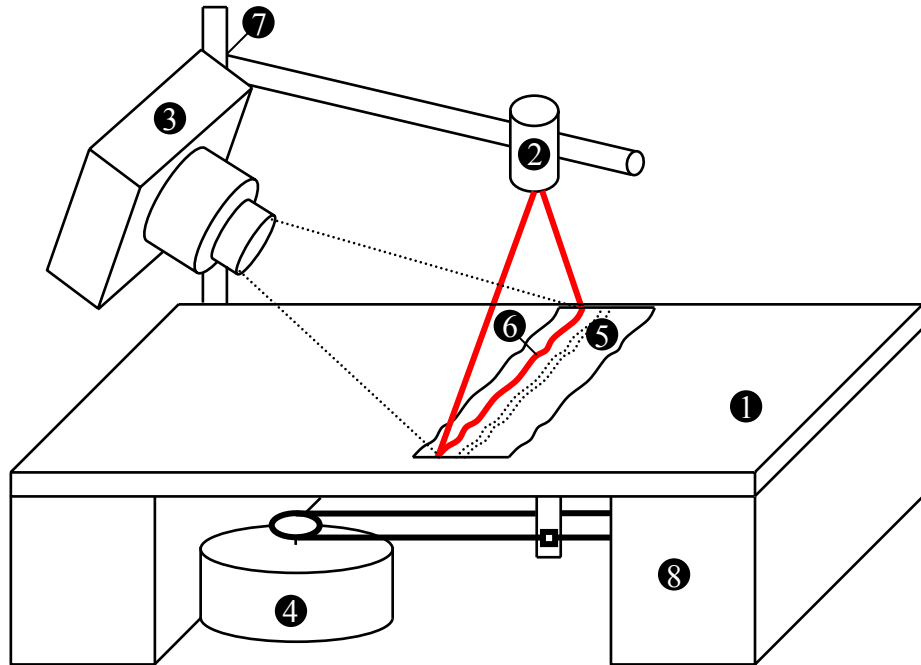
Sıra	Numune No	Subjektif Derece	Sıra	Numune No	Subjektif Derece
1	A1	3	32	C3-Ö	2
2	A2	2	33	C3-S	2
3	A3	3	34	C4-Ö	2
4	A4	3	35	C4-S	2
5	B1	3	36	C5-Ö	3
6	B2	3	37	C5-S	3
7	B3	2	38	C6-S	2
8	B4	3	39	D4-Ö	1
9	B5	2	40	D4-S	1
10	B6	3	41	D5-Ö	2
11	C1	3	42	D5-S	2
12	D2	2	43	D6-Ö	2
13	D3	2	44	D6-S	1
14	E1	3	45	D7-Ö	2
15	E2	3	46	D7-S	2
16	F1	4	47	E3-S	3
17	F2	4	48	E4-Ö	3
18	M1	5	49	E4-S	3
19	M2	5	50	E5-Ö	3
20	M3	5	51	E5-S	2
21	M4	5	52	E6-Ö	2
22	A5-Ö	2	53	E6-S	2
23	A5-S	2	54	E7-Ö	2
24	B7-Ö	2	55	E7-S	2
25	B7-S	2	56	F3-Ö	3
26	B8-Ö	2	57	F3-S	3
27	B8-S	2	58	F4-Ö	4
28	B9-Ö	3	59	F4-S	4
29	B9-S	2	60	F5-Ö	3
30	C2-Ö	3	61	F5-S	3
31	C2-S	3	62	F6-Ö	4
			63	F6-S	4

## 2.2. Yöntem

Dikiş büzülmelerinin objektif ölçüm ve değerlendirmesinin yapılabilmesi için büzülmelerin kumaş yüzeyinde oluşturduğu dalgalanmaların bilgisayarda modellenmesi gerekmektedir. Bu modelleme için kumaş yüzeyinde oluşan dalgalanmalara ait yüksekliklerin uygun çözünürlükte örneklenerek kumaş yüzeyinin üç boyutlu modelinin çıkarılması amaçlanmıştır.

### 2.2.1. Ölçüm düzeneğinin tasarımı

Daha önce de incelendiği üzere, üç boyutlu modelleme teknikleri arasında lazerli tarama sistemleri hassaslık ve hız açısından önemli avantajlara sahiptir. Burada da kumaş yüzeyinin üç boyutlu modelinin çıkarılabilmesi için çizgi lazerli tarama sisteminin kullanımı uygun bulunmuş, çizgi lazer, kamera ve hareketli platformdan oluşan bir ölçüm düzeneğinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilecek düzeneği oluşturan bileşenler Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Ölçüm düzeneğini oluşturan bileşenler

Burada: 1-hareketli platform, 2-çizgi lazer üretici, 3-kamera, 4-platformun hareketini sağlayan motor, 5-hareketli platform üzerine yerleştirilmiş kumaş, 6-kumaş üzerinde oluşturulan çizgisel lazer ışını, 7-lazer ve kamera tutucusu, 8-sabit platformdur.

Kullanılan lazerin özelliklerinin belirlenmesinde dikkate alınan kriterler, çizgisel lazer ışınının oluşturulması, lazer sürücü devre tasarımı, kamera seçimi, platformun hareketini sağlayan motorun sürücü devre tasarımı ve düzeneğin bilgisayar ile kontrolü ile ilgili bilgiler ilerleyen adımlarda verilmiştir.

### **2.2.1.1. Lazer seçimi**

Yarıiletken lazerler diğer lazer tipleriyle kıyaslandığında, küçük ebat, küçük ışın çapı, yüksek verimlik, düşük fiyat ve uzun kullanım süresine sahip olmalarının yanında, elektronik elemanlarla entegre edilebilmeleri, uyarılma ve modülasyonlarının akımla kolayca yapılabilmesi gibi avantajlara sahiptirler. Belirtilen avantajları nedeniyle bu çalışmada ışın kaynağı olarak yarı iletken lazer kullanılmıştır.

Yarıiletken lazerler kısa dalga boylu ( $1.1\mu\text{m}$ 'den düşük) ve uzun dalga boylu olmak üzere ikiye ayrılabilir. Çizelge 2.5'de kısa dalga boylu lazerler listelenmiştir.  $1.1\mu\text{m}$ 'den daha büyük dalga boyuna sahip lazerler genellikle fiber optik haberleşmede kullanılmaktadırlar.

Kullanılacak lazer ışığının dalga boyunun görünür bölgede olması, ışığın istenilen doğrultuda hizalanabilmesi ve göz güvenliği açısından avantajlar sağlamaktadır.  $5\text{mW}$ 'a kadar (sınıf III limiti) güce sahip lazerler, göze geldiklerinde, eğer görünür dalga boyuna sahipler, göz kırpma refleksi oluşturarak gözün korunmasını sağlarlar. Bu gücün üzerindeki ışın güçlerinde göz kırpma refleks hızı, gözü korumaya yeterli olamamaktadır.

**Çizelge 2.5.** 1.1µm'den daha küçük dalga boyuna sahip lazerlerin güç seviyeleri

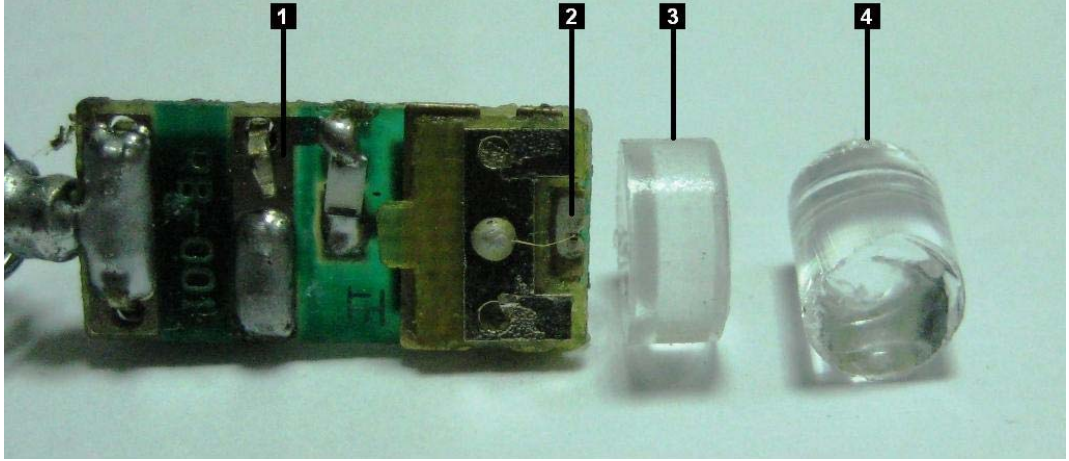
Dalga boyu (nm)	Yapısını oluşturan bileşikler	Sürekli halde verebileceği maksimum güç
635	InGaAlP	5mW
650	InGaAlP	5mW
670	Ga <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub> P	10mW
750	GaAlAs	8mW
780	GaAlAs	35mW
810	GaAlAs	100mW
830	GaAlAs	150mW
850	GaAlAs	100mW
880 veya 895	GaAlAs	Sadece darbeli çalışma
905	GaAs	Sadece darbeli çalışma
910	InGaAs	Sadece darbeli çalışma
980	InGaAs	50mW

Tasarlanan sitemde çizgi lazer kullanılarak tarama yapılacağından noktasal lazer ışınları çizgi haline dönüştürüldüğünde birim alandaki lazer ışın gücü düşeceğinden 5mW gücünde 650nm dalga boyunda lazer kaynağının kullanımı uygun bulunmuştur.

### 2.2.1.2. Çizgisel lazer ışınının oluşturulması

Çizgisel lazer ışınının oluşturulabilmesi için, bir lazer ışın kaynağı, yönlendirici (kolimatör) lens ve silindirik lense ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 2.2'de çizgisel lazer ışını oluşturmak için gerekli bileşenler gösterilmiştir. Burada, 1-lazer sürücü devresi, 2-lazer ışın verici, 3-yönlendirici lens, 4-silindirik lenstir.

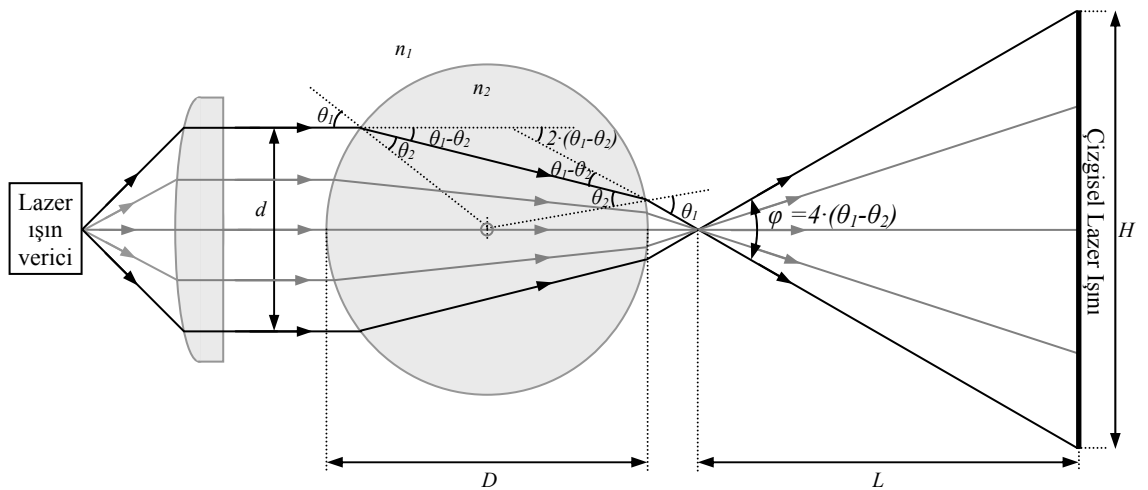
Lazer sürücü devresi ile lazer ışın vericinin ışın çıkış gücünün istenilen değerde olması sağlanmaktadır. Lazer sürücü devresinin tasarımı ileriki adımlarda verilecektir. Lazer ışınlarının paralel hale getirilmesi için kullanılan yön verici lens, bir dışbükey (konveks) lenstir.



Şekil 2.2. Çizgisel lazer ışını oluşturmak için gerekli bileşenler

Lazer ışın çizgisinin elde edilmesiyle ilgili optik diyagram Şekil 2.3’de verilmiştir. Yön verici lensin odak noktasına yerleştirilen lazer ışın vericinin ışınları paralel formda silindirik lense yönlendirilir. Silindirik lens ise paralel ışınları odak noktasında toplayarak, silindirin eksenine dik bir düzlemde yayar. Odak noktasından uzaklaştıkça oluşan çizginin uzunluğu artar.

Silindirik mercekten sonra elde edilen ışının yayılım açısı ( $\varphi$ ), paralel ışın demetinin çapı ( $d$ ), silindirik merceğin çapı ( $D$ ), ortamın ve merceğin kırılma indislerine (sırasıyla  $n_1$  ve  $n_2$ ) bağlıdır.



Şekil 2.3. Çizgisel lazer ışınının elde edilmesi

Işık ışınları, kırılma indisi küçük ortamlardan büyük ortamlara geçerken yüzey normaline yaklaşır. Yüzey normaline  $\theta_1$  açısıyla gelen ışın, merceğin içinde yüzey normaline  $\theta_2$  açısı yaparak ilerler. Snell yasasına göre bu durum:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\theta_1$  açısı ışının yüzey normaline geliş açısı,  $\theta_2$  ışının yüzey normalinden ayrılma açısı,  $n_1$  havanın kırılma indisi,  $n_2$  merceğin kırılma indisidir.

Işının yüzey normaline geliş açısı ( $\theta_1$ );

$$\theta_1 = \arcsin \frac{d/2}{D/2} = \arcsin \frac{d}{D} \quad (2.2)$$

şeklinde hesaplanabilir. Işının yüzey normalinden ayrılma açısı ( $\theta_2$ ) ise;

$$\theta_2 = \arcsin \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} = \arcsin \frac{n_1 d}{n_2 D} \quad (2.3)$$

şeklinde olacaktır. Bu durumda elde edilen çizgisel lazer ışını yayılım açısı;

$$\varphi = 4 \cdot (\theta_1 - \theta_2) = 4 \cdot \left( \arcsin \frac{d}{D} - \arcsin \frac{n_1 d}{n_2 D} \right) \quad (2.4)$$

şeklinde bulunabilir.

Bir düzlem üzerine düşürülen çizgisel lazer ışınının uzunluğu ( $H$ ), çizgisel lazer ışını yayılım açısı ( $\varphi$ ) ve merceğin odak noktası ile ışının düştüğü düzlem arasındaki mesafeye ( $L$ ) bağlıdır. Bu bağıntı,

$$H = 2L \cdot \tan \frac{\varphi}{2} \quad (2.5)$$

şeklinde verilebilir. Bu bağıntı kullanılarak istenilen uzunlukta ( $H$ ) ışın çizgisi oluşturabilmek için çizgisel lazer ışın kaynağının kumaş yüzeyine ne kadar uzaklıkta ( $L$ ) yerleştirilmesi gerektiği,

$$L = \frac{H}{2} \cdot \cot \frac{\varphi}{2} \quad (2.6)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Şekil 2.2’de gösterilen lazer kaynağı ve yönlendirici lens ile elde edilen paralel ışınların çapı  $d=4,35\text{mm}$  olarak ölçülmüştür. Silindirik lensin çapı ise  $D=5\text{mm}$ ’dir. Işınlardan yayıldığı ortam hava olduğu için  $n_1=1$ , silindirik lensin yapısı cam olduğu için de  $n_2=1,5$ ’dir. Bu değerlere göre, denklem 2.4 kullanılarak, ışın yayılım açısı,

$$\varphi = 4 \cdot \left( \arcsin \frac{d}{D} - \arcsin \frac{n_1 d}{n_2 D} \right) = 4 \cdot \left( \arcsin \frac{4,35}{5} - \arcsin \frac{1 \cdot 4,35}{1,5 \cdot 5} \right) = 100,03^\circ \quad (2.7)$$

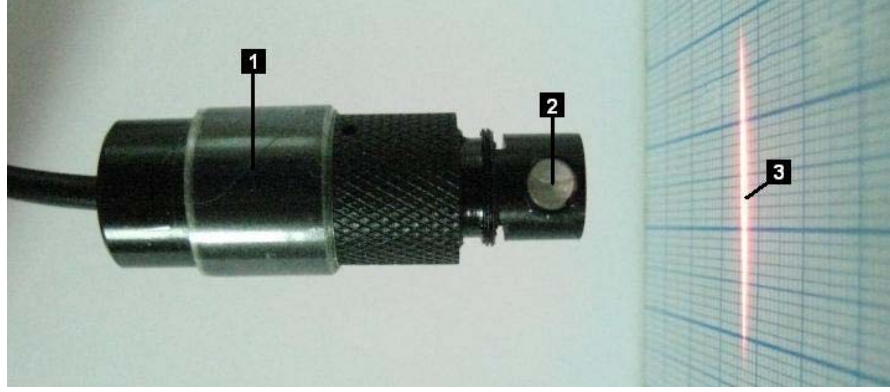
olarak bulunur.

Özellikleri belirtilen lazer, lensler ve hesaplanan yayılım açısına sahip Huanic marka LC650-5-3-F tipi çizgi lazer modülü kullanılmıştır. Kullanılan lazer modülün önemli parametreleri Çizelge 2.6’da verilmiştir.

**Çizelge 2.6.** LC650-5-5-F tipi çizgi lazer modülünün önemli parametreleri

Dalgaboyu	Maksimum ışın gücü	Yayılım açısı	Maksimum çalışma gerilimi	Maksimum çalışma akımı	Çalışma mesafesi
650nm	5mW	100°	3V	30mA	20mm-5m

Kullanılan lazer modülüne ait fotoğraf Şekil 2.4’de görülmektedir. Burada, 1-lazer ışın kaynağı ve yönlendirici lensin bulunduğu kılıf, 2-silindirik mercek, 3-çizgisel lazer ışınıdır.

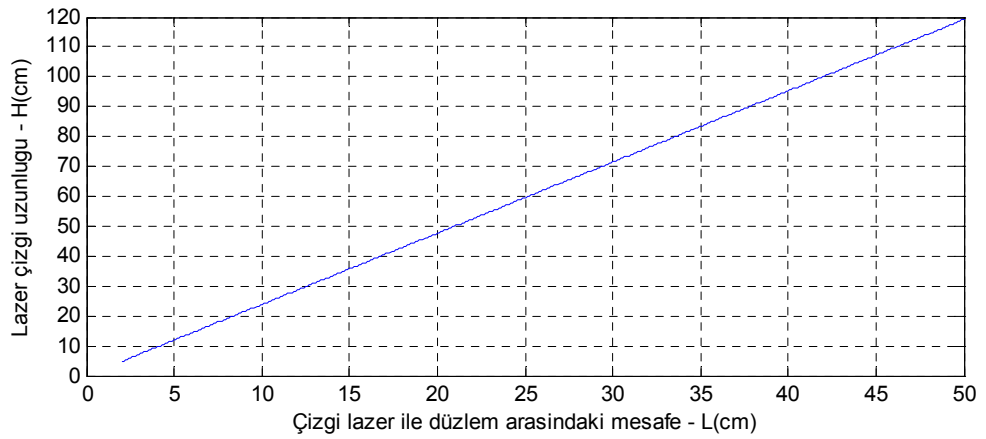


**Şekil 2.4.** Kullanılan çizgi lazer modülünün ve oluşan çizgisel ışının fotoğrafı

Kullanılan silindirik merceğin odak noktası, çizgi lazer kılıfının kenar düzlemi üzerindedir. Işınlardan bu noktadan itibaren genişleyerek yayılmaktadır. Odak noktası ile fotoğrafta görülen düzlem arasındaki mesafe  $L=1,4\text{cm}$ 'dir. Buna göre oluşan çizgisel lazer ışınının uzunluğu, Denklem 2.5 kullanılarak,

$$H = 2L \cdot \tan \frac{\varphi}{2} = 2 \cdot 1,4\text{cm} \cdot \tan \frac{100^\circ}{2} = 3,3\text{cm} \quad (2.8)$$

olarak bulunur. İstenilen farklı çizgi uzunlukları, lazer modül ile ışının düşürüldüğü düzlem arasındaki mesafe ayarlanarak elde edilebilir. Çizgi uzunluğunun mesafeye göre değişim grafiği Şekil 2.5'de verilmiştir.



**Şekil 2.5.** Lazer çizgi uzunluğunun mesafeye göre değişim grafiği

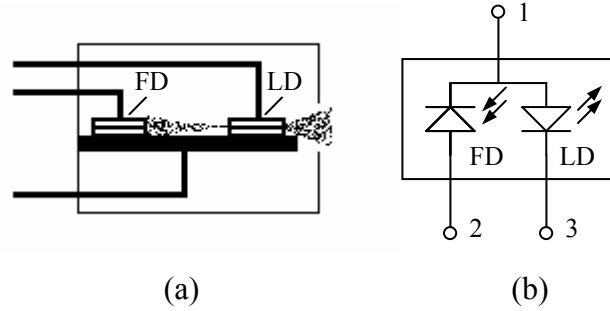


### 2.2.1.3. Lazer sürücü devresinin tasarımı

Lazer diyotlardan istenilen değerde sabit ışın gücünün elde edilebilmesi için uygun sürme tekniklerinin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Sürme teknikleri, lazer diyot akımını ayarlama ve optik geribesleme prensipleri üzerine kuruludur.

Lazer diyotların verimlilikleri ve optik çıkış güçleri sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık arttığında çıkış gücü ve dolayısıyla verimlilikleri azalır. Genellikle oda sıcaklığında çalışmaya başlayan lazer diyodun sıcaklığı, çalışma süresi boyunca artar ve ışın gücü azalır. Optik geribesleme yapılarak lazer diyot çıkış gücü sabit tutulmaya çalışılır.

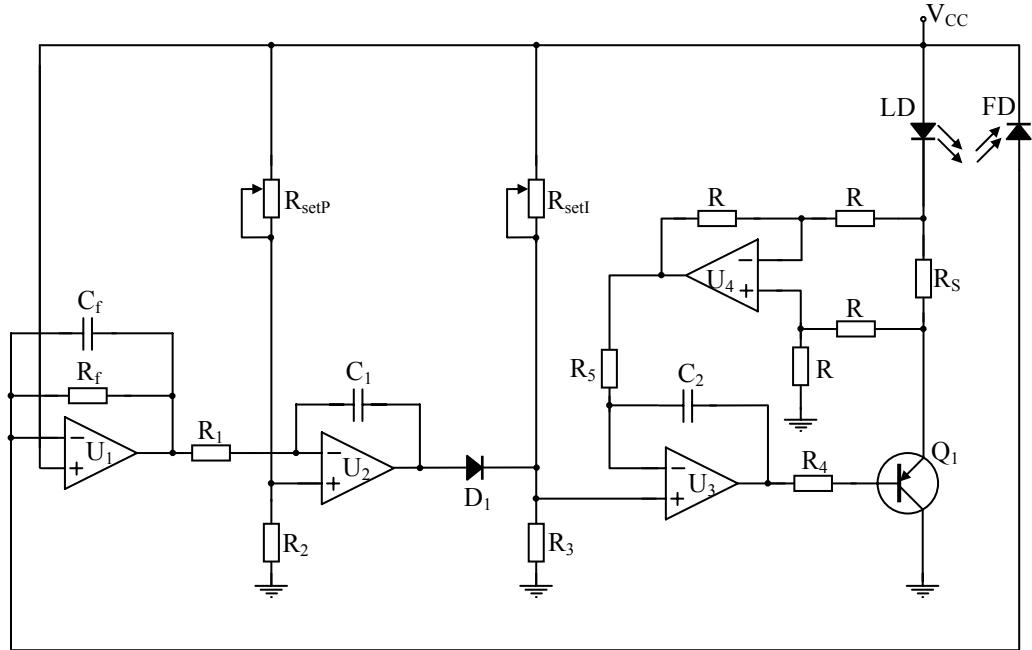
Lazer diyotların kılıfları içinde, yarıiletken lazer diyodun yanında optik geribesleme için kullanılan bir de yarıiletken fotodiyot bulunmaktadır. Lazer diyot kılıfının yapısı ve eşdeğer şeması Şekil 2.6'da görülmektedir. Burada 1 nolu uç ortak, 2 nolu uç fotodiyodun anodu, 3 nolu uç da lazer diyodun katodudur.



Şekil 2.6. Lazer diyot kılıfının yapısı (a) ve eşdeğer şeması (b)

Şekil 2.6(a)'da görüldüğü üzere, lazer diyottan yayılan ışının belli bir oranı fotodiyot üzerine düşürülerek, fotodiyottan akım akması sağlanır. Fotodiyottan akan akım, lazer ışın gücü ile orantılıdır ve lazer ışın gücünün sabit tutulması için geribesleme geriliminin oluşturulmasında kullanılır. Şekil 2.7'de kullanılan lazer sürücü devre şeması verilmiştir. Burada,  $U_1$ ,  $R_f$  ve  $C_f$  elemanları transempedans kuvvetlendiricisini,  $U_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_{setP}$  ve  $C_1$  elemanları lazer diyodun optik çıkış gücünü ayarlama için kullanılan integral alıcı hata kuvvetlendiricisini,  $U_3$ ,  $R_3$ ,  $R_5$ ,  $R_{setI}$  ve  $C_2$  elemanları lazer diyodun akımını ayarlama için kullanılan integral alıcı hata

kuvvetlendiricisini,  $U_4$  ve R elamanları birim kazançlı fark kuvvetlendiricisini oluşturmaktadır.



Şekil 2.7. Lazer sürücü devre şeması

$U_4$ , lazer diyot üzerinden akan akımın  $R_S$  direnci üzerinde oluşturduğu gerilimi ölçerek  $U_3$ 'e iletir.  $U_3$ , bu gerilim ile  $R_{setI}$  direnci ile ayarlanan gerilimi karşılaştırır. Bu gerilimlerin ideal durumda eşit olması gerekir. Bu eşitliğin sağlanabilmesi için  $U_3$ ,  $Q_1$  tranzistörünü uygun şekilde sürerek lazer diyot üzerinden akan akımın değerini ayarlar. Fotodiyot üzerinden akan akım transempedans kuvvetlendiricisi ile algılanarak, lazer diyodun optik çıkış gücündeki azalma durumunda  $R_{setP}$  direnci ile belirlenen optik çıkış gücüne ulaşılması için  $D_1$  diyodu üzerinden referans akım değeri için belirlenen gerilim arttırılır. Bu şekilde lazer diyodun akımı ve ışın gücü otomatik olarak ayarlanır.

#### 2.2.1.4. Kamera seçimi

Kumaş üzerinde oluşturulan lazer çizgisinin algılanması için CCD algılayıcıya sahip bir kamera kullanılmıştır. Kullanılan kamera SLR tipi NIKON'un ürettiği D40 modelidir. Kameranın diyafram açıklığı, pozlama süresi ve fotoğraf çekimi bilgisayardan kontrol edilebilmektedir. Bu özelliği sayesinde tasarlanan ölçüm düzeneği bilgisayar tarafından hareket ettirilip, görüntüler otomatik olarak alınabilecek, kumaş

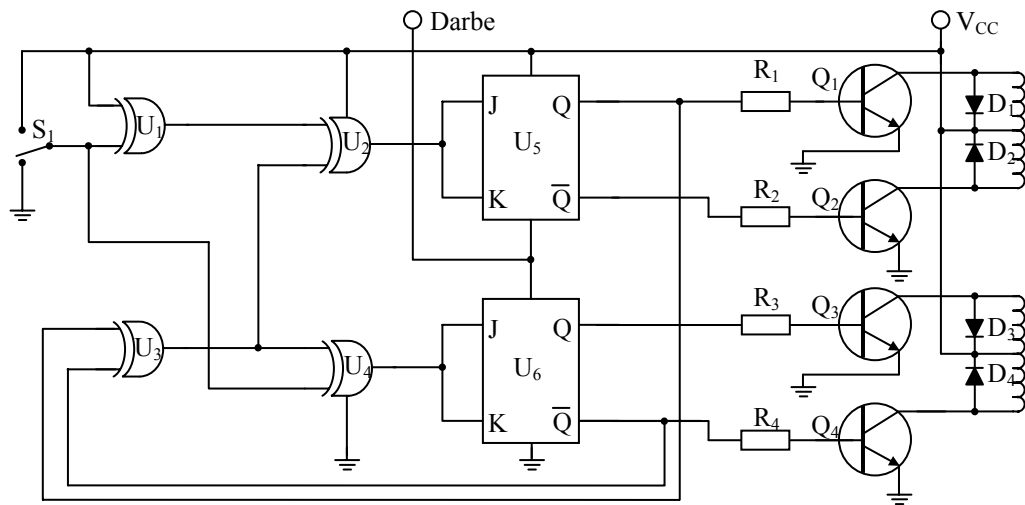
yüzeyine ait üç boyutlu model hızlı ve hassas bir şekilde oluşturulabilecektir. Kameranın görüntü çözünürlüğü 3008 x 2000 piksel (3008 sütun, 2000 satır) olmak üzere yaklaşık olarak 6 milyon pikseldir. Kullanılan kameranın görüntüsü Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8. Ölçüm düzeneğinde kullanılan kameranın görüntüsü

### 2.2.1.5. Platformun hareketini sağlayan motor sürücü devresi

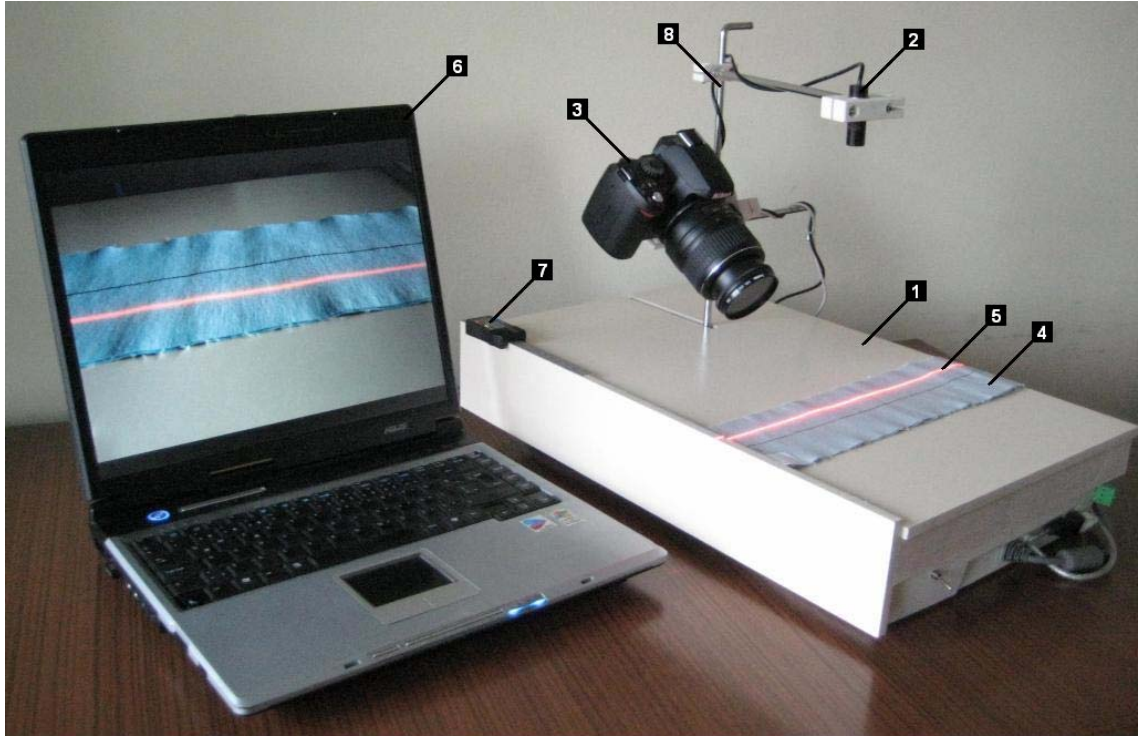
Platformun hareketi, bir adım motoru ile sağlanmaktadır. Tasarlanan adım motoru sürücü devresine ait şema Şekil 2.9’da verilmiştir. Burada  $U_1, U_2, U_3, U_4$ ; XOR kapıları,  $U_5, U_6$ ; J-K Flip-Floplar,  $R_1, R_2, R_3$  ve  $R_4$ ;  $1k\Omega$  değerinde tranzistör sürücü dirençler,  $D_1, D_2, D_3$  ve  $D_4$ ; koruma diyotları,  $Q_1, Q_2, Q_3$  ve  $Q_4$ ; NPN tranzistörler,  $S_1$ ; SPDT tipi anahtardır.  $S_1$  anahtarı ile motorun ileri geri hareketi kontrol edilmekte, “Darbe” girişinden uygulanan darbeler ile de motorun hareketi sağlanmaktadır.



Şekil 2.9. Platformun hareketini sağlayan adım motoru sürücü devresi

### 2.2.1.6. Ölçüm düzeneğinin bilgisayar ile kontrolü

Tasarlanan ölçüm düzeneğini oluşturan bileşenler önceki adımlarda belirtildiği gibi seçilmiş ve düzenek gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen ölçüm düzeneğinin görüntüsü, Şekil 2.10'da verilmektedir.

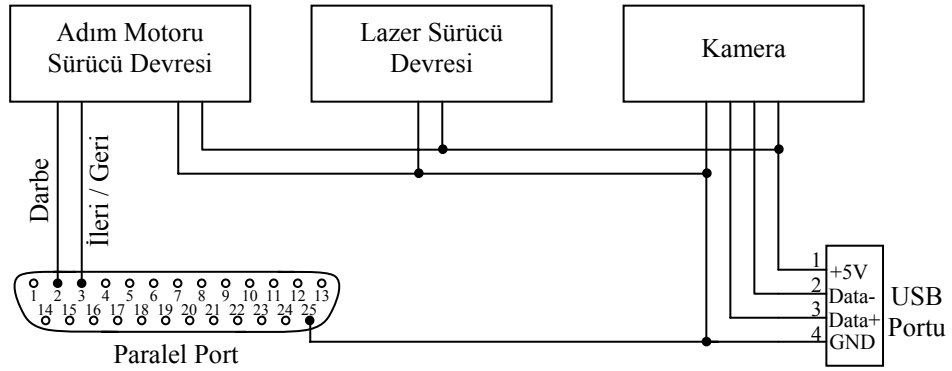


Şekil 2.10. Gerçekleştirilen ölçüm düzeneğinin görüntüsü

Burada: 1-hareketli platform, 2-çizgi lazer modülü, 3-kamera, 4-hareketli platform üzerine yerleştirilmiş kumaş, 5-kumaş üzerinde oluşturulan çizgisel lazer ışını, 6-bilgisayar, 7-hareketli platformun konumunu gösteren sayısal mikrometre ölçeği, 8-lazer ve kamera tutucusudur. Hareketli platformun hızı ve kamera ile görüntü alımı bilgisayar üzerinden kontrol edilebilmektedir. Sistemin kapsama bölgesinin uygun şekilde seçilebilmesi için, tutucunun yüksekliği, kameranın ve lazerin açısı değiştirilebilmektedir.

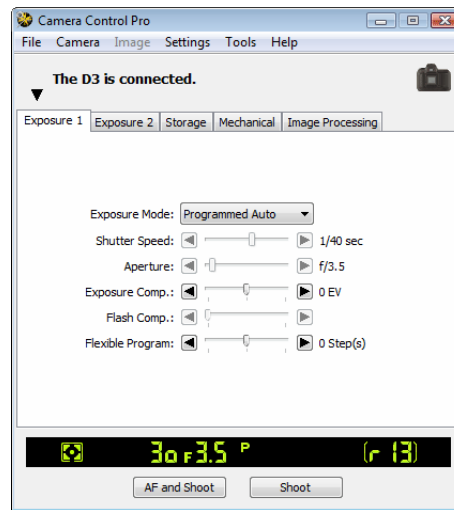
Düzenekte kullanılan lazer sürücü devresi ve adım motorunun besleme gerilimi, bilgisayarın USB portundan sağlanmaktadır. Adım motorunu süren darbeler ise paralel port üzerinden gönderilmektedir. Paralel portun 2 nolu ucundan gelen darbeler Şekil

2.9'daki motor sürücü devresinin darbe girişine verilmekte, paralel portun 3 nolu ucunun bağlantısı sürücü devrenin  $S_1$  anahtarını kontrol etmektedir.  $S_1$  anahtarı "lojik 0" durumunda iken motor ileri yönde, "lojik 1" durumunda iken ise motor geri yönde hareket etmektedir. Darbe girişine verilen her bir darbe ile hareketli platform  $42,33\mu\text{m}$  ( $1/600$  inch)'lik adımlarla ileri veya geri yönde hareket ettirilebilmektedir. Kameranın kontrolü de USB portu üzerinden gerçekleştirilmektedir. Ölçüm düzeneğinin bilgisayar ile bağlantısına ait genel şema Şekil 2.11'de verilmiştir.



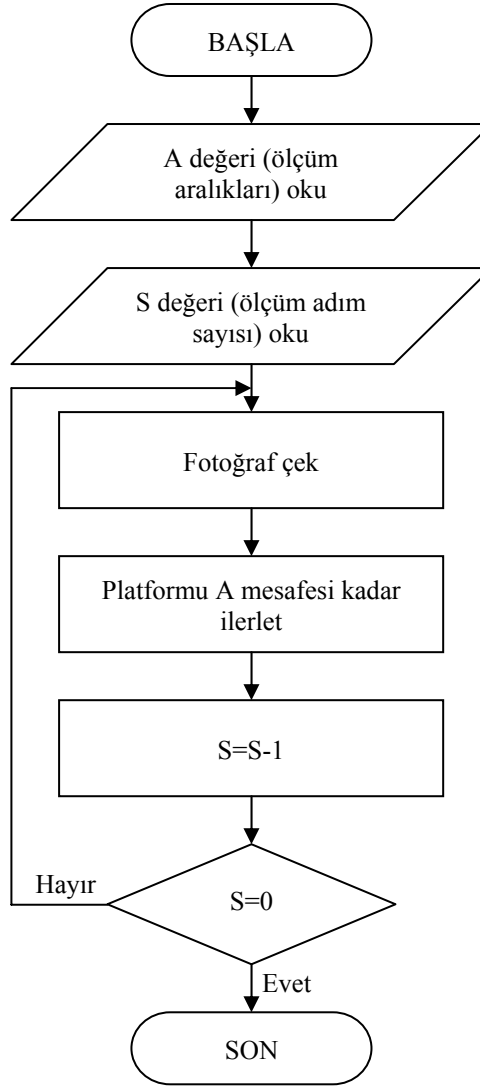
Şekil 2.11. Ölçüm düzeneğinin bilgisayar ile bağlantısının genel şeması

Kullanılan kamera, bilgisayar üzerinden "Camera Control Pro 2" programı ile kontrol edilebilmektedir. Kameranın diyafram açıklığı ve pozlama süresi, program üzerinden ayarlanabilmekte, istenilen aralıklarla fotoğraf çekimi yapılabilmektedir. Kullanılan programın ekran görüntüsü Şekil 2.12'de verilmiştir.



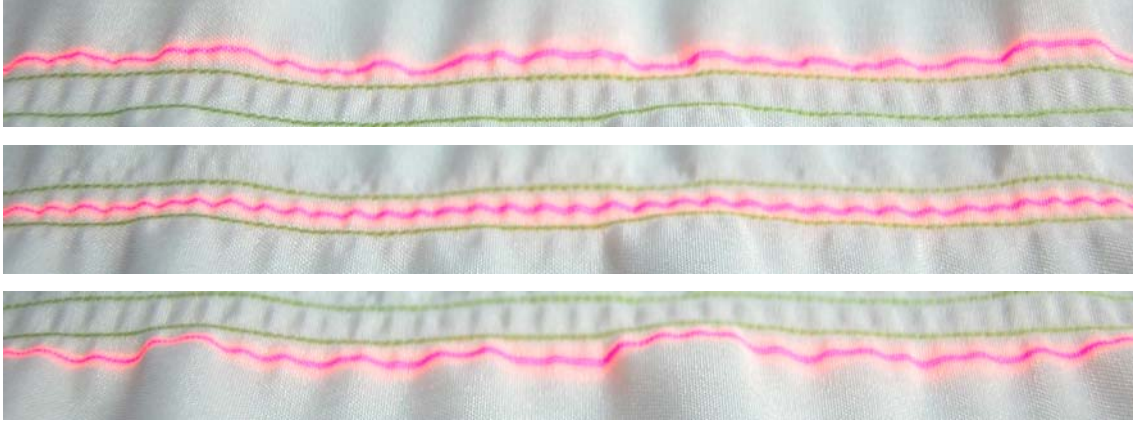
Şekil 2.12. Camera Control Pro 2 programının ekran görüntüsü

Gerçeklenen ölçüm düzeneği kullanılarak, hareketli platform üzerine yerleştirilen herhangi bir nesnenin yüzeyine ait farklı noktadaki yükseklik bilgileri elde edilerek, nesnenin üç boyutlu modeli çıkarılabilir. Bu işlem için Şekil 2.13’de verilen akış diyagramındaki işlemleri gerçekleştirecek bilgisayar programına ihtiyaç vardır.



**Şekil 2.13.** Ölçüm düzeneğinin kontrolü için gerekli programın akış diyagramı

Akış şeması verilen program, MATLAB kullanılarak yazılmıştır. Yazılan program EK-1’de verilmiştir. 5mm ölçüm aralıkları (A) ile, 3 adım sayısı (S) için elde edilen örnek ölçüm görüntüleri Şekil 2.14’de verilmiştir.



**Şekil 2.14.** Ölçüm aralığı  $A=5\text{mm}$ , adım sayısı  $S=3$  için elde edilmiş örnek tarama görüntüleri

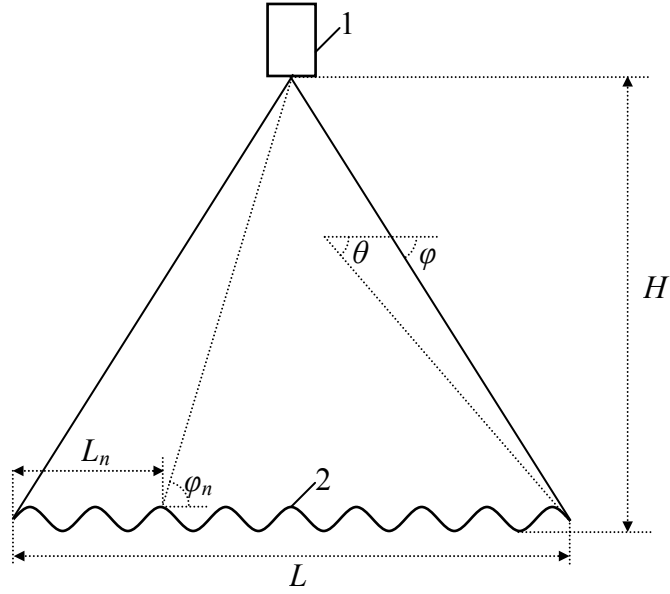
Şekil 2.14’de verilen örnek tarama görüntüleri, dikiş büzülmesine uğramış bir kumaşa aittir. Ölçüm aralıkları kısaltılıp, adım sayısı arttırılarak daha kısa aralıklarla, daha geniş bir alana ait yüzey ölçümü yapılabilir. Her bir görüntü, kumaşın bir çizgi boyunca kesitine ait yüzey profilinin çıkarılmasında kullanılabilir. Elde edilen görüntüler yardımıyla kumaş yüzeyine ait üç-boyutlu model oluşturulabilir.

### 2.2.2. Ölçüm düzeneğinin kalibrasyonu

Gerçeklenen ölçüm düzeneğindeki lazer ve kamera açılarının ayarı, ölçülecek kumaşların yüzey profillerindeki dalgalanmaları maksimum hassasiyette ölçecek şekilde ayarlanmalıdır. Bunun için kumaş yüzeyindeki dalgalanmalara ait bazı istatistiksel verilerin elde edilmesi gereklidir. Dalgalanmaların kumaş yüzeyinde oluşturduğu maksimum eğimin bilinmesi durumunda lazer ve kamera yükseklik ve açıları hesaplanabilir. Lazer ve kamera, uygun yükseklik ve açıda sabitlendikten sonra tarama görüntüleri elde edilir. Bu görüntüler kullanılarak kumaş yüzeyine ait yükseklik bilgilerinin elde edilebilmesi için, kamera görüntüsündeki piksellere ait yükseklik ve genişlik koordinatlarının elde edilmesi gereklidir.

### 2.2.2.1. Lazer yerleşim yüksekliğinin belirlenmesi

Lazer yerleşim yüksekliğinin, çizgisel lazer ışınının kumaş yüzeyinde ölçüm yapılacak tüm noktaları aydınlatacak şekilde seçilmesi gereklidir. Tüm noktaların aydınlatılabilmesi için, kumaş yüzeyindeki dalgalanmalar nedeniyle oluşabilecek gölgelenmelerin önlenmesi gerekir. Uygun yerleşim yüksekliğinin hesaplanabilmesi için Şekil 2.15'deki diyagram dikkate alınabilir.



Şekil 2.15. Lazer yerleşim yüksekliğinin hesaplanmasını açıklayan diyagram

Burada, 1-çizgi lazer, 2-kumaş yüzeyindeki dalgalanmalar üzerinde oluşturulan lazer ışın çizgisi,  $\theta$ -dalgalanmalara ait maksimum eğim,  $\varphi$ -lazer ışınlarının ölçüm bölgesinde yatay eksenle yaptığı minimum açı,  $\varphi_n$ -lazer ışınlarının  $L_n$  mesafesinde yatay eksenle yaptığı açı,  $H$ -çizgi lazerin yerleşim yüksekliği,  $L$ -ölçüm yapılacak genişliktir.

Lazer ışınları ölçüm bölgesinde  $L$  genişliği boyunca kumaş üzerine yatay eksenle farklı açılar yaparak düşmektedir. Şekilde görüldüğü üzere, lazer ışınlarının  $L_n$  mesafesinde yatay eksenle yaptığı açı  $\varphi_n$ ,



$$\varphi_n = \arctan\left(\frac{H}{\left|\frac{L}{2} - L_n\right|}\right) = \arctan\left(\frac{2 \cdot H}{|L - 2 \cdot L_n|}\right) \quad (2.9)$$

şeklinde hesaplanabilir. Lazer ışınlarının kumaş yüzeyine düşerken yatay eksenle yaptığı minimum açı ( $\varphi$ ),  $L_n=L$  mesafesinde oluşmaktadır. Burumda bu açı değeri,

$$\varphi = \arctan\left(\frac{H}{\left|\frac{L}{2} - L\right|}\right) = \arctan\left(\frac{2 \cdot H}{L}\right) \quad (2.10)$$

olarak bulunur.

Lazer çizgisinin gölgelenmeler olmadan kesintisiz bir şekilde oluşturulabilmesi için, kumaş yüzeyine düşen lazer ışınlarının yatay eksenle yaptığı minimum açının ( $\varphi$ ), dalgalanmalara ait maksimum eğimden ( $\theta$ ) büyük olması gereklidir.

$$\theta \leq \arctan\left(\frac{2 \cdot H}{L}\right) \quad (2.11)$$

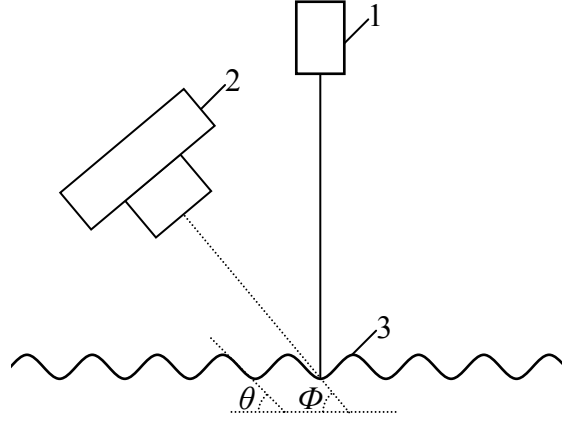
Ölçüm yapılacak genişlik ( $L$ ) ve dalgalanmalara ait maksimum eğim ( $\theta$ ) değerlerinin bilinmesi durumunda, uygun lazer yerleşim yüksekliğinin ( $H$ ),

$$H \geq \frac{L}{2} \tan \theta \quad (2.12)$$

eşitsizliğini sağlaması gereklidir.

### 2.2.2.2. Kamera yerleşim açısının belirlenmesi

Kamera yerleşim açısı, kumaş yüzeyinde ölçüm yapılacak genişlik boyunca oluşturulan lazer çizgisinin tamamının kamera tarafından algılanabilmesine uygun şekilde seçilmelidir. Uygun yerleşim açısının hesaplanabilmesi için Şekil 2.16'daki diyagram dikkate alınabilir.



Şekil 2.16. Kamera yerleşim açısının hesaplanmasını açıklayan diyagram

Burada, 1-çizgi lazer, 2-kamera, 3-kumaş yüzeyinde oluşan dalgalanmalar,  $\theta$ -dalgalanmalara ait maksimum eğim,  $\Phi$ -kamera yerleşim açısıdır.

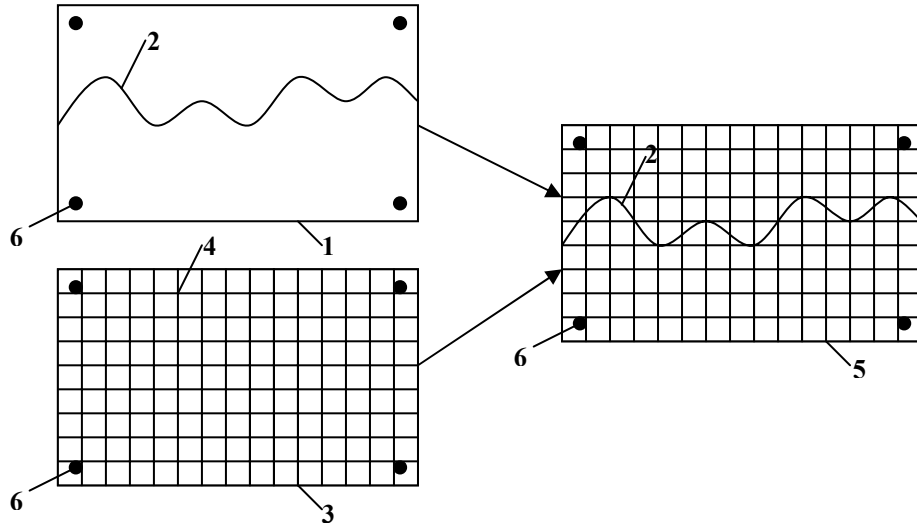
Kumaş yüzeyinde oluşan dalgalanmaların, lazer çizgisi ile kamera arasında engel oluşturmaması gereklidir. Bunun için kamera yerleşim açısı ( $\Phi$ ), kumaş üzerinde olan dalgalanmalara ait maksimum eğimden ( $\theta$ ) büyük olmalıdır.

$$\Phi > \theta \quad (2.13)$$

### 2.2.2.3. Kamera görüntüsü piksel koordinatlarının belirlenmesi

Tasarlanan ölçüm düzeneğinde, yüzey profilinin çıkarılması için yapılan ölçümleri, çizgi lazer ve kameranın yerleşim mesafe ve açıları ve algılayıcı optiğinde oluşan bozulmalar etkilemektedir. Bu etkileri azaltmak ve büzülmelerin hassas

ölçümünü sağlamak için kalibre edilmiş ölçme ızgaralı yüzey kullanılmıştır. Büzülme algılayıcı düzenekte, kamera ve lazer yerleşim mesafe ve açıları uygun şekilde seçildikten sonra büzülmesi ölçülecek kumaş yerine ızgaralı referans yüzey konular ve referans noktaları kaydedilir. Şekil 2.17’de bu yöntemi açıklayan diyagram gösterilmiştir.



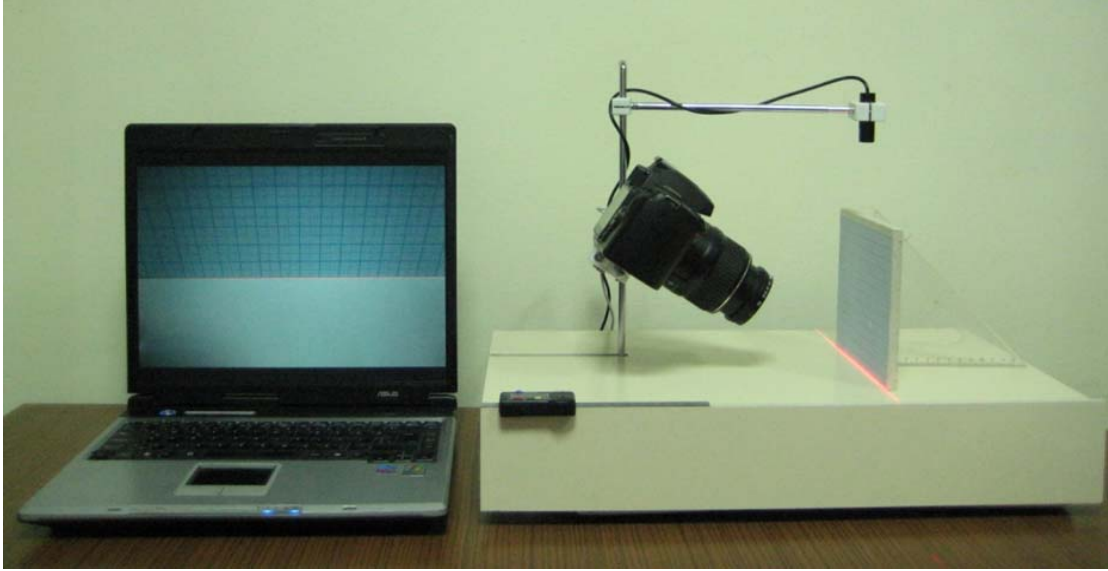
**Şekil 2.17.**Kamera görüntüsü piksel koordinatlarının belirlenmesini açıklayan diyagram

Burada, 1-kumaş yüzeyinde oluşan büzülmenin görüntüsü, 2-büzülme eğrisi, 3-referans ızgaralı yüzeyin görüntüsü, 4-referans ızgaralar, 5-büzülme görüntüsü ile referans ızgaralı yüzey görüntüsünün bir araya getirildiği görüntü, 6-karşılaştırma referans noktalarıdır.

Öncelikle referans ızgaralı yüzeyin görüntüsü elde edilir. Daha sonra büzülmenin görüntüsü alınarak büzülme eğrisi elde edilir. Büzülme eğrisi ile ızgara yüzeyi, karşılaştırma referans noktaları birbiriyle çakışacak şekilde bir araya getirilirler. Referans ızgaraları arasındaki mesafeler bilindiğinde, büzülme eğrisine ait değerler kolayca bulunabilir.

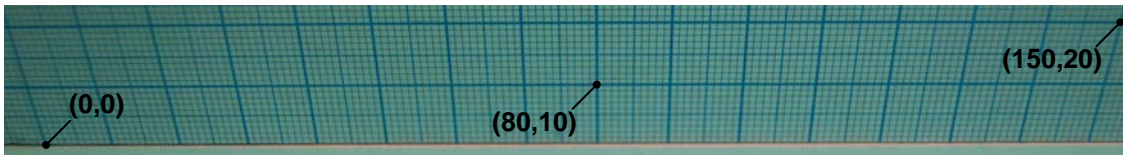
Şekil 2.18’deki düzenek kullanılarak, lazer ışın perdesiyle aynı düzlemde olacak şekilde hareketli platform üzerine  $90^\circ$ ’lik açı ile yerleştirilen bir milimetrik kağıdın

görüntüsü alınmıştır. Bu kağıt üzerindeki çizgiler, elde edilecek görüntülerdeki piksellere ait koordinatların hesaplanmasında kullanılmıştır.



**Şekil 2.18.** Kamera görüntüsü piksel koordinatlarının belirlenmesi

Kalibrasyon için fotoğrafı çekilen milimetrik kağıdın 2cm yükseklik ve 15cm genişliğe sahip bölgesine ait görüntüsü (yatay 1.-3008. pikseller, düşey 730.-1136. pikseller arası) Şekil 2.19’da verilmiştir. Görüntüdeki her bir yatay çizginin geçtiği piksellerin y-ekseni değerleri (yükseklikleri) eşit, her bir düşey çizginin geçtiği piksellerin de x-ekseni değerleri (genişlikleri) eşittir. Bazı noktalara ait milimetre cinsinden koordinat değerleri görüntü üzerinde belirtilmiştir.



**Şekil 2.19.** Koordinatların belirlenmesi için fotoğrafı çekilen milimetrik kağıt görüntüsü

Kalibrasyon görüntüsü kullanılarak elde edilen bazı koordinatlara ait piksel değerleri Çizelge 2.7’de verilmiştir. Benzer şekilde, görüntüdeki tüm piksellerin mm cinsinden koordinatları hesaplanmıştır. Kalibrasyon için kullanılan MATLAB programı EK-2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.7.** Bazı koordinatlara ait elde edilen piksel değerleri

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	0	30	60	90	120	150
20	10,788	588,782	1185,778	1791,776	2397,774	2994,775
15	36,871	606,867	1192,864	1788,861	2383,860	2971,860
10	62,952	623,948	1200,945	1785,944	2371,942	2948,942
5	87,1030	640,1028	1207,1024	1782,1023	2358,1022	2927,1022
0	112,1103	655,1102	1214,1101	1779,1099	2347,1099	2907,1098

### 2.2.3. Dikiş büzölmelerinin ölçümü




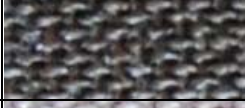
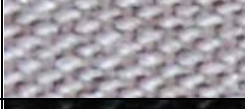










Hareketli platform ile kumaş yüzeyinin belirlenen ölçüm aralığı adımlarıyla kaydırılarak, lazer çizgisi yardımıyla bir çizgi boyunca kesitin alınabilmesi için, lazer çizgi kalınlığının ideal olarak sıfır olması gerekir. Pratikte tüm çizgisel lazer ışınları bir kalınlığa sahip olacağından, bu problemin çözümü için bir teknik geliştirilmesi gereklidir. Bu tekniğin geliştirilebilmesi için çizgisel lazer ışınının kumaş yüzeylerindeki dağılımının incelenmesi gereklidir.

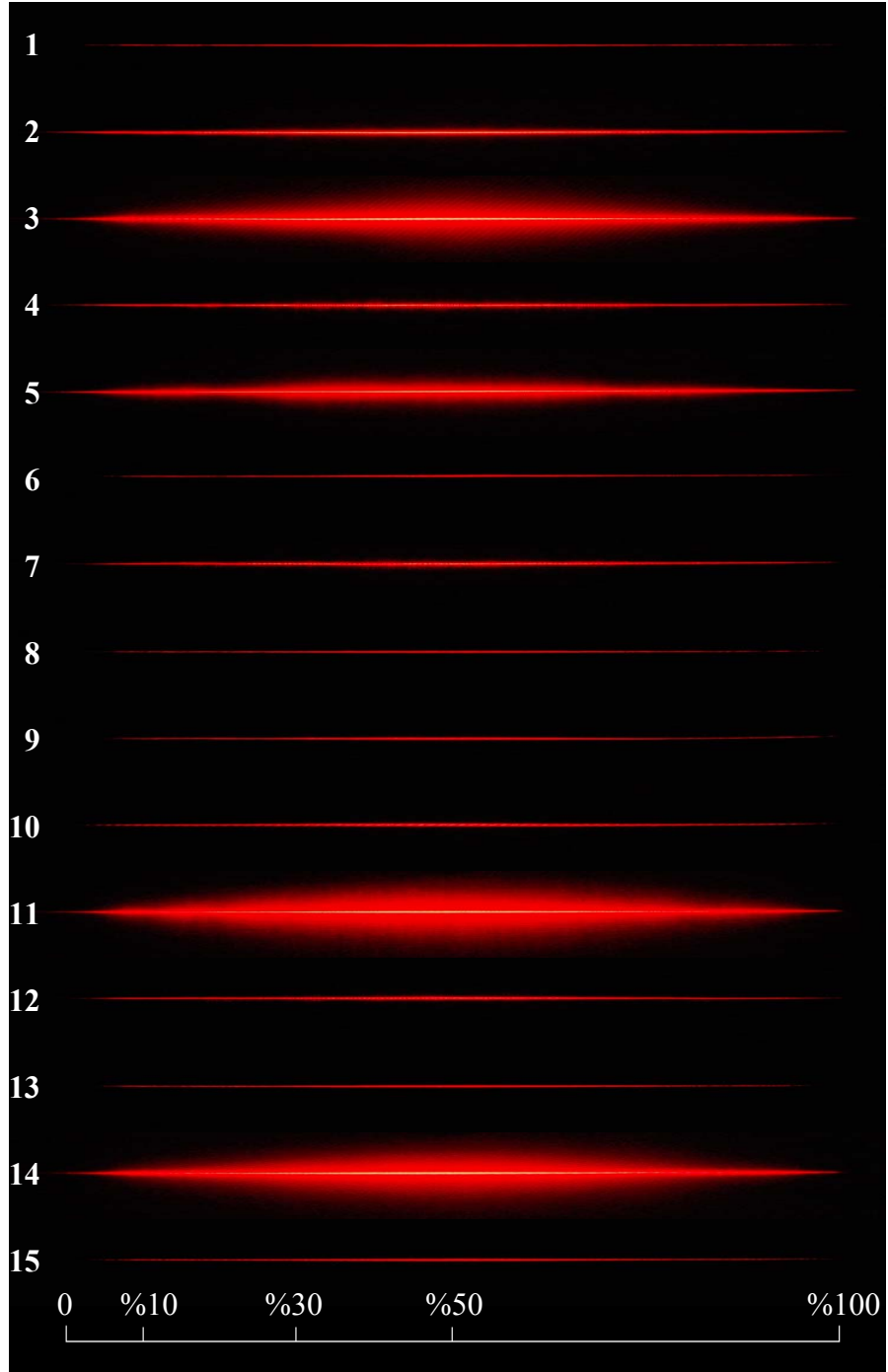
#### 2.2.3.1. Çizgisel lazer ışınının kumaşlar üzerindeki dağılımının incelenmesi

Tasarlanan lazer sürücü devresi ile farklı lazer akımlarında oluşturulan çizgisel lazer ışınlarının kumaşlar üzerindeki dağılımları incelenmiştir. Kullanılan kumaşların yapısı ve renklerine ait örnek görüntüler ve kumaş özellikleri Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8’de özellikleri verilen kumaşların üzerine farklı güçlerdeki lazer ışınları dik olarak yönlendirilmiş ve oluşan ışın çizgilerine ait görüntüler elde edilmiştir. 20mA lazer akımında elde edilen görüntüler Şekil 2.20’de verilmiştir. Her bir çizgisel lazer ışın görüntüsünün yanında belirtilen numaralar, görüntünün elde edilmesinde kullanılan kumaşların Çizelge 2.8’de verilen numaralarını belirtmektedir.

Çizelge 2.8. Işın dağılımının incelenmesinde kullanılan kumaşlara ait özellikler

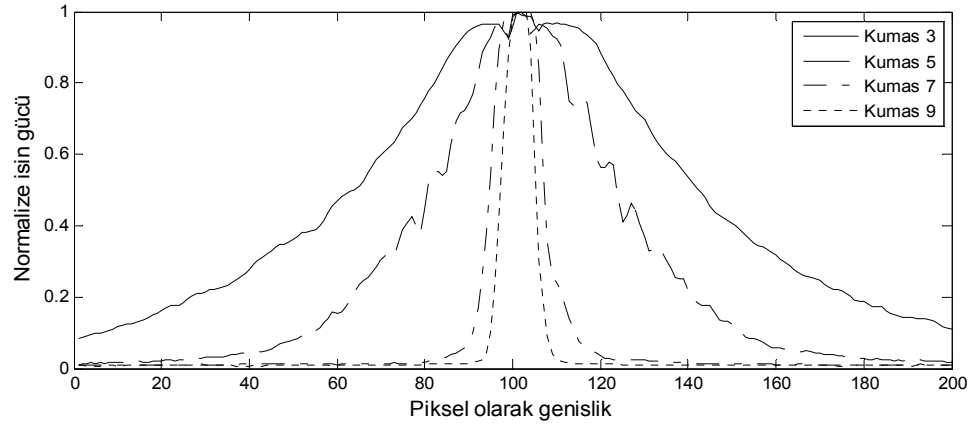
No	Görüntü	Malzeme Cinsi	Doku	Sıklık	Gramaj
1		%67 polyester %33 viskon	1/1 Bezayağı	Çözü:26 adet/cm Atkı:25 adet/cm	251gr/m <sup>2</sup>
2		%67 polyester %33 viskon	1/1 Bezayağı	Çözü:26 adet/cm Atkı:25 adet/cm	245gr/m <sup>2</sup>
3		%67 polyester %33 viskon	3/2 Dimi	Çözü:36 adet/cm Atkı:28 adet/cm	320gr/m <sup>2</sup>
4		%67 polyester %33 pamuk	1/1 Bezayağı	Çözü:39 adet/cm Atkı:24 adet/cm	138gr/m <sup>2</sup>
5		%67 polyester %33 pamuk	1/1 Bezayağı	Çözü:45 adet/cm Atkı:25 adet/cm	122gr/m <sup>2</sup>
6		%67 polyester %33 pamuk	1/1 Bezayağı	Çözü:33 adet/cm Atkı:22 adet/cm	237gr/m <sup>2</sup>
7		%98 aramid %2 iletken elyaf	1/1 Bezayağı	Çözü:22 adet/cm Atkı:19 adet/cm	145gr/m <sup>2</sup>
8		%50 yün %50 polyester	2/1 Dimi	Çözü:37 adet/cm Atkı:23 adet/cm	200gr/m <sup>2</sup>
9		%100 polyester	1/1 Bezayağı	Çözü:38 adet/cm Atkı:26 adet/cm	70gr/m <sup>2</sup>
10		%55 polyester %45 pamuk	4/1 Çözü Sateni	Çözü:46 adet/cm Atkı:19 adet/cm	310gr/m <sup>2</sup>
11		%100 pamuk	1/1 Bezayağı	Çözü:28 adet/cm Atkı:18 adet/cm	140gr/m <sup>2</sup>
12		%100 pamuk	1/1 Bezayağı	Çözü:26 adet/cm Atkı:12 adet/cm	140gr/m <sup>2</sup>
13		%67 polyester %33 viskon	1/1 Bezayağı	Çözü:22 adet/cm Atkı:22 adet/cm	220gr/m <sup>2</sup>
14		%45 yün %55 polyester	2/2 Dimi	Çözü:33 adet/cm Atkı:28 adet/cm	230gr/m <sup>2</sup>
15		%67 polyester %33 pamuk	3/2 Dimi	Çözü:33 adet/cm Atkı:22 adet/cm	260gr/m <sup>2</sup>



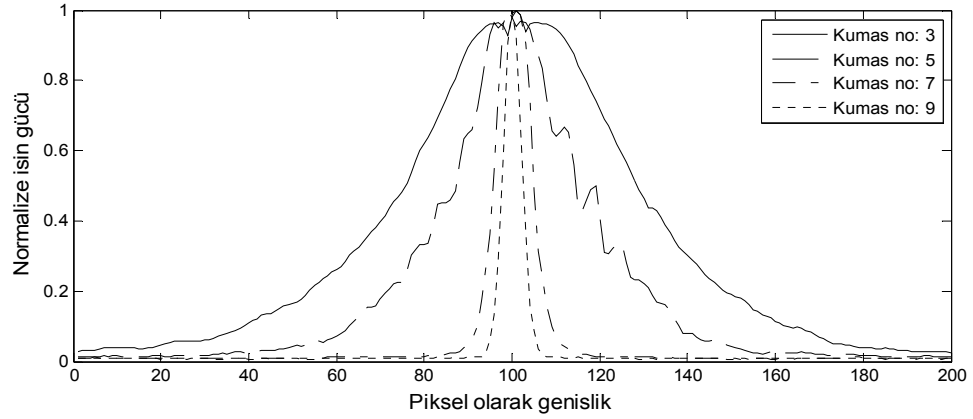
**Şekil 2.20.** 15 farklı kumaş üzerinde oluşturulan çizgisel lazer ışınlarına ait görüntüler

Lazer ışınının orta noktasından itibaren her iki uca doğru simetrik olduğu kabulüne dayanarak, lazer ışınının uzunluğunun ( $L$ ) %10, %30 ve %50 değerlerindeki pozisyonlarda elde edilen normalize ışın gücü dağılımları incelenmiştir. 3, 5, 7 ve 9

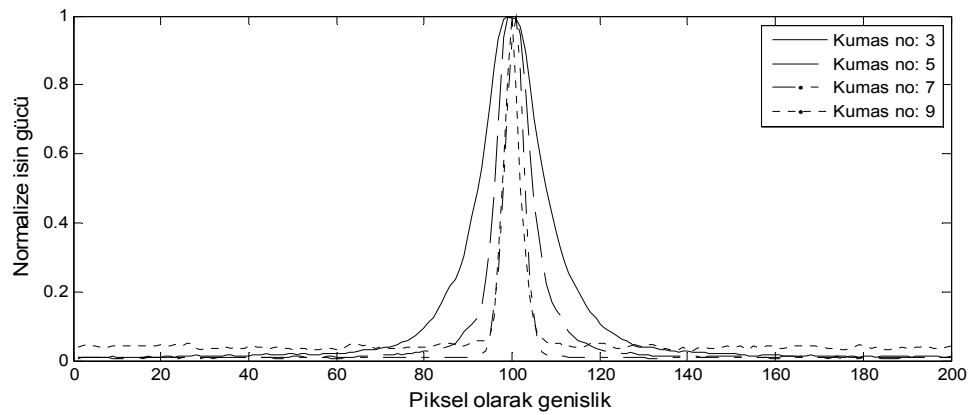
nolu kumaşlar için bu dağılımlar Şekil 2.21, Şekil 2.22 ve Şekil 2.23’de sırasıyla %50L, %30L ve %10L için verilmiştir.



Şekil 2.21. Lazer ışın gücünün %50L pozisyonundaki dağılımı



Şekil 2.22. Lazer ışın gücünün %30L pozisyonundaki dağılımı

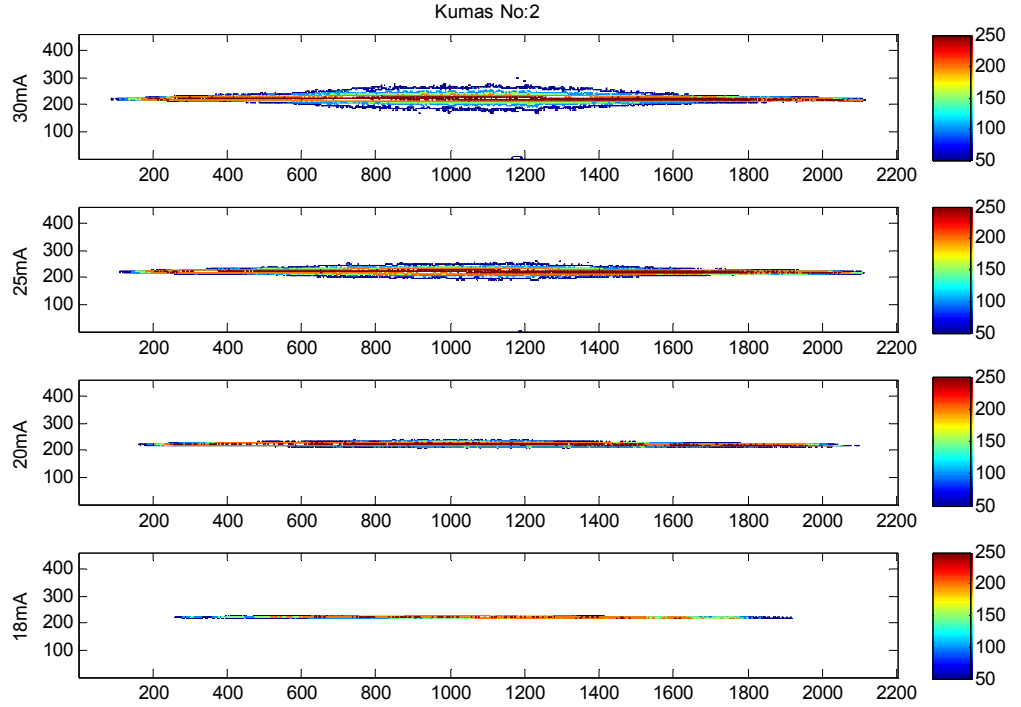


Şekil 2.23. Lazer ışın gücünün %10L pozisyonundaki dağılımı

Görüntülerden de anlaşıldığı üzere, kumaş renk ve yapısına göre lazer ışını farklı oranlarda emilim ve saçılmaya uğramıştır. Saçılmanın fazla olduğu kumaşlarda çizgi



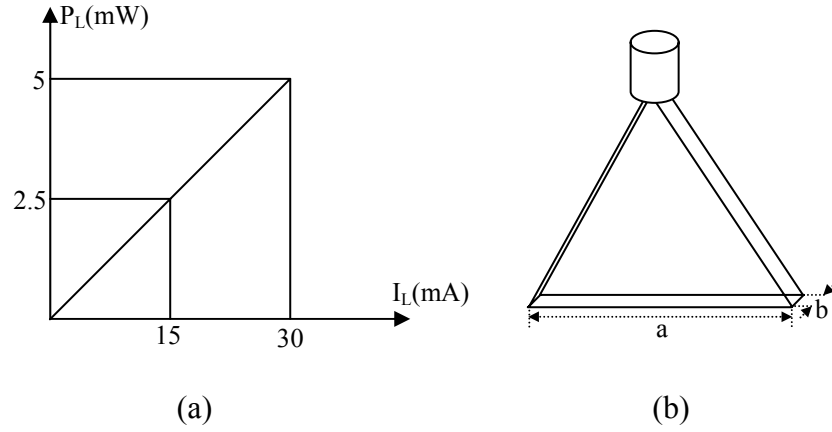
genişliğinin arttığı görülmektedir. Dağılımın en geniş olduğu durum, lazer ışın çizgisinin ortasını (%50L) göstermektedir. Lazer ışınının merkezinden uzaklaştıkça dağılımın azaldığı görülmektedir. Şekil 2.21-2.23'deki dağılımlardan görüldüğü üzere, ölçüm alınan her pozisyonda, lazer ışın gücünün en yüksek olduğu nokta, lazer çizgisinin orta noktasıdır. Orta noktadan itibaren uçlara doğru ışın gücü simetrik bir şekilde azalmaktadır. Benzer şekilde, farklı kumaşlar üzerindeki dağılımlar yerine, tek bir kumaş üzerinde farklı akımlardaki ışın dağılımları incelendiğinde aynı sonuç bulunmaktadır. Akım azaldıkça lazerin optik çıkış gücü azaldığından, kumaş yüzeyinden saçılan ışın gücü de aynı oranda azalmaktadır. Şekil 2.24'de 2 nolu kumaş yüzeyinde farklı lazer akımları için elde edilmiş ışın gücü dağılımları görülmektedir.



**Şekil 2.24.** Lazer ışın gücü dağılımının farklı lazer akımlarındaki değişimi

Şekil 2.21-2.24'deki şekillerden görüldüğü üzere, farklı kumaş yapıları ve lazer akımlarındaki lazer ışın gücü dağılımının merkezden kenarlara doğru simetrik olarak azaldığı görülmüştür.

Yapılan incelemeler göstermektedir ki, lazer ışının uzunluğunun %30-%70 arasındaki bölgesi dikdörtgen şeklinde kabul edilebilir. Lazer ile kumaş yüzeyi arasındaki mesafe küçük olduğundan, ortamdaki kayıplar ihmal edilerek lazer ışınının dikdörtgen leke üzerinde homojen dağıldığı kabul edilebilir. Lazer akımı ile ışın şiddeti arasındaki ilişkinin lineer olduğunu dikkate alarak, ışın şiddeti lazer akımına bağlı olarak Şekil 2.25.a'daki grafik yardımıyla hesaplanabilir.



**Şekil 2.25. (a)** Lazer ışın şiddetinin akımla ilişkisi, **(b)** lazer ışın lekesinin şekli

Lazer üzerinden 30mA'lık bir akım akıtıldığından lazer ışın gücü 5mW değerindedir. 5mW'lık ışın gücü, Şekil 2.25.b'de görüldüğü gibi kumaş yüzeyinde dikdörtgen şeklinde oluşan lazer ışın lekesi üzerinde dağılmaktadır. Dikdörtgenin ebatları belli ise birim alana düşen ışın gücünü belirleyen  $K$  katsayısı,

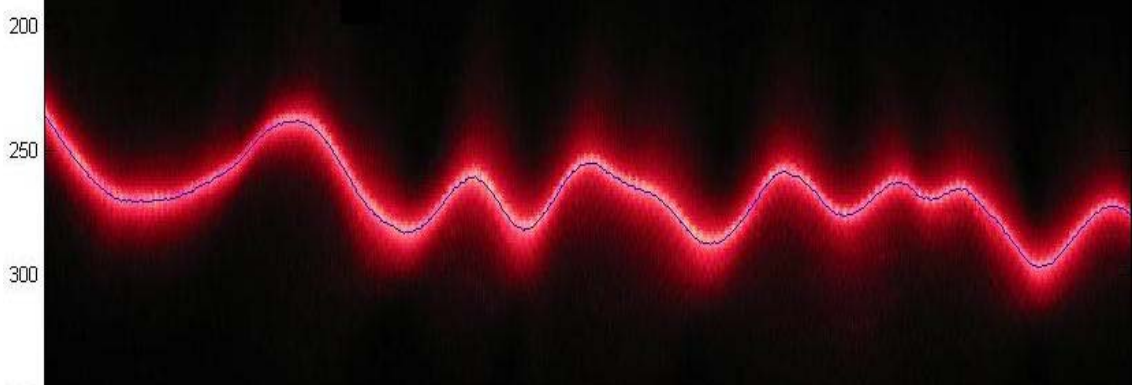
$$K = \frac{P_L}{a \cdot b} \quad (2.14)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada  $P_L$ -lazer diyodun yaydığı ve dikdörtgen alan üzerine yayılmış toplam ışın gücüdür (Musa ve Demirer 2010).

### 2.2.3.2. Lazer ışın çizgisinin merkezinin bulunması

Kumaş yüzeyinin lazer çizgisi ile taranmasıyla elde edilen görüntü kullanılarak kumaş yüzey profili hassas bir şekilde hesaplanamamaktadır. Bunun nedeni lazer çizgisinin kumaş yüzeyinde dağılıma uğramasıdır. Farklı kumaş renk ve yapılarında bu

dağılım farklı olmaktadır. Ancak bu dağılımın lazer çizgisinden kenarlara doğru her iki yönde de aynı miktarda olduğu tespit edilmiştir. Kumaş yüzey profilinin çıkarılabilmesi için, lazer çizgisinin merkezinin hesaplanması gerekmektedir. Örnek bir tarama için lazer ışın çizgisinin merkezi ile birlikte gösterilimi Şekil 2.26’da görülmektedir.



**Şekil 2.26.** Örnek bir tarama için lazer ışın çizgisinin merkezi ile birlikte gösterimi

Lazer ışın çizgisinin merkezinin hesaplanması için kullanılan program EK-3’de verilmiştir. Lazer çizgisine ait orta noktalar hesaplanırken görüntünün her bir sütunu için parlaklık olarak belli bir eşik seviyesini geçen piksellerin satır numaralarının aritmetik ortalaması alınmaktadır. Bu işlem sonucunda bulunan değerler lazer çizgi kalınlığının her bir sütunda farklı olabilmesi ve kumaşı oluşturan iplikler nedeniyle düzensiz sapmalara uğrayabilmektedir. Bu sapmaların istenmeyen, yüksek frekanslı bileşenler olarak filtrelenmesi gerekmektedir.

### 2.2.3.3. Filtreleme işlemi

Filtreleme için yürüyen ortalama filtre işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde, belli bir aralık içinde tanımlanan komşu veri noktalarının ortalamasının, her bir veri noktası ile yer değiştirmesi sonucu veri yapısının düzgünleştirilmesi sağlanır (Anonim 2002). Yürüyen ortalama filtresinin matematiksel gösterimi aşağıda verildiği gibidir.

$$y_s(i) = \frac{1}{2N+1} [y(i+N) + y(i+N-1) + y(i+N-2) + \dots + y(i-N)] \quad (2.15)$$

Denklem 2.15'de  $y_s(i)$ ,  $i$ . noktanın yerine geçen düzgünleştirilmiş değer;  $N$ ,  $y_s(i)$ 'nin her iki tarafındaki komşu veri noktalarının sayısı,  $2N+1$  ise aralıktır.

Şekil 2.26'da görülen lazer ışın merkezini gösteren çizginin geçtiği piksel değerleri,  $N=10$  alınarak yapılan filtreleme işlemi sonucunda elde edilmiştir.

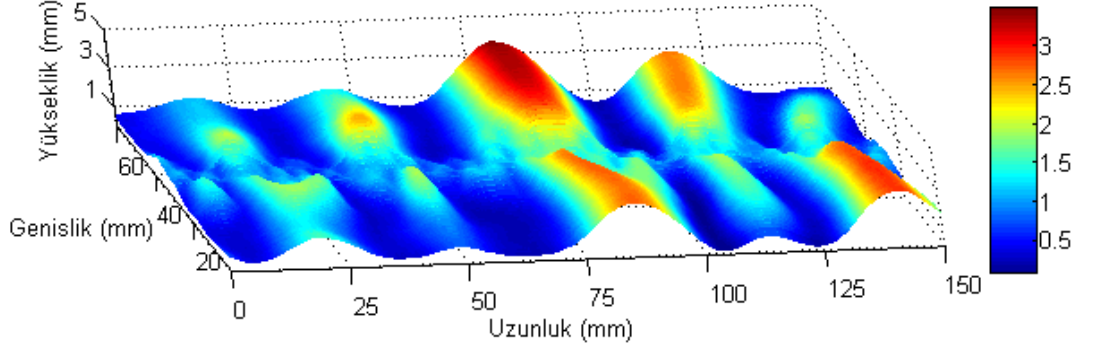
#### 2.2.3.4. Kumaş yüzeyinin taranması

Büzülme ölçümü yapılacak kumaş numunesi Şekil 2.10'daki ölçüm düzeneğinin hareketli platformu üzerine konulur. Kamera ve lazerin yerleşim açısı ve yükseklikleri kalibrasyonda kullanıldığı gibi kalacak şekilde platform adım motoru ile hareket ettirilerek, istenilen aralıklarla kumaş yüzeyinde oluşan lazer çizgilerine ait görüntüler alınır. Bu çalışmada kullanılan aralık değeri 1mm'dir. Adım motorunu süren her bir darbeye adım motoru  $42,33\mu\text{m}$  hareket ettiğine göre 1mm hareket için 24 darbe gereklidir.

Kullanılan kumaş numunesinin 150mm x 60mm'lik bölümü dikiş çizgisine paralel olarak taranır. Şekil 2.10'daki düzeneğin dikiş çizgilerine paralel taramaya uygun şekilde tasarlanmıştır. İstenildiğinde dikiş çizgisine dik olarak da tarama yapılabilecek hale getirilebilir. Bunun için hareketli platformun daha geniş bir aralıkta ileri geri hareket edebilmesi sağlanmalıdır. Dikiş çizgisine paralel tarama yapılması aynı zamanda daha az örnek alınarak tarama işleminin tamamlanmasını sağlamaktadır. Sistem endüstriyel amaçlı olarak kullanılmak istendiğinde, dikiş makinesinin kumaş ilerleme yönünde tarama yapılması gerekeceğinden, dikiş çizgisine dik olarak ölçüm alınması daha uygun olacaktır.

Materyal bölümünde belirtilen özelliklerdeki kumaşların yüzey taramaları, tasarlanan sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tarama 60mm'lik bölümde 1mm aralıklarla gerçekleştirildiğinden bir kumaş numunesi için 61 adet örnek alınması gerekmektedir. Alınan her bir örnekte kameranın sütun çözünürlüğü kadar (3008 adet) satır indisi hesaplanmaktadır. Her bir satır indisi, ilgili sütun için hesaplanan lazer ışını orta noktasının bulunduğu satırın indisidir.

Şekil 2.26’da görüntüsü verilen örnek taramaya benzer şekilde her bir kumaş için toplam 61 adet tarama yapılmıştır. Bu sayede bir kumaşa ait toplam  $61 \times 3008 = 183488$  adet yükseklik verisi elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak kumaştaki dikiş büzülme derecesinin tayini yapılacaktır. Tarama işlemi bitmiş bir kumaşın MATLAB yardımıyla oluşturulan üç boyutlu yüzey profili Şekil 2.27’de verilmiştir.



**Şekil 2.27.** Tarama işlemi bitmiş bir kumaşın MATLAB yardımıyla oluşturulan üç boyutlu yüzey profili

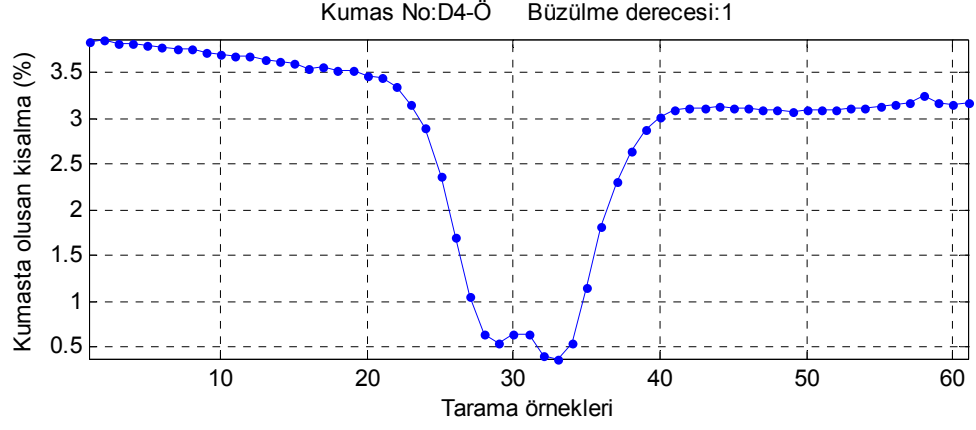
Yüzey profili elde edilen bir kumaşa ait veriler MATLAB yardımıyla işlenerek dikiş nedeniyle kumaşta oluşan kısalma miktarları hesaplanabilir, FFT kullanılarak yüzeye ait frekans spektrumu incelenerek sayısal değerler elde edilebilir. Elde edilen sayısal değerler kullanılarak dikiş büzülmelerinin objektif değerlendirilmesi yapılabilir. Hesaplamalarla elde edilen değerler ve dikiş büzülmeleriyle ilişkileri ileriki bölümde incelenmiştir.

### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

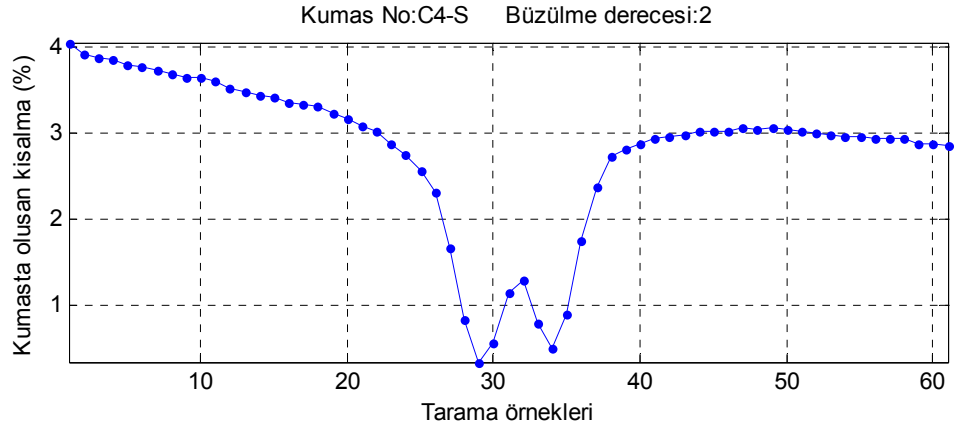
#### 3.1. Dikiş büzülmesi nedeniyle kumaşlarda oluşan kısalmaların hesaplanması

Bir önceki bölümde elde edilen kumaşın üç boyutlu modelinden de görüldüğü üzere, büzülme nedeniyle kumaş üzerinde oluşan dalgalanmalar dikiş çizgisine dik olarak, dikiş çizgisinden kumaşın kenarlarına doğru yayılmaktadır. Bu yayılım esnasında kenarlara doğru gidildikçe dalgalanmaların sayısı azalmakta ve genlikleri artmaktadır. Dikiş ipliğinin sıkıştırması nedeniyle dikiş çizgisi boyunca kumaş üzerinde bir dalgalanma görülmemektedir. Dikiş çizgisine paralel hatlar boyunca alınan kumaş yüzeyi örneklerinin her birinin yüzey boyunca uzunluğu hesaplanarak, ölçümü yapılan numunenin uzunluğuyla (150mm) karşılaştırılmıştır. Aradaki farkın numune uzunluğuna oranı ile kumaşta oluşan kısalma yüzdeleri hesaplanarak Şekil 3.1-3.5’de verilmiştir.

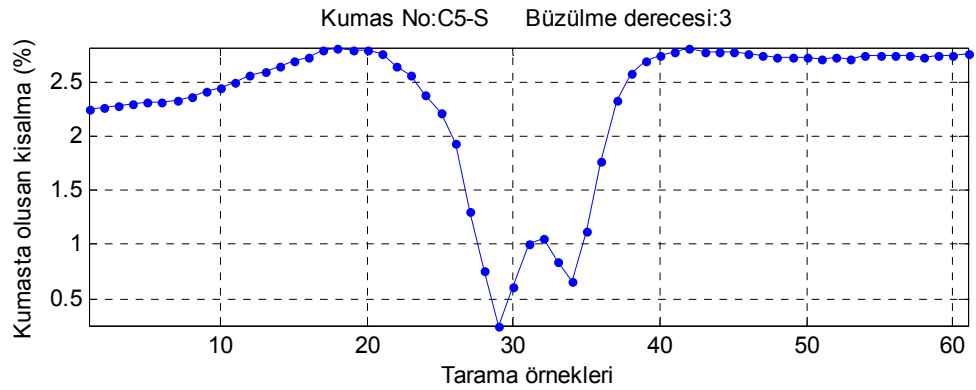
Şekil 3.1-3.5’den görüldüğü üzere, kumaşların kenarlarına yakın hatlar boyunca hesaplanan kısalma oranları merkeze doğru ilerledikçe göreceli olarak az da olsa bir değişim göstermekte, merkeze gelindiğinde hızlı bir düşüş göstermektedir. İncelenen numuneler çift dikişe sahip numunelerdir. Dikiş çizgileri üzerindeki dalgalanmaların minimum olduğu daha önce ifade edilmişti. Bu nedenle merkezde bulunan dikiş çizgileri ve dikişlere yakın hatlar üzerinden alınan ölçümlerde kumaşın yüzeyi üzerinden hesaplanan uzunlukların, dalgalanmaların olduğu hatlardakilere göre daha kısa olması ve dolayısıyla kısalma yüzdelerinin düşük çıkması anlamlıdır. Dikiş çizgilerinden kenarlara doğru ilerledikçe dikişin kumaş yüzeyinde yarattığı büzülme etkisi azalmakta, kumaş daha serbest bir hal almaktadır. Bu nedenle kısalma oranı, kumaşın platform üzerine yerleştirilme esnasındaki fiziksel etkilere bağlı olarak artma ya da azalma göstermektedir. Çift dikiş durumunda dikiş çizgilerinin orta noktaları veya tek dikiş durumunda dikiş çizgisi 31. tarama örneğine denk gelmektedir. Dikişin kumaş yüzeyinde yarattığı kısalma oranlarının ölçümü için alınan örneklerden 21. ila 41. tarama örnekleri arasındakilerin alınması uygun görülmüştür.



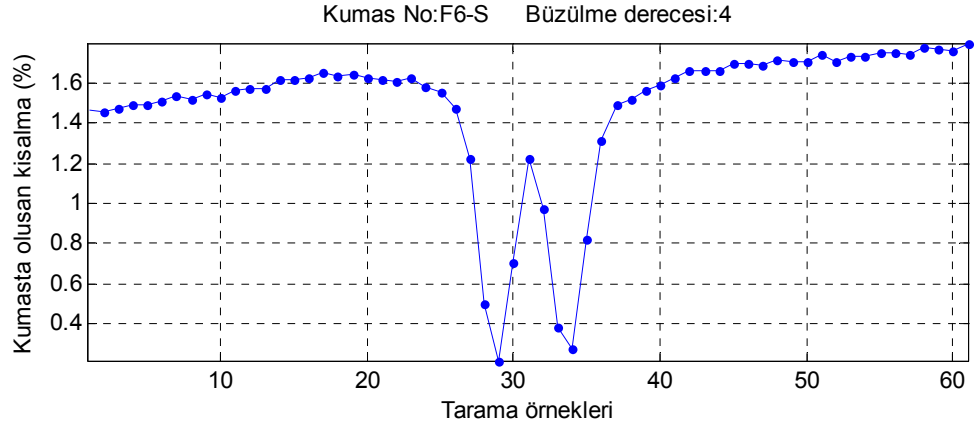
Şekil 3.1. 1. derece büzölmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kiscalma yüzdeleri



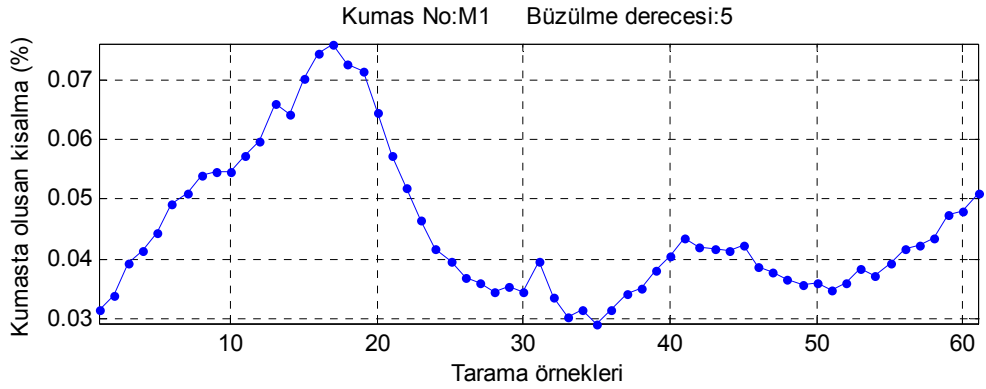
Şekil 3.2. 2. derece büzölmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kiscalma yüzdeleri



Şekil 3.3. 3. derece büzölmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kiscalma yüzdeleri



**Şekil 3.4.** 4. derece büzülmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kılalma yüzdeleri



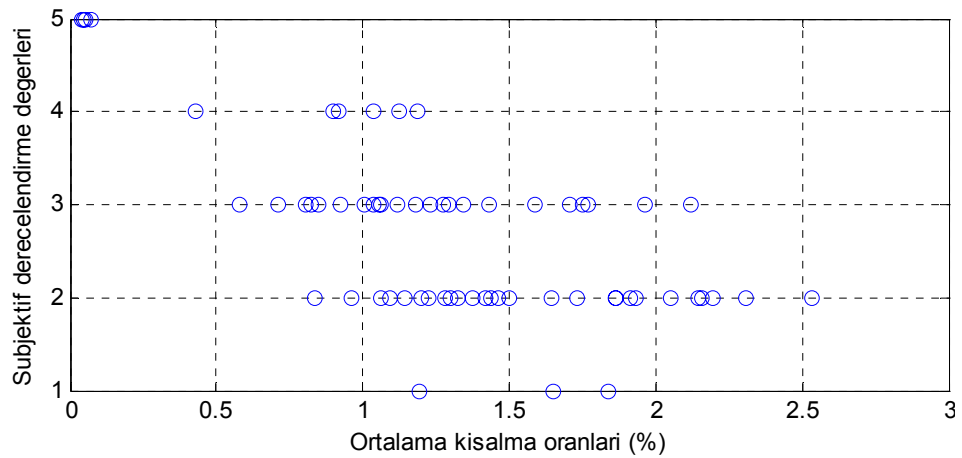
**Şekil 3.5.** 5. derece büzülmüş bir kumaş örneği için tarama örneklerinin alındığı hatlar boyunca hesaplanan kılalma yüzdeleri

Kumaşa ait dikiş büzülmesinin derecelendirilebilmesi için kılalma yüzdesiyle ilgili olarak tek bir veriye ulaşılması gerekmektedir. İncelenen örnekte her bir tarama hattı boyunca farklı kılalma yüzdeleri elde edilmiştir. 21. ila 41. tarama örnekleri arasında elde edilen değerlerin ortalamaları veri olarak alınacak ve farklı kumaş numunelerine ait aynı şekilde hesaplanan veriler kullanılarak büzülme dereceleriyle aralarındaki ilişkiler bulunmaya çalışılacaktır. İncelenen kumaşlara ait ortalama kılalma oranları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Ortalama kılalma oranlarının subjektif derecelendirme değerleri ile ilişkisi Şekil 3.6’da verilmiştir.



Çizelge 3.1. İncelenen kumaşlara ait ortalama kısalma oranları

Numune No	Subjektif Büzülme Derecesi	Ortalama Kısalma Oranı	Numune No	Subjektif Büzülme Derecesi	Ortalama Kısalma Oranı
A1	3	1,9665	C3-Ö	2	1,9335
A2	2	1,4214	C3-S	2	2,5319
A3	3	1,4318	C4-Ö	2	2,1928
A4	3	1,7095	C4-S	2	1,9118
B1	3	0,8035	C5-Ö	3	2,1180
B2	3	1,1797	C5-S	3	1,7677
B3	2	1,7337	C6-S	2	2,3069
B4	3	1,7492	D4-Ö	1	1,8400
B5	2	2,1480	D4-S	1	1,1933
B6	3	0,8510	D5-Ö	2	1,2237
C1	3	1,2958	D5-S	2	1,0899
D2	2	0,9600	D6-Ö	2	2,0500
D3	2	1,3732	D6-S	1	1,6499
E1	3	0,9237	D7-Ö	2	1,0633
E2	3	0,8240	D7-S	2	0,8347
F1	4	0,8971	E3-S	3	1,0564
F2	4	0,4272	E4-Ö	3	1,1168
M1	5	0,0381	E4-S	3	1,3436
M2	5	0,0710	E5-Ö	3	1,0028
M3	5	0,0557	E5-S	2	1,4624
M4	5	0,0499	E6-Ö	2	1,4376
A5-Ö	2	2,1579	E6-S	2	1,2787
A5-S	2	1,8649	E7-Ö	2	1,1456
B7-Ö	2	1,2996	E7-S	2	1,1970
B7-S	2	1,5027	F3-Ö	3	0,7126
B8-Ö	2	1,8617	F3-S	3	0,5771
B8-S	2	1,6441	F4-Ö	4	1,1271
B9-Ö	3	1,5869	F4-S	4	1,0337
B9-S	2	1,3252	F5-Ö	3	1,0372
C2-Ö	3	1,2747	F5-S	3	1,0642
C2-S	3	1,2331	F6-Ö	4	0,9159
			F6-S	4	1,1848

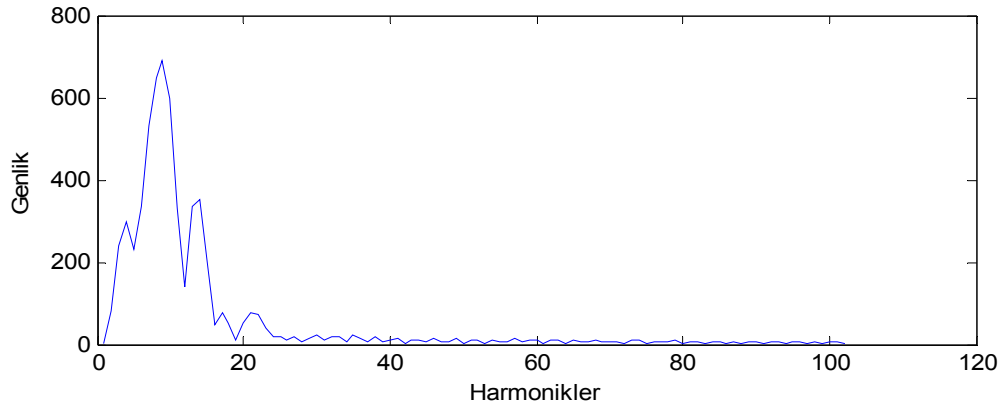


Şekil 3.6. Ortalama kısalma oranlarının subjektif derecelendirme değerleri ile ilişkisi

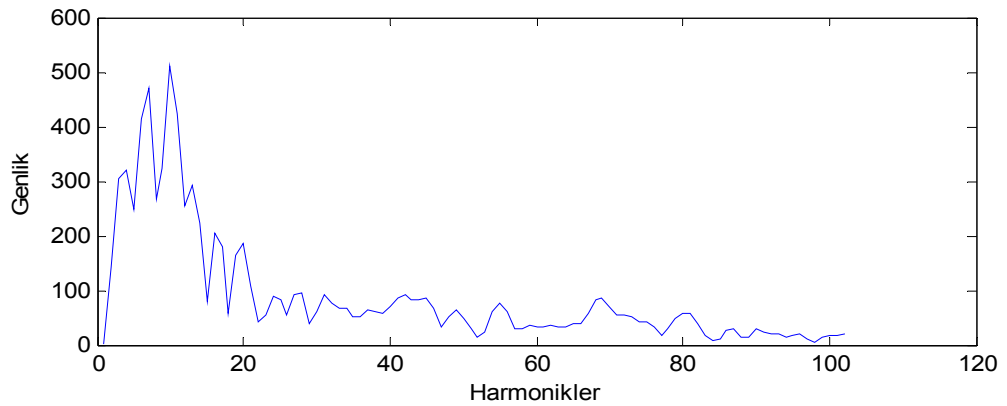
Şekil 3.6'dan da görüldüğü üzere, dikiş büzülmesinin subjektif derecelendirme değeri arttıkça (kumaş yüzeyindeki dalgalanmalar azaldıkça), ortalama kısalma oranları da azalmaktadır. Bu değerler ve ileriki adımlarda elde edilecek diğer değerler, dikiş büzülmesinin objektif değerlendirilmesinde kullanılacaktır.

### 3.2. Dikiş büzülmelerinin ayrık Fourier dönüşümü ile incelenmesi

Kumaş yüzeyinin birbirlerine ve dikiş çizgisine paralel olarak 61 hat boyunca taranması sonucu elde edilen veriler 61x3008 boyutlarında matris oluşturmaktadır. Bu matrisin her bir satırı bir boyutlu Fourier dönüşümüne tabi tutularak büzülmeler sonucu oluşan dalgalanmalara ait frekans spektrumu karakteristikleri incelenmiştir. Ayrık Fourier dönüşümü, MATLAB içerisinde fft fonksiyonu aracılığı ile yapılabilmektedir. İncelenen kumaşlardaki dalgalanmalara ait frekans spektrumu için örnek gösterimler Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de verilmiştir.

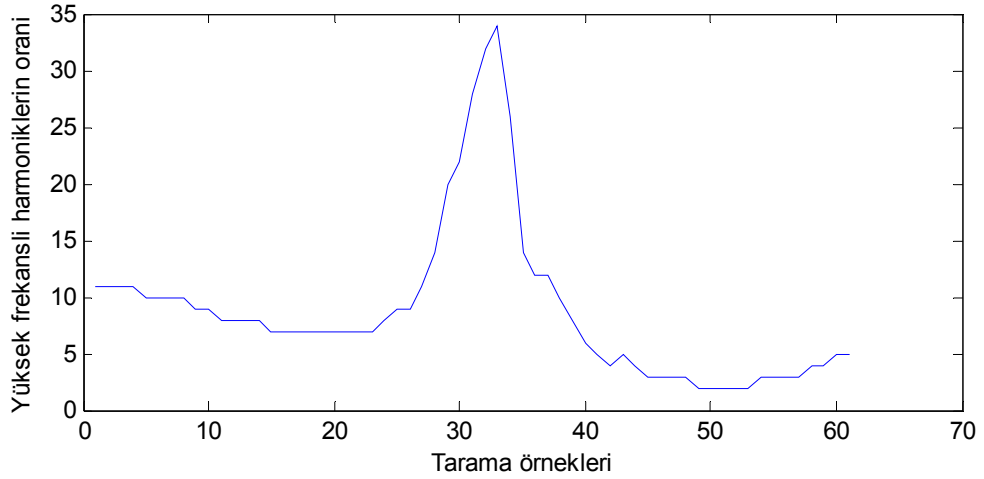


Şekil 3.7. Bir kumaşın kenar hattında oluşan dalgalanmalara ait frekans spektrumu



Şekil 3.8. Bir kumaşın merkez hattında oluşan dalgalanmalara ait frekans spektrumu

Şekil 3.7 ve 3.8'deki frekans spektrumu gösterimlerinden görüldüğü üzere, kumaşların kenar hatlarındaki dalgalanmalar daha büyük genlikli ve daha düşük frekanslı olmaktadır. Merkeze doğru ilerledikçe dalgalanmaların frekansı artmakta, genlikleri düşmektedir. Kumaş yüzeyindeki yüksek frekanslı dalgalanmaların (%50 frekans eşiği kullanarak) genlikleri toplamının, tüm dalgalanmalarının genlikleri toplamına oranının değişimi Şekil 3.9'da bir kumaş örneği için verilmiştir.



**Şekil 3.9.** Kumaş yüzeyindeki yüksek frekanslı dalgalanmaların genlikleri toplamının, tüm dalgalanmalarının genlikleri toplamına oranının değişimi

Şekil 3.9'daki grafik kullanılarak kumaşla ilgili bazı veriler elde edilebilir. Bu grafik her bir kumaş örneği için elde edilerek, ortalama, varyans ve maksimum değerleri hesaplanabilir ve kumaş büzülmelerinin objektif değerlendirilmesinde kullanılabilir.

Ayrıca kumaş yüzeylerinin üç boyutlu modelleri yardımıyla, kumaş yüzeyi ortalama yüksekliği, ortanca (medyan) yükseklik, maksimum ve minimum yükseklik değerleri, kumaş büzülmelerinin objektif değerlendirilmesinde kullanılacak değerler arasına katılabilir. Çizelge 3.2'de, kumaşlara ait elde edilen değerler görülmektedir. Burada,  $F_1$ : kumaş yüzeyindeki yüksek frekanslı dalgalanmaların genlikleri toplamının, tüm dalgalanmalarının genlikleri toplamına oranının ortalaması,  $F_2$ : bu oranın varyansı,  $F_3$ : bu oranın maksimum değeri,  $F_4$ : kumaş yüzeyinin ortalama yüksekliği,  $F_5$ : kumaş yüzeyinin ortanca (medyan) yüksekliği,  $F_6$ : kumaş yüzeyinin tarama hatları boyunca alınan ortalama yüksekliklerin maksimum değeri,  $F_7$ : kumaş yüzeylerinin genişlikleri boyunca alınan ortalama yüksekliklerin minimumu,  $F_8$ : kumaş yüzeyinin tarama hatları

boyunca alınan ortalama yüksekliklerin ortanca değeri, F<sub>9</sub>: kumaş yüzeylerinin 21. ila 41. tarama örnekleri arasında elde edilen kısalma oranlarının ortalamaları, F<sub>10</sub>: kumaşların subjektif derecelendirilme değerleridir.

**Çizelge 3.2.** Kumaş yüzeylerinden elde edilen değerler – 1

Kumaş	Kumaşlara ait değerler									
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>
A1	8,8852	48,9033	34,0000	2,0205	1,6605	3,6713	1,6790	1,9085	1,9665	3
A2	12,1148	42,0033	32,0000	1,4856	1,1864	2,8000	1,1557	1,5338	1,4214	2
A3	11,3607	12,9011	22,0000	1,4493	1,1282	3,5266	1,1681	1,1627	1,4318	3
A4	9,8525	33,3945	31,0000	1,5092	1,2433	2,8560	1,1574	1,5128	1,7095	3
B1	9,4262	20,9153	28,0000	1,2802	1,0813	2,5525	0,9701	1,1621	0,8035	3
B2	9,5082	37,4874	31,0000	1,3533	1,0947	2,5957	1,1670	1,2819	1,1797	3
B3	10,0164	19,9164	17,0000	1,8542	1,4408	4,3694	1,6525	1,5127	1,7337	2
B4	10,2459	41,8885	34,0000	1,7863	1,5271	3,0824	1,3890	1,8297	1,7492	3
B5	9,5246	41,7202	31,0000	1,9514	1,6008	4,2872	1,6802	1,5200	2,1480	2
B6	10,1475	9,3945	18,0000	1,2942	0,9390	2,7946	0,8966	1,3027	0,8510	3
C1	8,3115	11,7514	20,0000	1,5897	1,2156	3,3237	1,2877	1,4156	1,2958	3
D2	7,7213	5,9044	16,0000	1,6527	1,3313	3,9367	1,5318	1,4773	0,9600	2
D3	6,1311	9,8825	10,0000	2,3152	1,9914	4,5084	2,0150	2,2673	1,3732	2
E1	10,4590	49,5191	39,0000	1,5208	1,3643	2,8562	1,0801	1,5073	0,9237	3
E2	7,6066	25,3093	28,0000	1,2067	0,9678	3,0016	1,0491	0,9890	0,8240	3
F1	10,7213	46,8377	38,0000	1,2731	1,1063	2,4119	0,9501	1,2873	0,8971	4
F2	13,7049	3,3781	17,0000	0,8835	0,7624	2,5809	0,6750	0,8172	0,4272	4
M1	8,8852	1,7033	12,0000	0,4959	0,4589	1,0039	0,2822	0,4354	0,0381	5
M2	12,0656	22,8623	21,0000	0,9490	0,9747	1,2636	0,3021	0,9258	0,0710	5
M3	12,3934	4,0426	16,0000	0,6768	0,6697	0,9941	0,2706	0,6441	0,0557	5
M4	12,0656	6,8623	17,0000	0,6743	0,6566	0,8638	0,3992	0,7163	0,0499	5
A5-Ö	7,6721	42,5907	31,0000	1,8585	1,5755	3,1794	1,3920	1,9693	2,1579	2
A5-S	10,6230	35,5388	31,0000	1,6755	1,2577	3,4854	1,3628	1,5824	1,8649	2
B7-Ö	10,6721	31,8907	31,0000	1,5310	1,1867	3,5027	1,2850	1,2707	1,2996	2
B7-S	9,9672	18,5989	21,0000	1,6604	1,2138	3,5948	1,2590	1,5595	1,5027	2
B8-Ö	9,7705	11,6464	19,0000	1,6437	1,2420	2,8846	1,3359	1,7429	1,8617	2
B8-S	8,1639	16,7393	24,0000	1,5061	1,2180	3,2553	1,2151	1,3422	1,6441	2
B9-Ö	9,7869	4,9705	16,0000	1,5239	1,1637	3,0593	1,1359	1,2174	1,5869	3
B9-S	9,7377	1,3967	14,0000	1,8695	1,4947	3,8258	0,9698	1,5966	1,3252	2
C2-Ö	11,8689	14,1158	27,0000	1,5227	1,2234	3,7995	1,3455	1,5886	1,2747	3
C2-S	12,0820	21,2765	30,0000	1,8031	1,6329	3,7039	1,5691	1,8335	1,2331	3
C3-Ö	7,9672	32,5656	28,0000	2,1611	1,6914	4,7974	1,7398	2,1817	1,9335	2
C3-S	12,6557	10,2962	23,0000	2,0236	1,5750	5,0847	1,6647	1,6849	2,5319	2
C4-Ö	11,1967	26,3607	30,0000	2,1682	1,8414	3,6649	1,7198	2,1804	2,1928	2
C4-S	8,7049	49,1448	30,0000	1,9367	1,4500	3,7235	1,2066	1,7800	1,9118	2
C5-Ö	8,8852	14,1366	20,0000	3,0963	2,8760	5,8203	2,6220	2,8954	2,1180	3
C5-S	11,5902	8,7126	22,0000	1,8715	1,4139	4,5160	1,6818	1,5738	1,7677	3
C6-S	11,6885	15,0180	24,0000	2,3096	1,8903	4,2322	1,4508	2,3315	2,3069	2
D4-Ö	10,8033	9,0273	16,0000	1,9059	1,6282	4,4551	1,6795	1,6636	1,8400	1
D4-S	9,6721	31,7907	23,0000	1,3553	1,1161	2,6396	0,9966	1,2721	1,1933	1
D5-Ö	6,2623	4,5967	11,0000	1,4426	1,2263	2,9568	1,3031	1,3845	1,2237	2
D5-S	7,7541	2,4219	10,0000	1,6077	1,4445	3,2284	1,3240	1,5833	1,0899	2

**Çizelge 3.3.** Kumaş yüzeylerinden elde edilen değerler – 2

Kumaş	Kumaşlara ait değerler									
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>
D6-Ö	6,2951	9,6448	11,0000	2,4529	2,0575	4,9514	2,0887	2,1644	2,0500	2
D6-S	10,5246	25,4536	24,0000	1,9709	1,8233	3,0620	1,6250	2,1090	1,6499	1
D7-Ö	10,1967	15,8940	16,0000	1,8224	1,6851	3,3010	1,5974	1,6796	1,0633	2
D7-S	6,1311	2,3492	10,0000	1,1916	0,9422	2,7705	1,0227	1,1308	0,8347	2
E3-S	8,2459	26,8219	28,0000	1,0969	0,9494	2,5950	0,9467	0,9974	1,0564	3
E4-Ö	8,9508	65,5142	43,0000	1,2628	1,0288	2,4574	0,8491	1,2594	1,1168	3
E4-S	10,7377	73,5967	43,0000	1,3630	1,0959	2,3094	1,0846	1,4188	1,3436	3
E5-Ö	8,2131	11,8038	20,0000	1,6484	1,3642	3,5085	1,3492	1,4448	1,0028	3
E5-S	7,8361	36,7393	31,0000	1,5151	1,1809	4,3135	1,2423	1,2125	1,4624	2
E6-Ö	10,6230	30,3055	35,0000	1,9166	1,6675	3,4937	1,5376	1,8172	1,4376	2
E6-S	8,3770	92,4055	44,0000	1,1508	0,9977	2,2522	1,0303	1,0041	1,2787	2
E7-Ö	8,1475	12,3945	22,0000	1,6470	1,2738	3,7127	1,2491	1,4523	1,1456	2
E7-S	7,9836	19,1164	26,0000	1,6499	1,2485	3,3345	1,3235	1,4979	1,1970	2
F3-Ö	9,2623	39,7301	35,0000	1,1482	0,9596	2,3275	0,9581	1,1038	0,7126	3
F3-S	9,1475	22,9279	25,0000	1,1581	0,9950	2,0905	0,9381	1,0928	0,5771	3
F4-Ö	7,6230	39,5388	33,0000	1,2332	0,9964	2,8309	0,9330	1,0411	1,1271	4
F4-S	8,9508	15,3142	24,0000	1,6944	1,4410	3,0804	1,6116	1,4161	1,0337	4
F5-Ö	7,9508	34,8809	31,0000	1,2022	0,8362	2,8751	0,8884	0,8559	1,0372	3
F5-S	9,8197	29,5836	24,0000	1,4876	1,2443	3,1331	1,2977	1,3929	1,0642	3
F6-Ö	8,3279	41,0240	32,0000	1,2715	1,1513	2,2354	1,1554	1,3999	0,9159	4
F6-S	11,1148	30,5699	33,0000	1,6513	1,3514	3,7595	1,4066	1,4997	1,1848	4

Çizelge 3.2 ve 3.3'deki kumaşlara ait elde edilen ilk 9 değer kullanılarak, kumaşların subjektif derecelendirilme değerleri tahmin edilmeye çalışılacaktır. Bu amaçla yazılan MATLAB programı, değerler arasındaki ilişkileri belirlemek için lineer regresyon analizi ve destek vektör makinesi (SVM - support vector machine) yöntemlerini kullanmaktadır.

### 3.3. Regresyon analizi kullanılarak hesaplanan objektif değerlerin subjektif değerlerle ilişkilerinin incelenmesi

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi edinilebilir.

Çizelge 3.2 ve 3.3'de verilen değerler arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi ve dikiş büzölmelerinin objektif değerlendirilebilmesi için yazılan MATLAB programı yardımıyla elde edilen katsayı vektörüne ait değerler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Lineer regresyon analizi ile elde edilen katsayı değerleri

Katsayılar	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$
Değerleri	3,5159	0,0513	-0,0168	0,0385	2,6820	0,1997	-0,7894	0,8003	-2,2075	-1,2001

Çizelge 3.4'deki katsayı değerleri ve Çizelge 3.2-3.3'deki kumaşlara ait değerler kullanılarak, kumaşlardaki dikiş büzölmelerine ait objektif değerler aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir. Hesaplanan değerler Çizelge 3.5'de verilmiştir.

$$F_{10} = a_0 + \sum_{k=1}^9 a_k F_k \quad (3.1)$$

**Çizelge 3.5.** Lineer regresyon analizi ile hesaplanan objektif büzölme dereceleri ve subjektif dereceler ile karşılaştırılması

Numune No	Objektif Büzölme Derecesi	Subjektif Büzölme Derecesi	Mutlak Hata
A1	2,0797	3	0,9203
A2	2,5057	2	0,5057
A3	2,7065	3	0,2935
A4	2,2286	3	0,7714
B1	3,6061	3	0,6061
B2	3,0529	3	0,0529
B3	2,0628	2	0,0628
B4	2,2805	3	0,7195
B5	2,0754	2	0,0754
B6	2,8442	3	0,1558
C1	2,7474	3	0,2526
D2	2,8320	2	0,8320
D3	2,0567	2	0,0567
E1	3,2444	3	0,2444
E2	3,2852	3	0,2852
F1	3,3129	4	0,6871
F2	3,5244	4	0,4756
M1	4,2530	5	0,7470
M2	4,4132	5	0,5868
M3	4,5914	5	0,4086
M4	4,6096	5	0,3904
A5-Ö	1,3516	2	0,6484
A5-S	2,0083	2	0,0083
B7-Ö	2,9611	2	0,9611
B7-S	2,1417	2	0,1417
B8-Ö	1,9191	2	0,0809
B8-S	2,3259	2	0,3259
B9-Ö	2,7719	3	0,2281
B9-S	2,4846	2	0,4846
C2-Ö	2,2954	3	0,7046
C2-S	2,8987	3	0,1013

Numune No	Objektif Büzölme Derecesi	Subjektif Büzölme Derecesi	Mutlak Hata
C3-Ö	1,0565	2	0,9435
C3-S	1,1794	2	0,8206
C4-Ö	2,0223	2	0,0223
C4-S	1,5757	2	0,4243
C5-Ö	1,9527	3	1,0473
C5-S	2,2978	3	0,7022
C6-S	1,2632	2	0,7368
D4-Ö	1,9175	1	0,9175
D4-S	2,6933	1	1,6933
D5-Ö	2,4811	2	0,4811
D5-S	2,5662	2	0,5662
D6-Ö	1,6144	2	0,3856
D6-S	2,4486	1	1,4486
D7-Ö	3,3002	2	1,3002
D7-S	2,6934	2	0,6934
E3-S	2,9359	3	0,0641
E4-Ö	2,7379	3	0,2621
E4-S	2,6568	3	0,3432
E5-Ö	3,1190	3	0,1190
E5-S	1,9491	2	0,0509
E6-Ö	3,1067	2	1,1067
E6-S	2,6636	2	0,6636
E7-Ö	2,7317	2	0,7317
E7-S	2,9624	2	0,9624
F3-Ö	3,5776	3	0,5776
F3-S	3,8615	3	0,8615
F4-Ö	2,8786	4	1,1214
F4-S	3,9646	4	0,0354
F5-Ö	3,2279	3	0,2279
F5-S	2,8966	3	0,1034
F6-Ö	3,0944	4	0,9056
F6-S	2,9655	4	1,0345

Çizelge 3.5’de verilen objektif ve subjektif değerler arasındaki mutlak hataların ortalaması 0.54 olarak bulunmuştur. Lineer regresyona ait korelasyon katsayısı ise 0.73 olarak elde edilmiştir.

### 3.4. Destek vektör makinesi kullanılarak hesaplanan objektif değerlerin subjektif değerlerle ilişkilerinin incelenmesi

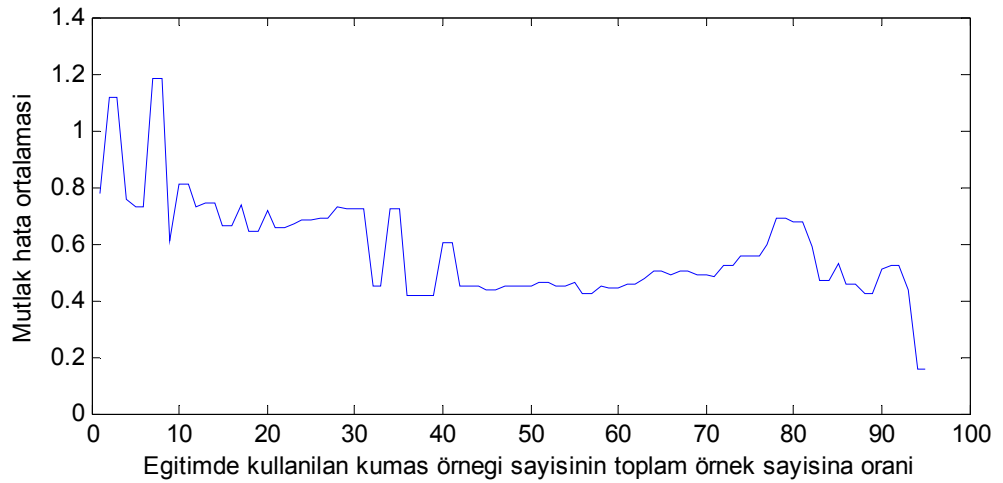
Çizelge 3.2-3.3’deki kumaşlara ait değerler kullanılarak, kumaşlardaki dikiş büzülmelerine ait objektif değerlerin hesaplanması için yazılan MATLAB programı ile destek vektör makinesi yöntemi kullanılmıştır.

**Çizelge 3.6.** Destek vektör makinesi yöntemi ile hesaplanan objektif büzülme dereceleri ve subjektif dereceler ile karşılaştırılması

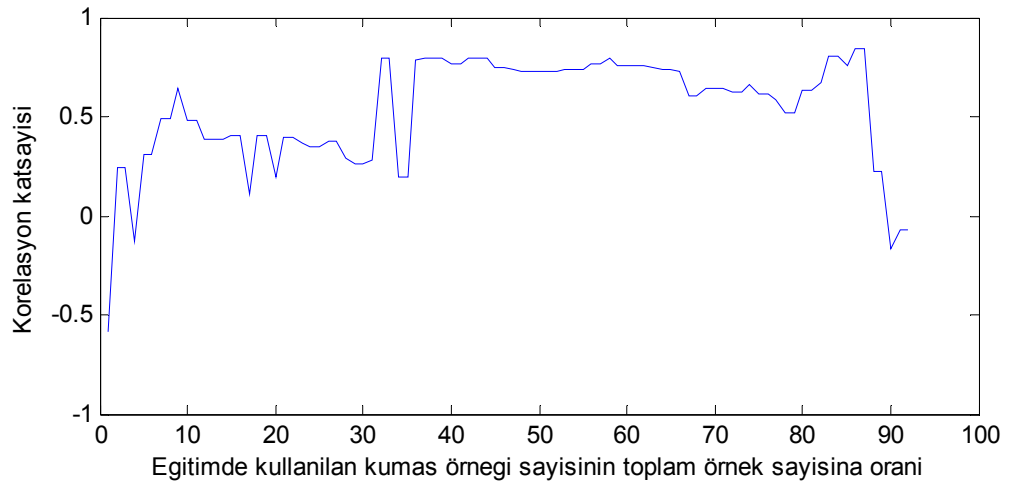
Numune No	Objektif Büzülme Derecesi	Subjektif Büzülme Derecesi	Mutlak Hata
A1	-	3	-
A2	2,8347	2	0,8347
A3	2,5724	3	0,4276
A4	2,4797	3	0,5203
B1	3,1779	3	0,1779
B2	-	3	-
B3	1,9161	2	0,0839
B4	-	3	-
B5	-	2	-
B6	3,0012	3	0,0012
C1	-	3	-
D2	-	2	-
D3	-	2	-
E1	-	3	-
E2	2,9478	3	0,0522
F1	3,2677	4	0,7323
F2	-	4	-
M1	-	5	-
M2	4,3460	5	0,6540
M3	4,5539	5	0,4461
M4	4,5548	5	0,4452
A5-Ö	2,1072	2	0,1072
A5-S	-	2	-
B7-Ö	2,6352	2	0,6352
B7-S	2,2013	2	0,2013
B8-Ö	-	2	-
B8-S	2,1743	2	0,1743
B9-Ö	2,2770	3	0,7230
B9-S	-	2	-
C2-Ö	2,5723	3	0,4277
C2-S	2,5212	3	0,4788
C3-Ö	2,0215	2	0,0215
C3-S	2,0511	2	0,0511
C4-Ö	2,1652	2	0,1652
C4-S	2,1012	2	0,1012
C5-Ö	-	3	-
C5-S	-	3	-
C6-S	2,0531	2	0,0531
D4-Ö	1,9162	1	0,9162
D4-S	2,8261	1	1,8261
D5-Ö	2,0547	2	0,0547
D5-S	2,0299	2	0,0299
D6-Ö	-	2	-
D6-S	-	1	-
D7-Ö	2,2825	2	0,2825
D7-S	-	2	-
E3-S	3,0471	3	0,0471
E4-Ö	3,0087	3	0,0087
E4-S	2,9134	3	0,0866
E5-Ö	2,2598	3	0,7402
E5-S	-	2	-
E6-Ö	-	2	-
E6-S	-	2	-
E7-Ö	2,2015	2	0,2015
E7-S	2,3291	2	0,3291
F3-Ö	3,4010	3	0,4010
F3-S	3,4662	3	0,4662
F4-Ö	-	4	-
F4-S	2,4440	4	1,5560
F5-Ö	-	3	-
F5-S	-	3	-
F6-Ö	-	4	-
F6-S	2,6039	4	1,3961

Bu yöntemde, 63 kumaş numunesine ait değerlerden 25'i vektör destek makinesinin eğitilmesinde kullanılmış, diğer 38'i ise kumaş numunelerine ait objektif dikiş büzülmesi değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Buna göre elde edilen değerler Çizelge 3.6'da verilmiştir. Eğitimde kullanılan kumaş örneklerine ait objektif büzülme dereceleri hesaplanmamıştır. Verilen objektif ve subjektif değerler arasındaki mutlak hataların ortalaması 0.42 olarak bulunmuştur. Destek vektör makinesi yöntemine ait korelasyon katsayısı ise 0.79 olarak elde edilmiştir.

Sistemi eğitmede kullanılan kumaş örneklerinin sayısına bağlı olarak mutlak hata ortalaması ve korelasyon katsayısı farklı değerler almaktadır. Kullanılan kumaş örneği sayısının toplam kumaş sayısına oranına bağlı olarak elde edilen değişim grafikleri Şekil 3.10 ve 3.11'de verilmiştir.



**Şekil 3.10.** Mutlak hata ortalamasının eğitimde kullanılan örnek sayısına bağlı değişimi



**Şekil 3.11.** Korelasyon katsayısının eğitimde kullanılan örnek sayısına bağlı değişimi



#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kumaşlarda dikiş büzülmelerinin optoelektronik yöntemle algılanması için bir deney düzeneği geliştirilmiş ve bir değerlendirme yöntemi önerilmiştir.

Geliştirilen deney düzeneğinde, lazer ışınının kumaş yüzeyinden yansımaları, saçılması ve emilimi araştırılmıştır. 650nm lazer spektrumu için kumaş yüzeyinde lazer ışınının dağılımı araştırılmıştır. Lazer ışın lekelerinin ebatlarının, kumaşın doku yapısına, rengine ve kullanılan ipin tipine göre değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Kumaş yüzeyine odaklanan çizgisel lazer ışını, kumaş yüzeyinde genişleyerek saçılım göstermektedir. Saçılmanın ölçüm sonuçlarına etkisini azaltmak amacıyla yeni bir merkezleme yöntemi geliştirilmiştir.

Büzülmelerin algılanması için gerekli parametrelere sahip çizgi lazer geliştirme yöntemi ele alınmıştır. Geometrik model geliştirilmiş ve analiz için gerekli denklemler elde edilmiştir.

Lazer ışın şiddetinin algılanma olayına etkisi araştırılmıştır. Farklı lazer akımları için kumaş yüzeylerinde ışın dağılımı araştırılmış ve ışın şiddetleri normalize edilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Araştırmalar göstermektedir ki, lazer akımı artınca saçılma miktarı da artmaktadır. Geliştirilen lazer çizgisi merkezleme yöntemi ile akıma bağlı saçılmaların ölçüm sonuçlarına etkisi azaltılmıştır.

Lazer akımının kararsızlığının etkisi araştırılmıştır. Lazer akımının %5 kadar değişimi lazer ışın lekelerinin %3 genişlemesine neden olmaktadır. Bu etkileri azaltmak için lazer ışın gücünü sabit tutan bir devre geliştirilmiştir. Optik geribeslemeli işlemsel kuvvetlendiricili ve güç sürücü tranzistörlü devre ile lazer sürülmüştür.

Optik kanalda oluşan hataların etkisini azaltmak için bir kalibrasyon yöntemi önerilmiş, düzenekten elde edilen verilerin değerlendirilmesi için bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Tasarlanan ölçüm ve değerlendirme sistemi kullanılarak 63 farklı kumaş yüzeyi 1mm aralıklarla taranarak kumaş yüzeylerine ait üç boyutlu modeller oluşturulmuş, üç boyutlu modellerden elde edilen veriler kullanılarak kumaş yüzeylerinde oluşan kısalma yüzdeleri hesaplanmıştır.

Kumaş kısalma yüzdeleri her bir tarama çizgisinde farklı değerlere sahiptir. Kısalma yüzdeleri dikiş çizgisi boyunca minimum olmakta, dikiş çizgisine yakın hatlarda maksimum değere ulaşmakta ve kumaşın kenarlarına doğru her bir kumaşta farklı değişimler göstermektedir. Bu değişimlerin kumaşın platforma yerleştirilmesi esnasındaki fiziksel etkilere bağlı olduğu düşünülmüş ve kısalma yüzdelerinin hesaplanmasında dikkate alınmamıştır. Her bir kumaş yüzeyi için 6cm'lik bölgede yapılan 61 taramanın 21. ila 41. taramalar arasındaki 2cm'lik bölümü dikkate alınarak kumaşlara ait ortalama kısalma yüzdeleri hesaplanmış, subjektif büzülme değerlerine bağlı değişimleri grafik olarak verilmiştir. Yapılan incelemelerde kumaş kısalma yüzdelerinin, kumaş büzülme dereceleri ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Büzülme derecesi yüksek olan (5. derece, az büzülmüş) kumaşların kısalma yüzdeleri az olmaktadır. Benzer şekilde büzülme derecesi düşük olan (1. derece, çok büzülmüş) kumaşlarda kısalma yüzdesi daha fazla olmaktadır.

Kumaş yüzeylerine ait üç boyutlu modellerin incelenmesi sonucu, kumaşların kenar hatlarındaki dalgalanmaların daha büyük genlikli ve daha düşük frekanslı olduğu, merkeze doğru ilerledikçe dalgalanmaların frekansının arttığı ve genliklerinin düştüğü görülmüştür. Kumaş yüzeyinde oluşan dalgalanmalar tarama hatları boyunca bir boyutlu Fourier dönüşümlerine tabi tutularak frekans spektrumu karakteristikleri incelenmiştir. Kumaş yüzeyindeki yüksek frekanslı dalgalanmaların (%50 frekans eşiği kullanarak) genlikleri toplamının, tüm dalgalanmalarının genlikleri toplamına oranının değişimi incelenmiştir. Bu oranın kumaşın kenar hatlarında düşük olduğu, merkeze doğru yaklaştıkça arttığı ve merkezde maksimum olduğu görülmüştür.

Kumaş yüzeyindeki yüksek frekanslı dalgalanmaların genlikleri toplamının, tüm dalgalanmalarının genlikleri toplamına oranlarına ait ortalama, varyans ve maksimum değerleri hesaplanmış, ayrıca kumaş yüzeylerinin üç boyutlu modelleri yardımıyla, kumaş yüzeyi ortalama yüksekliği, ortanca (medyan) yükseklik, maksimum ve minimum yükseklik değerleri, kumaş büzülmelerinin objektif değerlendirilmesinde kullanılabilecek sayısal değerler olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sayısal değerler ile kumaşlara ait subjektif dikiş büzülmesi değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için lineer regresyon analizi ve destek vektör makinesi yöntemi kullanılmıştır. Dikiş büzülmelerine ait objektif değerlendirme değerleri elde edilmiş ve subjektif değerlerle anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

Lineer regresyon analizi kullanılarak elde edilen objektif değerlendirme sonuçlarında dikiş büzülme değerleri 0.54 ortalama mutlak hata ile tahmin edilebilmiş, 0.73 korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Destek vektör makinesi yöntemi ile elde edilen objektif değerlendirmede 0.42 ortalama mutlak hata oluşmuş, 0.79 korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Destek vektör makinesi yönteminde, lineer regresyon analizine olduğu gibi tüm kumaş örneklerine ait veriler kullanılmamasına rağmen daha yüksek bir başarımla elde edilmiştir. Elde edilen başarımda kumaş örneklerinin 25'i vektör destek makinesinin eğitilmesinde kullanılmış, diğer 38'i ise kumaş numunelerine ait objektif dikiş büzülmesi değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Kullanılan kumaş örneği sayısının artırılmasıyla elde edilebilecek ortalama mutlak hata değerinin azaldığı ve korelasyon katsayısının arttığı görülmüş, sonuçlar grafikler halinde verilmiştir. Kumaş örneği sayısının artırılarak daha yüksek başarımla değerlerine ulaşılabileceği görülmüştür.

Daha önceki çalışmalar incelendiğinde, klasik ışıklandırma sistemi ve kamera kullanılarak dikiş büzülmesinin ölçümü için yapılan çalışmalarda, ortam ışığının etkisi, ışık kaynağının sabit aydınlatmaması gibi sorunlarla karşılaşmıştır (Fan ve ark. 1999, Stylios 2004). Bu sorunlar özellikle dikiş büzülmesinin ölçüm sonuçlarının doğrulukla tekrar elde edilebilme konusunda problem yaratmıştır. Bunun yanında özellikle farklı örgülere sahip kumaşların dikiş büzülmesinin ölçümünde de sorunlar yaşanmıştır (Fan

ve ark. 1999). Renk desenli, baskılı kumaşların dikiş büzülmesinin ölçümü, klasik ışıklandırma şartları ile oluşturulan ölçme düzenekleri ile gerçekleştirilememektedir. Bunun nedeni her farklı desen için dikiş büzülmesi değerlendirme prosedürünün değişme zorunluluğudur. Bu çalışmada bu sorunları çözmek amacıyla, kumaşın renk, desen ve ebatlarından bağımsız bir ölçüm ve değerlendirme sistemi geliştirilmiş, düşük maliyetli ve hızlı değerlendirme imkanı sağlanmıştır.

Lazerli tarama sistemi kullanan daha önceki çalışmalarda (Park ve ark. 1997, Su ve ark. 2004) benzer ölçümler yapılmış ancak bu ölçümlerde tüm yüzey taranarak, elde edilen verilerin hepsi kullanılmıştır. Bu durumda büzülmelere ait ortalama değerler elde edilmiştir. Bu değerler ise incelenen kumaş yüzeyinin büyüklüğüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu çalışmada, kumaş kısalma oranlarının hesaplanmasında kumaş yüzeyine ait verilerin tamamı yerine dikiş çizgisine yakın hatlar boyunca 2cm'lik bölgede incelemenin yapılmasının yeterli olduğu bulunmuştur.

Çalışmada, kumaş yüzeyinden hesaplanan sayısal değerler ile kumaşlara ait subjektif dikiş büzülmesi değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için kullanılan destek vektör makinesi yöntemiyle hesaplanan objektif büzülme değerlerinde %71 oranında doğru tahminde bulunulmuştur. Daha önce yapılan benzer çalışmalarda diskriminant analiz (Inui ve ark. 1992) ve yapay sinir ağları yöntemleri (Barret ve ark. 1996, Stylios 1996, Park ve ark. 1997) kullanılarak farklı doğru tahmin oranları elde edilmiştir.

İleriki çalışmalarda kumaşların farklı spektrumlu monokromatik ve kvazimonokromatik ışıklarda araştırılması ve büzülmenin algılanması için taşınabilir cihaz tasarımı yapılabilir. Dikiş işlemi yapılacak kumaşlar için kullanılacak kalibrasyon eğrileri hesaplanarak bir veri tabanı elde edilebilir. Ölçüm sonuçlarına bağlı olarak dikiş büzülmesi üzerinde etkili dikiş makinesi parametreleri, dikiş büzülmesini en aza indirecek şekilde gerçek zamanlı olarak ayarlanabilir. Geliştirilen yöntem ve algılama prensipleri, ileriki çalışmalarda, metal yüzeylerinin, granit, fayans, seramik ve kompozit malzemelerin üzerinde yüzey pürüzlüğünün, bozuklukların, dalgalanmaların algılanmasıyla ilgili araştırmalarda kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- AATCC 88B. 2001. Smoothness of Seams in Fabrics after Repeated Home Laundering, AATCC Technical Manual.
- AMIRBAYAT, J.M., J. ALAGHA. 1996. Objective assessment of wrinkle recovery by means of laser triangulation. *J Text Inst*, 87(2):349-355.
- ANONİM. 1998. İplik ve Dikiş Teknolojisi. Coats (Türkiye) İplik Sanayi A.Ş. 182 s.
- ANONİM. 2003. AATCC Test Method 88B. Smoothness of Seams in Fabrics after Repeated Home Laundering, AATCC Technical Manual, p. 114-117.
- BARRET, G.R., T.G. CLAPP, K.J. TITUS. 1996. An On-Line Fabric Classification Technique Using a Wavelet-Based Neural Network Approach. *Textile Research Journal*, 66(8):521-528.
- BERALDIN, J.A., F. BLAIS, L. COURNOYER, G. GODIN, M. RIOUX, J. TAYLOR. 2003. Active 3D Sensing. The e-Way into the Four Dimensions of Cultural Heritage Congress. Vienna, Austria, 8-12 April 2003. NRC (National Research Council of Canada). Report 46495.
- BERTOLDI, A.M., D.L. MUNDEN. 1974. The effects of sewing variables on fabric pucker. *Cloth Res J*, 2(1):68.
- BURGES, J.C., 1998. A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition. *Data Mining and Knowledge Discovery* 2:121-167.
- CARR, H., B. LATHAM. 1988. *The Technology of Clothing Manufacture*. Blackwell Scientific. London, p. 13-35.
- FAN, J., C.L.P. HUI, D. LU, J.M.K. MACALPINE. 1999. Towards the Objective Evaluation of Garment Appearance. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(2/3): 151-159.
- FAN, J., F. LIU. 2000, Objective Evaluation of Garment Seams Using 3D Laser Scanning Technology. *Textile Research Journal*, 70(11): 1025-1030.
- FAN, J., W. YU, L. HUNTER. 2004. *Clothing Appearance and Fit: Science and Technology*, CRC Press, Washington DC, 239 p.
- FREEMAN, J.A., D.M. SKAPURA. 1992. *Neural Networks Algorithms, Applications and Programming Techniques*, Addison-Wesley, New York.
- GÅSVIK, K.J. 2002. *Optical Metrology*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, England, 360p.
- HALIOUA, M., P. JEFFERSON. 1986. Apparatus and Method for Projection Moire Topography,. New York Institute of Technology Old Westbury N.Y., United States Patent[19], Patent number:4564295.

- JIS L1905. 1994. Methods for Assessing the Appearance of Seam Pucker on Textiles, Japanese Standards Association.
- KANG, T.J., C.K. PARK, J.Y. LEE. 1999. Evaluation of Seam Pucker Using Fractal Geometry. *Journal of the Textile Institute*, 90(4):621.
- KANG, T.J., J.Y. LEE. 2000. Objective evaluation of fabric wrinkles and seam puckers using fractal geometry. *Text Res J*, 70(6):469-475.
- KANG, T.J., S.C. KIM, I.H. SUI, J.R. YOUN, K. CHUNG. 2005. Fabric Surface Roughness Evaluation Using Wavelet-Fractal Method(part I). *Textile Research Journal*, 75(11):751-760.
- KAWABATA, S., M. MORI, M. NIWA. 1997. An Experiment on Human Sensory Measurement and Its Objective Measurement; Case of the Measurement of Seam Pucker Level. *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol.9:203-206.
- KIM, E.H. 1999. Objective evaluation of wrinkle recovery. *Text Res J*, 69(11):860-865.
- KORKMAZ, H.C. 2007. Bazı Kumaş Parametrelerinin Dikiş Büzülmesine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Uludağ Üniversitesi, Bursa, 145s.
- LANZARA, R.G. 1994. Weber's Law Modeled by the Mathematical Description of a Beam Balance. *Mathematical Biosciences*, 122:89-94.
- MERİÇ, B., A. GÜRARDA. 2001. Dikiş Büzülmesinin Ölçülmesinde Objektif Yaklaşımlar (1). *Konfeksiyon & Teknik*, Mayıs:80-82.
- MORI, T., J. KOMIYAMA. 2002. Evaluating wrinkled fabrics with image analysis and neural networks. *Text Res J*, 72(5) 417.
- MUSA, E. 2008. Optoelektronik Teori ve Uygulamalar. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Ankara. 592s.
- MUSA, E. 2009. Line Laser-Based Break Sensor that Detects Light Spots on Yarns. *Optics and Lasers in Engineering*, 47(7-8):741-746.
- MUSA, E., M. DEMİRER. 2010. Laser-Based Light Barrier Having a Rectangular Detection Area. *Optics and Lasers in Engineering*, 48(4):435-440.
- MUSAYEV, E. 2007. Laser-Based Large Detection Area Speed Measurement Methods and Systems. *Optics and Lasers in Engineering*, 45(11):1049-1054
- OĞUZLAR, A., 2007. İstatiksel Veri Analizi 1. Ezgi Kitabevi Yayınları, Bursa, s.161.
- OPPENHEIM A.V., R.W. SCHAFER. 1999. *Discrete-Time Signal Processing*, 2nd Ed., Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.
- ÖNGÜT, Ç.E. 2007. Türk Tekstil ve Hazır Giyim Sanayinin Değişen Dünya Rekabet Şartlarına Uyumu. Uzmanlık Tezi. Devlet Planlama Teşkilatı.
- PANG, Y.T., 2000. A Study on the Evaluation of Seam Pucker in Garments, MA Dissertation, The Hong Kong Polytechnic University.
- PARK, C.K., D.H. LEE. 1997. A New Evaluation of Seam Pucker and Its Applications. *Int. Journal of Clothing Science and Technology*, 9(3):252-255.

- PARK, C.K., T.J., KANG, 1997. Objective rating of seam pucker using neural networks. *Text Res J*, 67(7): 494-502.
- PEITGEN, H.O., H. JURGEN, D. SAUPE. 1992. *Fractals for the classroom, part one, introduction to fractals and chaos*. New York, Springer-Verlag.
- PROAKIS J.G., D.G. MANOLAKIS. 2007. *Digital Signal Processing, Principles, Algorithms and Applications*, 4th Ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- RAMGULAM, R.B., J. AMIRBAYAT, I. PORAT. 1993. Measurement of fabric roughness by a noncontact method. *J Text Inst*, 84(1):99-106.
- SHIGERU, I., S. ATSUO. 1992. Objective Evaluation of Seam Pucker Using Automated Contactless Measurement Technology. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 4(5): 24-34.
- SHILOH, M., A. GRILL. 1966. The evaluation of wrinkles in textile fabrics. *Text Res J*, 36(10):924.
- SHILOH, M. 1970. The effect of fabric structure on wrinkling, studies in modern fabrics. *Text Inst*, 61:14.
- STYLIOS, G.K. 2004. New Measurement Technologies for Textile and Clothing, *Proceedings of 2nd International Textile, Clothing & Design Conference*, Dragcevic, Z. (Editor), Dubrovnik, p.3-12.
- SU, J., B. XU. 1999. Fabric Wrinkle Evaluation Using Laser Triangulation and Neural Network Classifier. *Optical Engineering*, 38(10):1688-1693.
- SU, Z., J. HAN, M. YANG, M. MATSUDIRA. 2004. Objective Evaluation Method for Appearance of Fabric Wrinkling by the CCD Laser Light Measuring System. *Bulletin of the Faculty of Education, Kanazawa University. Natural Science*, 53:21-30.
- SUN, H. 1998. Standardization of the definition and measurement of the line length and fan angle of laser line generators. *Applied Optics*, 37(21):4862-4866.
- SUN, W. 2006. *A 3-D Scanning Laser Imaging System*. PhD Dissertation, University of Houston, 147p.
- SÜVARI, F. 2008. Farklı Kumaş Yapılarında Dikiş Büzülmesinin Objektif Ölçümü ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 83s.
- WEBB, C.E., J.D.C. JONES. 2004. *Handbook of Laser Technology and Applications*, IOP Publishing Ltd, Bristol, 2725p.
- XU, B., J.A. REED. 1995. Instrumental evaluation of fabric wrinkle recovery. *J Text Inst*, 86(1):129-135.
- XU, B., D.F. CUMINATO, N.M. KEYES. 1998. Evaluation of Fabric Smoothness Appearance Using A Laser Profilometer. *Textile Research Journal*, 68(12):900-906.

## EK1 – ÖLÇÜM DÜZENEĞİ KOTROL PROGRAMI

```
clear all
dio = digitalio('parallel','LPT1');
data1 = addline(dio,0:7,0,'out'); %Pin 2-9
%data2 = addline(dio,0,2,'out'); %Pin 1
%data3 = addline(dio,1,2,'out'); %Pin 14
ses_dosya_birler = ['01.wav'; '02.wav'; '03.wav'; '04.wav'
                   '05.wav'; '06.wav'; '07.wav'; '08.wav'
                   '09.wav']; %ses dosyaları

ses_dosya_onlar = ['10.wav'; '20.wav'; '30.wav'
                  '40.wav'; '50.wav'; '60.wav']; %ses dosyaları

pause(1); %1sn bekle
[y, Fs, nbits] = wavread('ucbucuk.wav');
sound(y,Fs)
pause(2.5); %2.5sn bekle
a=0; %0:geri 2:ileri
for k=1:35 %35*1.016mm geri git
    for i=1:24 %1.016mm'lik adım (2362 adım=9.9991cm)
        d=1+a;
        putvalue(data1,d);
        d=0+a;
        putvalue(data1,d);
    end
end
[y, Fs, nbits] = wavread('beep-7.wav');
sound(y,Fs)
pause(1); %1sn bekle
[y, Fs, nbits] = wavread('yarim.wav');
sound(y,Fs)
pause(2.5); %2.5sn bekle

a=2; %0:geri 2:ileri
for k=1:5 %5*1.016mm ileri git (çekim başlangıç poz.)
    for i=1:24 %1.016mm'lik adım
        d=1+a;
        putvalue(data1,d);
        d=0+a;
        putvalue(data1,d);
    end
end
[y, Fs, nbits] = wavread('beep-7.wav');
sound(y,Fs)
pause(1); %1sn bekle ve fotoğraf çekimine başla
robot = java.awt.Robot;

a=2; %0:geri 2:ileri
for k=1:61
    PosOnEntry=get(0,'PointerLocation');
    set(0,'PointerLocation',[1022 33]) %kamera buton pozisyonu
    robot.mousePress(java.awt.event.InputEvent.BUTTON1_MASK); %click
    robot.mouseRelease(java.awt.event.InputEvent.BUTTON1_MASK);
    set(0,'PointerLocation',PosOnEntry);
```



```

[y, Fs, nbits] = wavread('foto.wav');
sound(y,Fs)
pause(0.8);
if floor(k./10)~=0
    [y, Fs, nbits] = wavread(ses_dosya_onlar(floor(k./10),:));
    sound(y,Fs)
    pause(0.8);
end
if rem(k,10)~=0
    [y, Fs, nbits] = wavread(ses_dosya_birler(rem(k,10),:));
    sound(y,Fs)
    pause(0.8);
end
[y, Fs, nbits] = wavread('cekildi.wav');
sound(y,Fs)
if floor(k./10)==0 || rem(k,10)==0
    pause(1);
end
pause(2);
if k~=61
    for i=1:24
        d=1+a;
        putvalue(data1,d);
        d=0+a;
        putvalue(data1,d);
    end
end
end

[y, Fs, nbits] = wavread('bitti.wav');
sound(y,Fs)
pause(1)
[y, Fs, nbits] = wavread('beep-7.wav');
sound(y,Fs)
pause(0.2)
sound(y,Fs)
pause(0.2)
sound(y,Fs)
pause(0.2)
a=0; %0:geri 2:ileri
for k=1:35 %35*1.016mm geri git
    for i=1:24 %1.016mm'lik adım (2362 adım=9.9991cm)
        d=1+a;
        putvalue(data1,d);
        d=0+a;
        putvalue(data1,d);
    end
end
a=2; %0:geri 2:ileri
for k=1:5 %5*1.016mm ileri git (çekim başlangıç
pozisyonu)
    for i=1:24 %1.016mm'lik adım
        d=1+a;
        putvalue(data1,d);
        d=0+a;
        putvalue(data1,d);
    end
end
end

```

**EK2 – KALİBRASYON PROGRAMI**

```

clc, clear all, close all

kal_gor_sat = ['Img0722sat.bmp']; %satırların kalibrasyonu için
kal_gor_sut = ['Img0722sut.bmp']; %sütunların kalibrasyonu için
yukseklkler = [15 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0]; %kalibrasyon yüksek(mm)
genislikler = [-1 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
151]; %kalibrasyon görüntü genişlikleri (mm)

A=imread(kal_gor_sat);
satirno=zeros(length(yukseklkler),length(A));

for j=1:length(A)
    k=1;
    for i=1:length(A(:,1,1))
        if A(i,j,1)==255
            satirno(k,j)=i;
            k=k+1;
        end
    end
end

A=imread(kal_gor_sut);
sutunno=zeros(max(max(satirno))-
min(min(satirno))+1,length(genislikler));

for i=min(min(satirno)):max(max(satirno))
    k=1;
    for j=1:length(A)
        if A(i,j,1)==255
            sutunno(i,k)=j;
            k=k+1;
        end
    end
end

A=imread('Img0722.jpg');
figure, image(A), hold on

for i=1:length(yukseklkler)
    plot (satirno(i,:))
end

for i=1:length(genislikler)
    plot
    (sutunno(min(min(satirno)):max(max(satirno)),i),min(min(satirno)):max(
max(satirno)))
end

xlswrite('d.xls', sutunno, 'sutunno', 'A1');
xlswrite('d.xls', satirno, 'satirno', 'A1');
xlswrite('d.xls', yukseklkler, 'yukseklkler', 'A1');
xlswrite('d.xls', genislikler, 'genislikler', 'A1');

```

```
yukseklkler = xlsread('d.xls', 'yukseklkler'); %kalibrasyon
görüntü yüksesklkleri
satirno = xlsread('d.xls', 'satirno'); %yüksesklklere
karşılık gelen satır numaraları

yukseklk_matris=zeros(2000,3008);

for j=1:3008
    yukseklk_matris(:,j)=interp1(satirno(:,j),yukseklkler',1:2000);
end

genislikler = xlsread('d.xls', 'genislikler'); %kalibrasyon
görüntü genislikleri
sutunno = xlsread('d.xls', 'sutunno'); %genişliklere
karşılık gelen sütun numaraları

genislik_matris=zeros(2000,3008);

for i=min(min(satirno)):max(max(satirno))
    genislik_matris(i,:)=interp1(sutunno(:,i),genislikler',1:3008);
end

pozisyonlar=zeros(2000,3008,2);
pozisyonlar(:,:,1)=genislik_matris;
pozisyonlar(:,:,2)=yukseklk_matris;
save('pozisyonlar.mat', 'pozisyonlar')
```

### EK3 – LAZER ÇİZGİ MERKEZİNİN BULUNMASI İÇİN PROGRAM

```

clc, clear all, close all
kal_gor_yuk = xlsread('d.xls', 'yukseklkler'); %kalibrasyon
                                                %yükseklikleri
d = xlsread('d.xls', 'satirlar'); %yüksekliklere karşılık gelen
                                   %satır numaraları

[ndata, gor_isim]=xlsread('d.xls', 'goruntuler');%ölçümü yapılacak
                                                %görüntü isimleri

for g=1:length(gor_isim)
    A=imread(char(gor_isim(g)));
    A=A(650:1000,200:end,:);
    BW = im2bw(A,0.3);
    [maks satir_no]=max(BW);
    satir_no=smooth(satir_no+(sum(BW)./2-1),10);

    for i=1:length(satir_no)
        yukseklik(i,g)=1.074*interp1(d(:,i),kal_gor_yuk',satir_no(i));
    end
    figure, image(A)
    hold on
    plot (satir_no)
end

```

## EK4 – KUMAŞ YÜZEY VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ İÇİN PROGRAM

```

clc, clear all, close all
load pozisyonlar4.mat
satirno = xlsread('d4.xls', 'satirno');
[ndata, görüntuler]=xlsread('d4.xls', 'görüntuler');%ölçümü yapılacak
görüntü isimleri
for kumas_no=7:8
gor_isim=görüntuler(1:61,kumas_no);
clear A, clear satir_no, clear x*, clear y*;
for g=1:length(gor_isim)
g_isim=strcat(char(gor_isim(g)), '.jpg');
A=imread(g_isim);
xx=1.2;yy=0.2;
B(:, :, 1)=A(:, :, 1)-(A(:, :, 2)+A(:, :, 3))./xx;
B(1:min(min(satirno)), :, 1)=0;
B(max(max(satirno))+50:end, :, 1)=0;
B(:, :, 2)=0;
B(:, :, 3)=0;
B=255/max(max(max(B)))*B;
BW = im2bw(B,yy); %imshow(BW), hold on, plot(satirno)
[maks satir_no]=max(BW);
satir_no=smooth(satir_no+(sum(BW)./2-1),20);

set(figure, 'units', 'normalized', 'outerposition', [0 0 1 1]);
subplot(2,1,1)
image(A(860:1200, :, :))
hold on
plot (satir_no-859)

for i=1:length(satir_no)
f=floor(satir_no(i));
x0(i)=pozisyonlar(f,i,1);
x1(i)=pozisyonlar(f+1,i,1);
y0(i)=pozisyonlar(f,i,2);
y1(i)=pozisyonlar(f+1,i,2);
end

[a b]=min(x0);
[c d]=max(x0);

for i=b:d
f=floor(satir_no(i));
x2(i-b+1)=interp1([f f+1], [x0(i) x1(i)], satir_no(i));
end

for i=b:d
f=floor(satir_no(i));
y2(i-b+1)=interp1([f f+1], [y0(i) y1(i)], satir_no(i));
end

fN=find(x2>=-0.5 & x2<=150.5);
x=0:0.05:150;

```

```
y=interp1(x2(fN),y2(fN),x);
yg(g,:)=smooth(y,30);
clear x0, clear x1, clear x2, clear y0, clear y1, clear y2;

h2=subplot(2,1,2);
plot(x,yg(g,:))
axis(h2,[0 150 0 7]);
end
gor1=char(gor_isim(1));
gor2=char(gor_isim(end));
buzulme_derecesi=ndata(64,kumas_no);
save(strcat('(',int2str(buzulme_derecesi),')','Kumas',int2str(kumas_no)
),'.mat'),'yg');
pause(3), close all
end
```

**EK5 – KUMAŞ KISALMA ORANLARININ HESABI İÇİN PROGRAM**

```

clc, close all, clear all

[derece, mat]=xlsread('d.xls', 'mat');
[dsf, kumasisim]=xlsread('d.xls', 'kumasisim');

for g=1:length(derece)
    mat_isim=strcat(char(mat(g)), '.mat');
    load(mat_isim);

    top=zeros(1,61);
    for j=1:61
        for i=2:3001
            top(j)=top(j)+sqrt((yg(j,i)-yg(j,i-1)).^2+0.0025);
        end
    end
    top=(top-150)./1.5;
    ort_kisalma(1,g)=mean(top(21:41));
    figure, plot(top, '.'), hold on, plot(top)
    axis tight
    grid
    xlabel('Tarama örnekleri');
    ylabel('Kumasta oluşan kılma (%)');
    title(strcat('Kumas No:',char(kumasisim(g)), '          Büzülme
derecesi:',int2str(derece(g))))
end
save ort_kisalma

```

## EK6 – REGRESYON ANALİZİ İÇİN PROGRAM

```

clc; clear all;

[derece, mat]=xlsread('d.xls', 'mat');

for g=1:length(derece)
    mat_isim=strcat(char(mat(g)), '.mat');
    load(mat_isim);

    data=yg;

    data=data-min(min(data));

    % input : vec
    % N : fft resolution : 2048 * 4
    % D : division factor for fft spectrum : 80
    % T : Frequency threshold [0 - 1] : 0.5
    N=2048 * 4;
    D=80;
    T=0.5;

    [m, n]= size(data);
    for sat=1:m
        vec=data(sat,:);
        [fout, fftvec, fftvec3]=HarmonikAnalizi01(vec, N, D, T);
        featureVec(sat)=fout;
    end

    datavector=reshape(data,1,m*n);

    top=zeros(1,61);
    for j=1:61
        for i=2:3001
            top(j)=top(j)+sqrt((yg(j,i)-yg(j,i-1)).^2+0.0025);
        end
    end
    top=(top-150)./1.5;

    featureMat(g,1)=mean(featureVec);
    featureMat(g,2)=var(featureVec);
    featureMat(g,3)=max(featureVec);
    featureMat(g,4)=mean(datavector);
    featureMat(g,5)=median(datavector);
    featureMat(g,6)=max(mean(data));
    featureMat(g,7)=min(mean(data));
    featureMat(g,8)=median(mean(data));
    featureMat(g,9)=mean(top(21:41));
end

save('featureMat','featureMat');
save('derece','derece');

```



```

function [fout, fftvec, fftvec3]=HarmonikAnalizi01(vec, N, D, T)
% input : vec
% N : fft resolution : 2048 * 4
% D : division factor for fft spectrum : 80
% T : Frequency threshold [0 - 1] : 0.5

%N=2048*4;
%vec=yg(1,:);

vec=vec-mean(vec);
vec=vec/max(vec);

fftvec=(abs(fft(vec,N)));

fftvec2=fftvec(1,1:round(N/2));
%D=80;
N2=round(N/D);

fftvec3=fftvec2(1,1:N2);
%T=0.50;
%N2
N2a=round(T*N2);

VecA= fftvec3(1:N2a);
VecB= fftvec3(N2a+1:N2);

Sum0 = sum (fftvec3);
Sum1 = sum (VecA);
Sum2 = sum (VecB);

fout=round(100*(Sum2/Sum0));

% SVMBOX - LIBSVM Regression
%

disp('SVM Box');
disp(' ');

% [ PART 1 ]

% [ Feature Extraction ]

%rate =0.5; % 0.5 : half train, half test

%load data
% [y , X ] -->> V
% Vy % target values
% VX % data

% -----

% [ Apply Scaling ]

```

```

[Ni, Nf]=size(VX);
Ntrain=floor(Ni*trate);

% randomly mix the vectors
skip=1;
if skip==0
index=round( rand(1,Ni)*(Ni-1) )+1;
for i=1:Ni

    j=index(i);
    tmp=VX(i,:);
    VX(i,:)=VX(j,:);
    VX(j,:)=tmp;

end
end

tmpV1=VX;

disp('scale');

% SCALE [-1, 1]
for i=1:Nf
    M1=max(max(VX(:,i)));
    Max(i)=max(M1);

    M1=min(min(VX(:,i)));
    Min(i)=min(M1);

    L=(Max(i)-Min(i))/2;

    tmpV1(:,i)=-1+(tmpV1(:,i)-Min(i))/L;
end

%max(max(tmpV1))
%min(min(tmpV1))
disp('ok');
clear VX;

system('del train.dat');
system('del test.dat');

% [ Create LIBSVM sparse data files ]

% for training set
VX_train=tmpV1(1:Ntrain,:);
Vy_train=Vy(1:Ntrain,:);
[m n]=size(VX_train);
F=[VX_train]; % scaled data to sparse formation
classno=Vy_train;
write_sparse2reg(F,classno,'train.dat');

% for test set
VX_test=tmpV1(Ntrain+1:Ni,:);
Vy_test=Vy(Ntrain+1:Ni,:);
[m n]=size(VX_test);

```

```

F=[VX_test];
classno=Vy_test;
write_sparse2(F,classno,'test.dat');

% read sparse vectors

[svm_lbl1, svm_data1] = read_sparse('train.dat');
[svm_lbl2, svm_data2] = read_sparse('test.dat');

% [ PART 2 ]

% [ Training Part ]

% GRID SEARCH
y=0;
step=4;
cind=[-15:step:15];
gind=[-15:step:3];

for ci=-15:step:15
    y=y+1;
    x=0;
    for gi=-15:step:3
        x=x+1;
        s=sprintf('-c %f -g %f -v 5 -s 3 -p 0.02',2^ci,2^gi);
        model=svmtrain(svm_lbl1,svm_data1,s);
        space(y,x)=model;
    end
end
[sat sut]=find(space==min(min(space)));

c2=cind(sat(1));
g2=gind(sut(1));
max1=space(sat(1),sut(1));

cind=[c2-(step/2):step/2:c2+(step/2)];
gind=[g2-(step/2):step/2:g2+(step/2)];
y=0;
for ci=c2-(step/2):(step/2):c2+(step/2)
    y=y+1;
    x=0;
    for gi= g2-(step/2):(step/2):g2+(step/2)
        x=x+1;
        s=sprintf('-c %f -g %f -v 5 -s 3 -p 0.02',2^ci,2^gi);
        model=svmtrain(svm_lbl1,svm_data1,s);
        space2(y,x)=model;
    end
end
[sat sut]=find(space2==min(min(space2)));
c2=cind(sat(1));
g2=gind(sut(1));
max2=space2(sat(1),sut(1))

%TRAIN

s=sprintf('-c %f -g %f -s 3 -p 0.02',2^c2,2^g2);
model=svmtrain(svm_lbl1,svm_data1,s);

```

```

%TEST

% epsilon SVR : -s3 -p epsilon
% nu-SVR      : -s4 -n nu

[predicted_label, accuracy, Decision] = svmpredict(svm_lbl2,
svm_data2, model , '-b 0' );

figure; plot(svm_lbl2,Decision,'o'); xlabel('actual');
ylabel('predicted')
s=sprintf('%.2f',corr2(Decision, svm_lbl2)); title(s);

% * SAVE MODEL PARAMETERS
return

save model_d model
save range_d Max Min

% Regression
clc; close all; clear all;

%CreateFeatureMat.m
% DATA
load featureMat
load derece
DATAY=derece;
DATAX=featureMat(:,1:9);

for g=4:98
%Linear regression
    clc
    N=length(DATAY); N2=round(N/2);
    [m n]=size(DATAX);
    X=[ zeros(m,1)+1 , DATAX];
    y=DATAY(1:N2);
    X=X(1:N2,:);
    %[b,bint,r,rint,stats] = regress(y,X);
    [b] = regress(y,X);
    % test for all
    X=[ zeros(m,1)+1 , DATAX];
    Y_linear_est=X*b;

% SVM Regression
    trate =g/100; % 0.5 : half train, half test
    y=DATAY;
    X=DATAX;
    VX=X; % features
    Vy=y; % target value

```

```

% call svm program
SVMBOX_regress
% svm_lbl1 : for training
% svm_lbl2 : for testing

Y_index=length(svm_lbl1)+[1:length(svm_lbl2)];
Y_svm_test=svm_lbl2; % y values used in testing
Y_svm_est=Decision; % corresponding estimates

% compare Y values

[DATAY(Y_index), Y_svm_test, Y_svm_est]

% Comparison
close all
disp('Testing')

Y_test=DATAY(Y_index);
Y_test_linear_est=Y_linear_est(Y_index);

mae1(g)=mean(abs(Y_test-Y_test_linear_est));
s=sprintf('MAE for linear regression = %f',mae1(g)); disp(s)

mae2(g)=mean(abs(Y_test-Y_svm_est));
s=sprintf('MAE for svm regression = %f',mae2(g)); disp(s)

%figure; plot(Y_test, Y_test_linear_est,'o'); title('Linear
Regression')
%figure; plot(Y_test, Y_svm_est,'o'); title('SVM Regression')

disp(' ');
s=sprintf('Corr. coef for linear regression = %f',corr2(Y_test,
Y_test_linear_est)); disp(s)
s=sprintf('Corr. coef for svm regression = %f',corr2(Y_test,
Y_svm_est)); disp(s)

CorLinReg(g)=corr2(Y_test, Y_test_linear_est);
CorSVMReg(g)=corr2(Y_test, Y_svm_est);
end

```

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada ve tım lısanststő oğrenımım boyunca desteğini hep yanımda hissettiğim, karőılaőtıėım sorunlara sabırla çözüm yolları öneren danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Eldar MUSA'ya, tez çalıőmalarımnda gerekli kaynak ve materyalin sağlanmasında yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY'a, değerli tavsiyeleri için Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman Hilmi KOÇAL'a, çalıőmalarımnda desteklerini hep hissettiğim Sayın Prof. Dr. Erdoğan DİLAVEROğLU baőtta olmak üzere tım bölüm hocalarım ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma, çalıőmalarım esnasında sabır, sevgi ve yardımını benden esirgemeyen sevgili eőtım Aylin ALASONYALILAR DEMİRER'e, maddi ve manevi destekleriyle hep yanımda olan değerli ailem Hatice DEMİRER, Hasan DEMİRER, Yiğit DEMİRER, Gülten ALASONYALILAR ve Erdinç ALASONYALILAR'a, dünyaya gelmek için tez çalıőmalarımın bitmesini bekleyen sevgili kızım Pelin'e en içten teőtakkürlerimi sunarım.

## ÖZGEÇMİŞ

Mutlu Demirer, 1978 yılında Balıkesir’de doğdu. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden lisans derecesini aldı. Aynı yıl Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine ve Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2002 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamlayarak aynı yıl doktora öğrenimine başladı. Öğrenimine 2005-2006 yılları arasında ara vererek askerlik görevini yerine getirdi. Anabilim Dalı ve danışman değişikliği nedeniyle Şubat 2008’de “Kumaşlarda Dikiş Büzülmelerinin Optoelektronik Yöntemle Algılanması” isimli doktora tez çalışmalarına başladı. Halen Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

Mutlu Demirer’in araştırma konuları elektronik devreler, optoelektronik ve lazerli sistemlerdir. SCI (Science Citation Index) kapsamındaki dergilerde yayınlanmış 1 uluslararası makalesi, uluslararası sempozyum ve konferanslarda sunulmuş 2 bildirisi ve 3 adet ulusal bildirisi bulunmaktadır.