

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖRÜNTÜ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE KUMAŞ
DÖKÜMLÜLÜĞÜNÜ VE EĞİLME DİRENCİNİ
ÖLÇEN YENİ BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ**

Gülsüm Gökçe PLATTÜRK

Şubat, 2015
İZMİR

GÖRÜNTÜ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE KUMAŞ DÖKÜMLÜLÜĞÜNÜ VE EĞİLME DİRENCİNİ ÖLÇEN YENİ BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

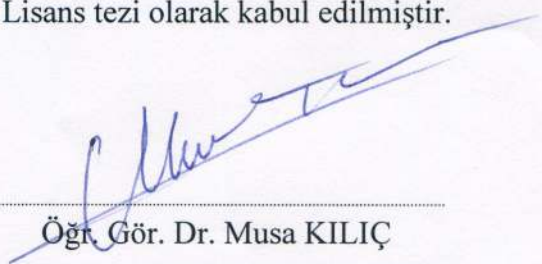
Gülsüm Gökçe PLATTÜRK

Şubat, 2015

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GÜLSÜM GÖKÇE PLATTÜRK tarafından **ÖĞR. GÖR. DR. MUSA KILIÇ** yönetiminde hazırlanan **“GÖRÜNTÜ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE KUMAŞ DÖKÜMLÜLÜĞÜNÜ VE EĞİLME DİRENCİNİ ÖLÇEN YENİ BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Öğr. Gör. Dr. Musa KILIÇ

Yönetici


Prof. Dr. Erhan KIRTAY

Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. R. Befru BÜYÜKBAYRAKTAR

Jüri Üyesi


Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince hem mesleğine hem de hayata yaklaşımıyla bana örnek olan, bilgisini ve deneyimlerini her zaman cömertçe paylaşan danışmanım Sayın Dr. Musa KILIÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca hiçbir zaman yardımlarını eksik etmeyen değerli görüş ve önerileriyle tezime katkıda bulunan değerli hocam Arş. Gör. Gonca BALCI KILIÇ'a ve Yrd. Doç. Dr. Befru BÜYÜKBAYRAKTAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmama 213M590 numaralı proje ile 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

VI. Uluslararası AR-GE Proje Pazarı etkinliğinde proje önerisi olarak sunmuş olduğumuz çalışmamıza "Ev Teknik Tekstilleri ve Ev Tekstilleri" kategorisinde ikincilik ödülünü layık gören Uludağ Tekstil İhracatçıları Birliği'ne (UTİB) maddi ve manevi desteği için teşekkürü borç bilirim.

Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan, hayatımın her anında yanımda olan ve bana güç veren sevgili annem Aysel PLATTÜRK'e ve babam Vedat Muzaffer PLATTÜRK'e, sevgili kardeşim S. Defne PLATTÜRK'e ve bana her konuda destek olan Can Dost İSTER'e sonsuz teşekkür ederim.

Gülsüm Gökçe PLATTÜRK

GÖRÜNTÜ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE KUMAŞ DÖKÜMLÜLÜĞÜNÜ VE EĞİLME DİRENCİNİ ÖLÇEN YENİ BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Tez kapsamında, kumaşların dökümlülük ve eğilme özelliklerinin geleneksel yöntemlere kıyasla daha kolay ve daha az maliyetli bir şekilde ölçülebilmesi için görüntü analizi esaslı yeni bir ölçüm cihazı tasarlanmıştır. Çalışmada, takım elbiselik olarak kullanılmak üzere üretilmiş 42 tip yüzde yüz yünlü dokuma kumaş materyal olarak seçilmiştir.

Çalışmanın amacı, kumaşların dökümlülük katsayısı ve eğilme direnci değerlerinin görüntü analizi esaslı yöntemler yardımıyla tek bir cihaz ile belirlenerek zaman ve maliyet açısından avantaj sağlamaktır.

Çalışmada, ilk olarak kumaşların dökümlülük ve eğilme özellikleri geleneksel yöntemlerle ölçülmüştür. Geleneksel yöntemden elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri ile görüntü analizi esaslı yeni yöntemden elde edilen değerler arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiş ve korelasyon katsayısı 0,975 olarak bulunmuştur. Yeni geliştirilen cihaz kullanılarak kumaş eğilme direncinin belirlenebilmesi için görüntü analizi yöntemiyle hesaplanmış iki yeni parametre tanımlanmıştır. “Merkez-Kenar Mesafesi” veya “Dökümlülük Açısı” parametreleri kullanılarak oluşturulan regresyon modelleri yardımıyla eğilme direnci değeri yaklaşık yüzde doksan oranında açıklanabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Kumaş dökümlülüğü, kumaş eğilme direnci, Cusick dökümlülük ölçeri, Cantilever testi, görüntü analizi yöntemi

DEVELOPING A NEW METHOD TO MEASURE FABRIC DRAPE AND BENDING RIGIDITY USING IMAGE ANALYSIS METHOD

ABSTRACT

In this thesis, a new device was developed to measure the drape and stiffness properties of fabrics by image process based methods that make the measurements held easily and less costly compared to the traditional methods. In the study, 42 types of hundred percent wool woven suiting fabrics are chosen as material.

The aim of the study was to determine the fabric drape coefficient and fabric stiffness with only one device by the help of the methods based on image process for having advantages in terms of time and costs.

In the study, drape and stiffness properties of fabrics were measured by the traditional methods. Relationships between the drape coefficients of the traditional method and the newly developed method were analyzed and correlation coefficient was found as 0.975. Two new parameters calculated by the image process methods were defined to determine the fabric stiffness using newly developed device. Fabric stiffness was explained over ninety percent by the use of “Center-Edge Distance” or “Drape Angle” in regression models.

Keywords: Fabric drape, fabric stiffness, Cusick drape tester, Cantilever test, image process method

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1 Giriş.....	1
1.2 Kumaş Dökümlülüğü	2
1.2.1 Dökümlülük.....	2
1.2.2 Dökümlülük Katsayısı.....	2
1.2.3 Dökümlülüğün Ölçülmesi	3
1.2.3.1 Subjektif Yöntem	3
1.2.3.2 Objektif Yöntem.....	3
1.2.3.2.1 Geleneksel Dökümlülük Ölçüm Yöntemi	3
1.2.3.2.2 Görüntü Analizi Temelli Yöntemler.....	6
1.3 Eğilme Direnci	7
1.3.1 Eğilme	7
1.3.2 Eğilme Direnci	7
1.3.3 Eğilme Uzunluğu.....	8
1.3.4 Kumaş Eğilme Özelliklerinin Ölçülmesi	8
1.3.4.1 Cantilever Eğilme Testi.....	9
1.3.4.2 Kalp Halkası Testi.....	11
1.3.4.3 Dairesel Eğilme Ölçeri ile Eğilme Testi	14
1.4 Görüntü Analizi.....	16
1.4.1 Görüntü ile İlgili Temel Kavramlar	16
1.4.1.1 Piksel.....	16

1.4.1.2 Renk	17
1.4.1.3 Renk Derinliği.....	18
1.4.1.4 Görüntü Türleri	20
1.4.1.4.1 İkili Görüntü (Binary).....	20
1.4.1.4.2 İndekslenmiş Görüntü.....	20
1.4.1.4.3 Gri Ölçekli Görüntü.....	21
1.4.1.4.4 Gerçek Renkli Görüntü.....	21
1.4.2 Görüntü İşleme.....	22
1.4.2.1 Görüntü İşleme Sistemleri ve Uygulamaları.....	23
1.4.2.2 Görüntü İşlemenin Tekstilde Uygulama Alanları	25
1.5 Önceki Çalışmalar	26
1.5.1 Dökümlülüğün Tarihsel Gelişimi.....	27
1.5.2 Görüntü Analizi Yöntemi ile Dökümlülük Ölçümleri	28
1.5.3 Dinamik Dökümlülük Ölçeri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar.....	35
1.5.4 Farklı Yaklaşımlarla Kumaş Dökümlülüğünün Ölçümü	41
1.5.5 Eğilme Direnci ile Dökümlülüğün İlişkisi	48
1.6 Çalışmanın Amacı	53

BÖLÜM İKİ - MATERYAL VE METOT55

2.1 Materyal	55
2.2 Metot	56
2.2.1 Kumaş Dökümlülüğünün Ölçülmesi.....	57
2.2.2 Kumaş Eğilme Direncinin Ölçülmesi	57
2.2.3 Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Cihaz ile Kumaş Dökümlülüğünün ve Eğilme Direncinin Ölçülmesi	57
2.2.3.1 Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Ölçüm Cihazı.....	58
2.2.3.2 Kumaş Görüntülerinin Alınması ve İşlenmesi.....	59
2.2.3.3 Görüntü Analizi Yöntemi ile Dökümlülük Katsayısının Hesaplanması	60
2.2.3.4 Görüntü Analizi Yöntemiyle Eğilme Direncinin Hesaplanması.....	61
2.2.4 Sonuçların Değerlendirilmesi.....	64

BÖLÜM ÜÇ - ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....65

- 3.1 Geleneksel Dökümlülük Ölçeri ve Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi
Esaslı Cihazdan Elde Edilen Dökümlülük Katsayısı Değerlerinin
Karşılaştırılması65
- 3.2 Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Yöntem ile Kumaş Eğilme
Direnci Değerlerinin Belirlenmesi 69

BÖLÜM DÖRT - SONUÇ VE ÖNERİLER.....79

KAYNAKLAR81

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Cusick dökümlülük ölçeri	3
Şekil 1.2 Cusick dökümlülük ölçeri şematik görünümü	4
Şekil 1.3 Geleneksel yöntem ile kumaş dökümlülüğünün ölçülmesi a. Kumaşın kumaş tablası üzerine yerleştirilmesi, b. Kağıt ekran üzerinden kalem ile kumaşın gölgesinin çizilmesi, c. Kağıt ekranın çizilen yerlerden kesilmesi, d. Tartım işlemi	5
Şekil 1.4 Dökümlülük katsayısının hesaplanması	5
Şekil 1.5 Görüntü analizi uygulanmış siyah beyaz dökümlü kumaş görüntü	7
Şekil 1.6 Cantilever eğilme ölçeri	10
Şekil 1.7 Kalp halkası eğilme ölçeri	13
Şekil 1.8 Dairesel eğilme ölçeri	15
Şekil 1.9 Görüntüde piksel	16
Şekil 1.10 $M \times N$ matrisli bir görüntünün basit piksel görünümü	17
Şekil 1.11 Dökümlü haldeki kumaştan alınan görüntünün sayısal görüntü haline dönüştürülmesi	17
Şekil 1.12 Renk küpü	18
Şekil 1.13 Renk derinliği	19
Şekil 1.14 İkili görüntü.....	20
Şekil 1.15 İndekslenmiş görüntü, a. Gerçek görüntü, b. Piksellerine indirgenmiş görüntü, c. Renk indisleri	20
Şekil 1.16 Gri ölçekli görüntü	21
Şekil 1.17 32 bit uzunluğunda renk kodu	21
Şekil 1.18 Gri düzey geçişleri	22
Şekil 1.19 Nesne saydırma, a. Gerçek görüntü, b. Gri seviye görüntü, c. İkili görüntü, d. Sınır bulma ve nesne sayma	24
Şekil 1.20 Gri seviye sistemi değişiklikleri ve kontrastı geliştirme	24
Şekil 1.21 Gürültü giderme	25
Şekil 1.22 Prewitt ve Candy komutları ile sınırların belirtilmesi	25

Şekil 1.23	Dökümlülük ölçümünde kullanılan görüntü analizi sisteminin diyagramı	28
Şekil 1.24	Görüntü işleme basamakları a. Orijinal görüntü, b. Kenar belirleme işleminden sonra görüntü, c. Netleştirme işleminden sonra görüntü, d. Morfolojik işlemlerden sonra görüntü.....	30
Şekil 1.25	Dikişli ve dikişsiz kumaşlarda dökümlülük ölçümü görüntüleri a. Dikişsiz, b. Sıra yönünde dikişli, c. Çubuk yönünde dikişli, d. Sıra ve çubuk yönünde dikişli	32
Şekil 1.26	Kumaş estetik parametrelerinin görüntüleri a. Dökümlülük, b. Boncuklanma, c. Kırıksıklık, d. Tekstüre.....	32
Şekil 1.27	Yeni geliştirilen “Dökümlülük Asansörü”	33
Şekil 1.28	Arka ışık kullanılarak yeniden dizayn edilen dökümlülük ölçerin diyagramı.....	34
Şekil 1.29	Dinamik dökümlülük ölçerin diyagramı	36
Şekil 1.30	Terbiye işlemlerinin kumaş dökümlülüğüne etkisi a. Dokuma sonrası, b. Relaksasyon sonrası, c. Ağırlık azaltma sonrası, d. Bitmiş ürün	37
Şekil 1.31	Salınımın simülesinin tahmini şekli	38
Şekil 1.32	Dördü bir arada dinamik dökümlülük ölçüm sistemi	38
Şekil 1.33	Sylvie 3D dökümlülük ölçüm cihazı	39
Şekil 1.34	Halka prensibine dayalı dökümlülük ölçüm cihazı	42
Şekil 1.35	Kompozit malzemenin dökümlülük simülasyonu	44
Şekil 1.36	Kumaşın dikey görünümü	48
Şekil 1.37	Atkı ve çözgü dikiş yönlerinde kıvrımın şekli a. Kumaş önü - dikişsiz, b. Tek dikiş, c. Tek dikiş, d. Çift dikiş - 1 mm DT, e. Çift dikiş - 5 mm DT, f. Çift dikiş - 10 mm SA, g. Çift dikiş - 15 mm, h. Çift dikiş - 20 mm	50
Şekil 1.38	Yeni kumaş sertlik ölçeri	52
Şekil 2.1	Tez kapsamında geliştirilen görüntü analizi esaslı ölçüm cihazı	58
Şekil 2.2	Canon 600D SLR fotoğraf makinası tarafından alınan gerçek renkli görüntü	59
Şekil 2.3	Matlab programı ile gri seviye görüntüye dönüştürülmüş görüntü.....	59
Şekil 2.4	Matlab programı ile ikili görüntüye (binary) dönüştürülmüş görüntü	60

Şekil 2.5	Destek diskinin gerçek renk, gri seviye ve ikili görüntüleri	60
Şekil 2.6	Merkez-kenar arası mesafe.....	62
Şekil 2.7	Matlab programı ile merkez-kenar arası mesafelerin (X_{MK}) ölçülmesi...	63
Şekil 2.8	“Dökümlülük Açısı, DA_{α} ”	64
Şekil 3.1	Geleneksel dökümlülük ölçerinden ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı cihazdan elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri arasındaki ilişki	67
Şekil 3.2	Geleneksel dökümlülük ölçerinden ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı cihazdan elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri %95 güven aralığı grafikleri.....	68
Şekil 3.3	Kumaş eğilme direnci (G_0) ile merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) arasındaki ilişki.....	72
Şekil 3.4	Kumaş eğilme direnci (G_0) ile dökümlülük açısı (DA_{α}) arasındaki ilişki	76

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Eğilme uzunluğu tablosu.....	12
Tablo 1.2 $f(\theta)$ tablosu	14
Tablo 1.3 Renk derinliği dereceleri	19
Tablo 2.1 Tez kapsamında kullanılan dokuma kumaşların yapısal özellikleri.....	55
Tablo 3.1 Geleneksel dökümlülük ölçüm yöntemi ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden elde edilen ortalama dökümlülük katsayısı (%) değerleri	65
Tablo 3.2 Geleneksel yöntemden ve yeni geliştirilen yöntemden elde edilen dökümlülük katsayısı (%) değerlerine ait varyans analizi tablosu.....	67
Tablo 3.3 Geleneksel yöntemden ve yeni geliştirilen yöntemden elde edilen dökümlülük katsayısı (%) değerleri için %95 güven aralıkları.....	68
Tablo 3.4 Cantilever test yöntemine göre elde edilmiş atkı, çözgü ve kumaş eğilme direnci (mg.cm) değerleri.....	69
Tablo 3.5 Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntem kullanılarak elde edilen ortalama merkez - kenar mesafeleri ($\bar{X}_{MK}$).....	71
Tablo 3.6 Basit doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı	73
Tablo 3.7 Basit doğrusal regresyon modelinin katsayıları	73
Tablo 3.8 Çoklu doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı...	74
Tablo 3.9 Çoklu doğrusal regresyon modelinin katsayıları.....	74
Tablo 3.10 Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden hesaplanan “Dökümlülük Açısı, DA_{α} ” değerleri	75
Tablo 3.11 Basit doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı	77
Tablo 3.12 Basit doğrusal regresyon modelinin katsayıları.....	77
Tablo 3.13 Çoklu doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı...	78
Tablo 3.14 Çoklu doğrusal regresyon modelinin katsayıları.....	78

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte tekstil alanında da önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak tüketicilerin bir kumaştan veya bir giysiden bekledikleri kalite algısı da zaman içerisinde değişmiştir.

Özellikle, son yıllarda kumaş ve giysi konforu algısının ön plana çıkmasıyla kumaşların dökümlülük ve eğilme özellikleri önem kazanmaya başlamıştır. Dökümlülük, kumaş görünümünü etkileyen en önemli özelliklerden biri olup, kumaşın kendi ağırlığı altında şekil değiştirme davranışı olarak tanımlanabilir. Eğilme direnci ise kumaş dökümlülüğü ile çok yakından ilgili bir parametredir. Bu nedenle, dökümlülük ve eğilme özellikleri tekstil materyalinin seçimini, tasarımını ve görünümünü etkileyen başlıca parametreler olarak öne çıkmaktadırlar. Günümüzde, tekstil ve hazır-giyim endüstrisinin tüketicilerin beklentileri doğrultusunda mükemmel kaliteyi yakalayabilmesi için kumaş dökümlülüğü ve eğilme özelliklerine önem vermesi gerekmektedir. Kumaş dökümlülüğü ve eğilme özelliklerinin ölçümü 1930’lu yıllara kadar dayanmaktadır ve bu iki parametre birbiri ile çok yakın ilişki içerisinde. Ancak dökümlülük ve eğilme özelliklerinin ölçümü ile ilgili araştırmacılar uzun yıllar çalışmalarda bulunmamış ve daha sonra birbiri ile çok yakın ilişkili olan bu parametrelerin ölçümü için ayrı cihazlar tasarlamışlardır. Günümüzde kumaş dökümlülüğünün ölçümü için gelenekselleşmiş olan Cusick Dökümlülük Ölçeri kullanılmakta ve eğilme direnci ölçümü için ise Cantilever Eğilme Direnci Ölçeri kullanılmaktadır.

Son yıllarda tüketicilerin bir kumaştan bekledikleri kalite algısının gelişmesi ile bu parametrelerin önemi artmış ve araştırmacılar da bu parametrelerin ölçümü ile ilgili yeni metotlar önermişlerdir. Bu metotların başında ise görüntü analizi yer almaktadır. Görüntü analizi yöntemi, dökümlülük ile ilgili ölçümleri kolay ve hızlı

bir hale getirmek için geleneksel bir dökümlülük ölçerine alternatif olarak geliştirilen cihazların temelini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, dokuma kumaşlarda büyük bir öneme sahip olan dökümlülük ve eğilme özellikleri üzerinde durulmuştur. Kumaşların dökümlülük ve eğilme direnci özellikleri geleneksel yöntem ve yeni geliştirilen görüntü analizi temelli yöntem ile ölçülmüş ve iki yöntemden elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yeni tasarlanan cihaz ile dökümlü haldeki kumaş görüntüsü bilgisayara aktararak tek bir görüntü üzerinden kumaşların hem dökümlülük hem de eğilme direnci özellikleri pratik bir biçimde başarı ile ölçülmüştür.

1.2 Kumaş Dökümlülüğü

1.2.1 Dökümlülük

Kumaş dökümlülüğü, asılmış haldeki kumaşın kendi kütlesi ile uğradığı şekil değişikliğinin derecesidir (TS 9693, 1991). Dökümlülük, kumaşın kendi ağırlığı altında büyük kıvrımlar yaparak eğilen kumaş anlamına gelmektedir (Başer, 2013).

Kendi ağırlığı altında dökümlü hale gelen kumaştaki kıvrımların büyüklüğüne, sayısına, merkez-kenar uzaklığına ve kişinin kumaşı eline aldığı anda da kumaşın kıvrılma derecesine göre kumaş dökümlülüğü hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür.

1.2.2 Dökümlülük Katsayısı

Dökümlülük katsayısı kumaşlarda dökümlülüğün tayini için hesaplanan sayısal bir değerdir. Dökümlülük katsayısı, dökümlülüğü tayin edilecek dairesel kesimli yatay konumdaki kumaş numunesinin dikey izdüşüm alanının, numunenin toplam alanına oranıdır (TS 9693, 1991).

1.2.3 Dökümlülüğün Ölçülmesi

Kumaş dökümlülüğünün tayini iki yöntem ile gerçekleştirilebilmektedir. Bunlar subjektif ve objektif yöntemlerdir.

1.2.3.1 Subjektif Yöntem

Subjektif değerlendirmede kumaşları el ile dokunarak test eden hakemler bulunmaktadır. Hakemler kumaşı görmeden dökümlülüğü hakkında puan verirler. Belirli sayıda hakem tarafından puanlandırılan kumaşların dökümlülük değerleri istatistiksel olarak değerlendirilerek bir sonuca ulaşılır. Subjektif yöntemde, kumaşların dökümlülük değerlerini değerlendiren grup, alanında uzman kişilerden oluşuyor olsa bile net bir sonuç vermemektedir (Kılıç, 2001).

1.2.3.2 Objektif Yöntem

Daha kesin ve net bir sonuç elde edilmesi amacıyla çeşitli ölçüm aletleri ve cihazları aracılığıyla kumaş dökümlülüğü objektif olarak hesaplanabilmektedir. Kumaş dökümlülüğünün belirlenmesinde kullanılan objektif yöntemler;

- Geleneksel dökümlülük ölçüm yöntemi
- Görüntü analizi temelli yöntemler

olarak iki grupta incelenebilir.

1.2.3.2.1 Geleneksel Dökümlülük Ölçüm Yöntemi. Objektif yöntemlerin başında dökümlülük ölçümlerinin temelini oluşturan Cusick Dökümlülük Ölçeri gelmektedir (Şekil 1.1).

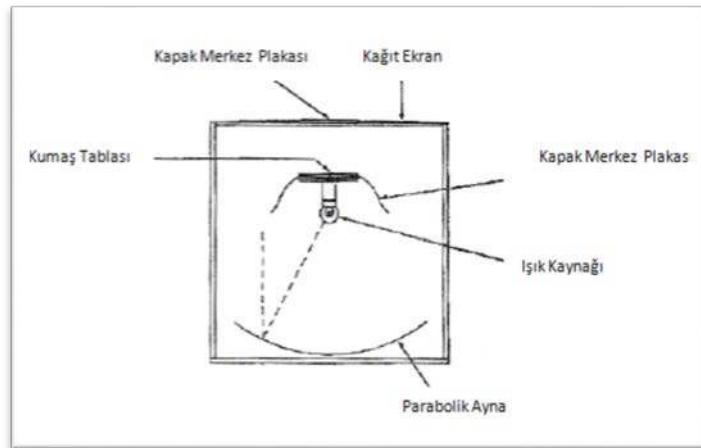


Şekil 1.1 Cusick dökümlülük ölçeri

Deney numunelerinin alınacağı kumaş TS EN ISO 139:2008'e göre en az yirmi dört saat süre ile 65 ± 2 bağıl nem ve $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de kondisyonlanır. Deney numunesinin merkezini işaretlemek için çapları; 24 cm, 30 cm ve 36 cm olmak üzere üç adet dairesel plaka bulunmaktadır. Deney numunesi alınacak kumaş için uygun olan işaretleme plakası seçilir. Genellikle dökümlülük katsayısı %30'un altında olan gevşek yapıdaki kumaşlar için 24 cm'lik plaka, yapısı orta dereceli sertlikte olan kumaşlar için 30 cm'lik plaka ve dökümlülük katsayısı %85'in üzerindeki kumaşlar için 36 cm'lik plaka seçilir. Seçilen plaka, üzerinde kat yeri veya kırışık izi bulunmayan, yatay ve düzgün bir düzlem üzerinde olan kumaş üzerine yerleştirilir. Kumaşların çevresi ve merkezi işaretlendikten sonra en az iki deney numunesi kesilir (TS 9693, 1991).

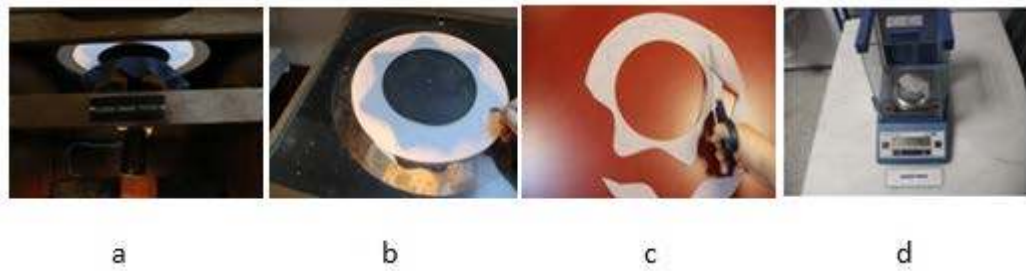
Dökümlülük tayini cihazında; deney numunesinin üzerine konulacağı 18 cm çapında kumaş tablası, kumaş görüntüsünün kağıt halkaya yansması için yerleştirilmiş nokta ışık kaynağı, bu kaynaktan odağına gelen ışık demetini deney numunesi çevresinden dikey olarak üst ekrana yansıtan iç bükey parabolik aynası, ekran üzerine merkezi düşey doğrultuda disk merkezleri ile çakışan kağıt halkanın konulduğu cihaz kapağı ve kapak üzerinde kağıt ekranı tespit eden bir merkez plakası bulunmaktadır (Şekil 1.2).

Kağıt ekranlar, iç çapı 18 cm ve dış çapı deney numunesi çapına eşit olan yarı şeffaf kağıtlardır.



Şekil 1.2 Cusick dökümlülük ölçeri şematik görünümü (TS 9693, 1991)

Kes-tart yöntemine dayanan bu yöntemde kumaş numunesi kumaş tablası üzerine yerleştirilir. Kağıt ekran cihazın üst kısmına yerleştirilir. Kumaşın dökümlü haldeki gölgesi kağıt ekran üzerine kalem ile çizilir. Kağıt ekranın ağırlığı kesilmeden önce belirlenir. Daha sonraki adımda kağıt ekran çizilen yerlerden kesilir. Elde edilen dökümlü haldeki kumaş görüntüsünün gölgesinin ağırlığı da hassas terazi kullanılarak belirlenir (Şekil 1.3). Dökümlülük katsayısı ise, kağıdın dökümlü haldeki ağırlığının (gölge ağırlığı) kağıdın toplam ağırlığına oranlanması ile bulunmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.3 Geleneksel yöntem ile kumaş dökümlülüğünün ölçülmesi, a. Kumaşın kumaş tablası üzerine yerleştirilmesi, b. Kağıt ekran üzerinden kalem ile kumaşın gölgesinin çizilmesi, c. Kağıt ekranın çizilen yerlerden kesilmesi, d. Tartım işlemi

$$\text{Dökümlülük Katsayısı (\%)} = \frac{\text{Gölge Ağırlığı}}{\text{Toplam Ağırlık}} \times 100$$

Şekil 1.4 Dökümlülük katsayısının hesaplanması

Dökümlülük katsayısı (D_k):

$$D_k = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (1.1)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada;

m_1 : Kağıt ekranın toplam ağırlığı,

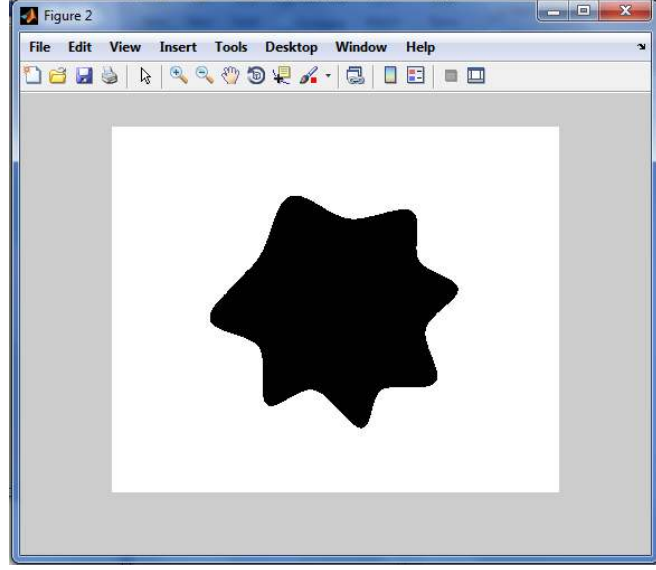
m_2 : Kağıt ekranın gölgelenen kısmının ağırlığıdır.

Bu yöntemle elde edilen dökümlülük katsayıları, gevşek dokuma kumaşlar için elde edilen %30 değeri ve çok sert non-woven kumaşlar için elde edilen %95 değeri arasında değişmektedir (Başer, 2013).

1.2.3.2.2 Görüntü Analizi Temelli Yöntemler. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte bilgisayar temelli sistemler de ön plana çıkmıştır. Daha fazla zaman gerektiren ve daha fazla hata kaynağı olan geleneksel ölçümlerin yerini bilgisayar esaslı yöntemler almaya başlamıştır. Bu yöntemlerden biri de görüntü analizi yöntemidir. Görüntü analizi yöntemi ile kumaşların dökümlülük özellikleri kolaylıkla ölçülebilmektedir. Buna ek olarak, görüntü analizi temelli yöntemlerin gelişmesi ile kumaşların dökümlülük ölçümleri ile ilgili bazı farklı kavramlar ve ölçümler de ortaya çıkmıştır. Bu ölçümlerden birisi de hareket halindeki kumaşlarda dökümlülük değerini ölçmeye yarayan dinamik dökümlülük ölçümüdür.

Görüntü analizi yöntemi ile kumaşların statik dökümlülük değerinin hesaplanması Cusick Dökümlülük Ölçeri'nin ölçüm prensibine çok benzemektedir. Bilgisayar yazılımı yardımıyla gerçekleştirilen bu yöntem, oldukça hızlı olması nedeniyle zaman, sarf malzemesi olmaması nedeniyle maliyet ve kişi kaynaklı hata oranını minimuma indirmesi nedeniyle objektiflik sağladığı için özellikle son yıllarda tercih edilen bir yöntemdir.

Görüntü analizi ile kumaş dökümlülük katsayısı değerinin ölçümü kumaşın dökümlü haldeki görüntüsünün uygun bilgisayar yazılımı ile siyah beyaz formata (binary görüntü) dönüştürülmesi ile başlar (Şekil 1.5). Daha sonra bu görüntünün piksel değerinin, toplam kumaş alanının piksel değerine oranlanması sonucunda dökümlülük katsayısı hesaplanmaktadır.



Şekil 1.5 Görüntü analizi uygulanmış siyah beyaz dökümlü kumaş görüntü

Bilgisayar sistemlerinin gelişimiyle birlikte dökümlülük ile ilgili çalışmaları bilgisayar ortamında gerçekleştirme fikirleri oluşmaya başlamıştır. Daha sonrasında ise araştırmacılar dökümlülüğü modellendirmeyi ve simüle etmeyi amaçlamışlar ve dinamik dökümlülük ölçümleri ile ilgili çalışmalara yoğunlaşmışlardır. Dinamik dökümlülük ölçümü dökümlü haldeki kumaşın üzerinde bulunduğu tablayı belirli hızlarda hareket ettirerek bu esnada dökümlülük ölçümünü yapmaya imkân sağlayan bir sistemdir. Bu sistem, bir kumaşın giyildiğinde nasıl dökümlü duracağı hakkında fikir sahibi olmak açısından oldukça etkilidir.

1.3 Eğilme Direnci

1.3.1 Eğilme

Eğilme, bir ucu yatay olarak tespit edilen dikdörtgen biçiminde kesilmiş kumaşın, kendi ağırlığı altında yatay durumundan saptmasıdır (TS 1409, 1974).

1.3.2 Eğilme Direnci

Eğilme dayanımı veya bir diğer adıyla eğilme direnci, mamulün eğilmeye karşı gösterdiği karşı koymadır. Birim ender tekstil mamulünün gerilim uygulanmadan,

birim kavis yarıçapına eğildiğinde her iki ucuna uygulanan momenttir. Eğilme dayanımı birimi miligram santimetredir (TS 1409, 1974).

1.3.3 Eğilme Uzunluğu

Eğilme uzunluğu, eğilme dayanımının tekstil mamulünün birim alan ağırlığına oranının küp köküdür. Dikdörtgen şeklinde kesilmiş tekstil mamulünden bir şeridin kendi ağırlığı altında $7,1^\circ$ lik açıya eğilen uzunluğu olarak ifade edilir. Birimi santimetredir (TS 1409, 1974).

Bu değer, tekstil mamullerinin dökümlülüğünü belirten bir etkidir. Eğilme uzunluğu yüksek olan mamuller çok dökümlülük göstermez.

Şerit eğildiğinde atkı iplikleri düz olarak kalıyorsa çözgü eğilme dayanımı ve çözgü eğilme uzunluğu, çözgü iplikleri düz olarak kalıyorsa atkı eğilme dayanımı ve atkı eğilme uzunluğu terimleri kullanılır (TS 1409, 1974).

1.3.4 Kumaş Eğilme Özelliklerinin Ölçülmesi

Kumaşların eğilme özelliği genellikle kumaşın kendi ağırlığı altında eğilmesini temel alan ölçüm yöntemleriyle değerlendirilmektedir. Bu yöntemlerden bir bölümü şerit biçiminde kesilmiş bir kumaşın, bir kenarını içine alan ve kumaş düzlemine dik düzlemde eğilmesini ölçen eğilme testleri, diğeri ise kumaşın kendi ağırlığı altında kumaş düzlemine dik tüm düzlemlerde eğilmesini temel alan dökümlülük testleridir (Başer, 2013).

Kumaşlarda eğilme özellikleri temel olarak üç ana yöntem ile ölçülebilmektedir. Bunlar:

- Cantilever Eğilme Testi
- Kalp Halkası Testi
- Dairesel Eğilme Ölçeri ile Eğilme Testi

Bu yöntemler içerisinde daha kolay olması açısından araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen Cantilever Eğilme Ölçeri ile yapılan testtir. Ancak kesilen uçlarında bükülmeye ve kıvrılmaya eğilimi fazla olan düşük gramajlı dokuma kumaşlarda ve örme kumaşlarda bu yöntem uygun değildir. Bu durumlarda daha çok kalp halkası yöntemi kullanılmaktadır.

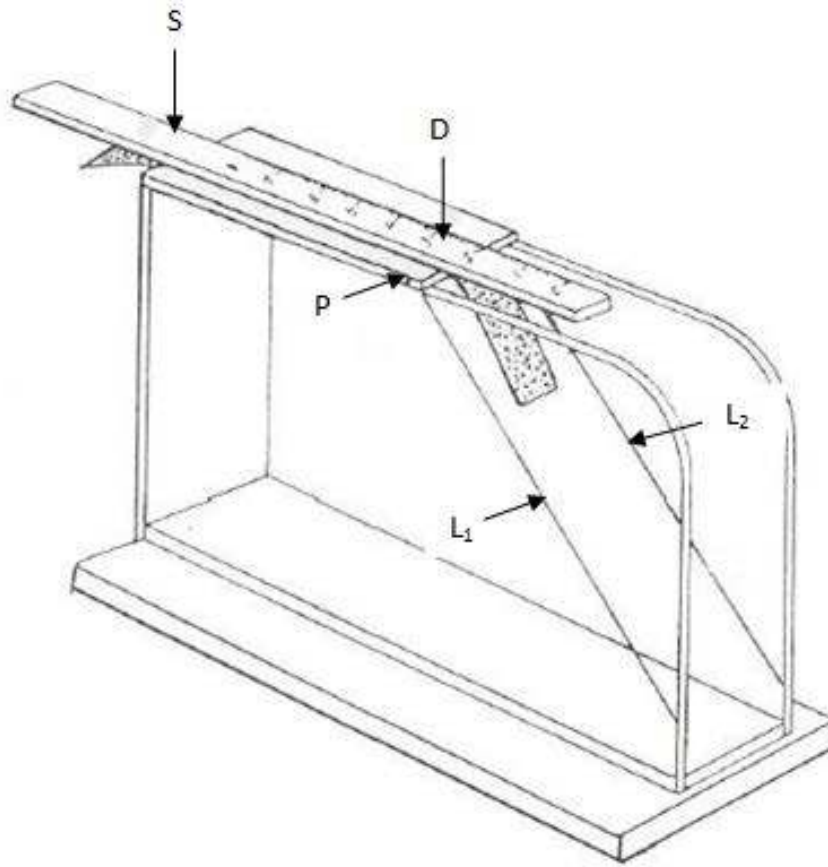
Cantilever Eğilme Ölçeri, daha çok dokuma kumaşların eğilme özelliklerini belirlemeye uygun olup sabit açılı eğilme ölçümü yapar. Ayrıca sadece bir yöndeki eğilme uzunluğu ölçülebilmektedir. Dairesel eğilme ölçeri hem örme hem de dokuma kumaşlarda eğilme direnci ölçümü için başarılı sonuçlar vermekte ve çok yönlü eğilmelere karşı direnci belirlemek amacıyla kullanılabilmektedir (Okur, 1995).

1.3.4.1 Cantilever Eğilme Testi

Laboratuvar numunesi TS EN ISO 139:2008'e göre kondisyonlanır. Daha sonra 2,5 cm x 20 cm boyutunda dikdörtgen biçiminde, uzun kenarı, çözgüye paralel olacak şekilde dört adet çözgü numunesi ve bu numunelere dik olacak biçimde dört adet atkı numunesi kesilir. Deney numunesi alınırken, numunelerin aynı atkı ve çözgü ipliğini içermemesine dikkat edilecek şekilde kumaşın farklı yerlerinden kesilmelidir. Kumaş kenarlarından, uçlardan, kırışmış ve katlanmış yerlerden deney numunesi alınmamalıdır. Deneye başlamadan önce kıvrılan ya da bükülen kumaşlar varsa iki düz yüzey arasında hafifçe sıkıştırılarak birkaç saat bekletilmeli ve daha sonra ölçüm yapılmalıdır (TS 1409, 1974).

Sabit açılı eğilme ölçerinin (Cantilever Eğilme Ölçeri) şematik görünümü Şekil 1.6'da gösterilmiştir. 38×150 mm boyutunda yatay P düzlemi üzerine, üst yüzü milimetre bölüntülü S sürgüsü yerleştirilmiştir. S sürgüsünün ön ucu ile P düzleminin ön ucu üstte iken sürgü üzerindeki sıfır çizgisi düzlem üzerindeki D başlangıç çizgisiyle çakışır. P düzleminin üst ön kenarından geçen ve yatayla $41,5^\circ$ lik bir açı yapan L_1 ve L_2 gözetleme çizgileri cihazın yan saydam kapakları üzerine çizilmiştir. S sürgüsünün alt yüzü ince bir lastikle kaplanmış ve P düzleminin üst yüzü parlatılmıştır. Böylece bu iki yüzey arasına konulan numune rahatça kayabilir. Metal

sürgünün eni 2,5 cm, boyu 15 cm ve kalınlığı 0,3 cm olmalıdır. Cihazda bir su terazisi bulunmalıdır (TS 1409, 1974).



Şekil 1.6 Cantilever eğilme ölçeri (TS 1409, 1974)

Cihaz düz bir zemin üzerine yerleştirilerek su terazisi ile yatay olması sağlanır. Deney numunesi, bir ucu P düzleminin kenarı ile üst üste gelerek ve S sürgüsünün sıfır çizgisi D başlangıç çizgisiyle çakışacak şekilde, düzlem ile sürgü arasına yerleştirilir. Sürgü öne doğru yavaş yavaş kaydırılmak suretiyle, numunenin kendi ağırlığı altında eğilerek düzlem kenarından sarkması sağlanır. Numunenin ucu L_1 ve L_2 çizgilerine değince sürgü durdurulur ve skaladaki değer okunur. Eğer deney numunesi kıvrılırsa, ucunun orta noktası L_1 ve L_2 çizgileriyle karşılaştırılır. Kıvrılma 45° 'den daha çok ise deney numunesi iki düz plaka arasında hafifçe sıkıştırılarak bekletildikten sonra tekrar deneme yapılır. Her deney numunesinde, her iki yüz sırayla, yukarı gelecek şekilde ilk kez bir ve sonra diğer ucu için ayrı ayrı olmak

üzere toplam dört ölçüm yapılır. Kumaşın metrekare ağırlığı (W , g/m²) TS 251:1991'e göre tespit edilir (TS 1409, 1974).

Çözü veya atkı eğilme uzunlukları (c , cm), bütün ölçümlerin ortalaması alınarak belirlenir. Kumaşın eğilme direnci ise (G , mg.cm) Formül 1.2'ye göre hesaplanır.

$$G = 0,1. W. c^3 \quad (1.2)$$

Eğer kumaş için genel eğilme direnci (G_0 , mg.cm) isteniyorsa Formül 1.3'ten hesaplanır:

$$G_0 = \sqrt{G_C \times G_A} \quad (1.3)$$

Burada G_C , ortalama çözgü eğilme direncini (mg.cm) ve G_A , ortalama atkı eğilme direncini (mg.cm) ifade etmektedir.

1.3.4.2 Kalp Halkası Testi

TS EN ISO 139:2008'e göre kondisyonlanmış laboratuvar numunesi ASTM D1388-14:2014 standardına uygun olarak hazırlanır. Numuneleri hazırlama aşamasında belirli bir ölçülendirme yoktur. Eğilme uzunluğu numune uzunluğunun artışıyla artmaktadır. Tablo1.1'den yararlanılarak birkaç numune uzunluğu ile deneme yapılır ve denemeler sonucunda yaklaşık eğilme uzunluğu bulunur. Daha sonra uygun bir numune uzunluğu seçilir. Her bir numune, uçlarından kısıtılabilirmeleri için belirlenen uzunluktan 5 cm daha fazla kesilir. Atkı ve çözgü yönlerinden dörder numune kesilir. Eğer kumaş çok düzgün değilse ya da daha kesin sonuçlar isteniyorsa, daha fazla numune alınır (ASTM D1388-14, 2014).

Tablo 1.1 Eğilme uzunluğu tablosu (ASTM D1388-14, 2014).

Halka Uzunluğu (cm)	Eğilme Uzunluğu (cm)		
	15 cm Şerit Uzunluğu	20 cm Şerit Uzunluğu	25 cm Şerit Uzunluğu
4,0	2,19	-	-
4,2	2,07	-	-
4,4	1,99	-	-
4,6	1,86	3,44	5,43
4,8	1,76	3,3	5,16
5,0	1,65	3,17	4,91
5,2	1,56	3,03	4,71
5,4	1,45	2,9	4,53
5,6	1,35	2,8	4,36
5,8	1,25	2,67	4,2
6	1,14	2,57	4,06
6,2	1,04	2,47	3,92
6,4	0,93	2,37	3,8
6,6	0,81	2,26	3,67
6,8	0,69	2,16	3,56
7	0,53	2,06	3,45
7,2	-	1,96	3,34
7,4	-	1,86	3,21
7,6	-	1,76	3,12
7,8	-	1,66	3,02
8	-	-	2,91
8,2	-	-	2,82
8,4	-	-	2,72

Eğilme uzunluğunun numunenin genişliğine bağlı olduğunu gösteren bir kanıt yoktur. Ancak numunenin kenarlarının bükülme ya da kıvrılma eğilimleri sonucu etkiler. Kıvrılma eğilimi az olan kumaşlarda 2,5 cm genişliğinde numune kullanılması uygundur. Kıvrılma eğilimi arttıkça genişlik de artacaktır. Genişliği 7,5 cm'den fazla olan numunelerle deney yapılmamaktadır. Her bir numune için kumaşın tersi ve yüzü olmak üzere iki ayrı ölçüm yapılmalıdır.

Kalp halkası testi için numuneleri sıkıştırmaya yarayan bir kısıkaç ile numunenin sarkma uzunluğunu okumaya yarayan bir skaladan oluşan bir alet kullanılır (Şekil 1.7). Düz bir zemin üzerine yatırılan numune, iki ucundan plakalara bantlanır. Burada plakaların genişliği 2,5 cm'dir. Böylece fazladan alınan 5 cm'lik kısım plakalar arasında kalmış olur. Yapıştırma işleminden sonra plakalar birbirine ters yönde çevrilerek kumaş yapıştırılan tarafları yüz yüze getirilir ve çenelere takılır.

Kalp şeklini alan kumaşın en alt noktasının seviyesi, alet üzerindeki cetvelden okunur. Kumaş ne kadar yumuşak ise kendini o kadar aşağı bırakır ve cetvelden okunan değer de o kadar artar.



Şekil 1.7 Kalp halkası eğilme ölçeri (Uşaklı ve ark., 2014)

l , kendi ağırlığı ile sarkan halkanın gerçek uzunluğu (cetvelden okunan halka uzunluğu, cm), l_0 , halkanın bozulmamış orijinal uzunluğu (cm) ve L , iki plaka arasında kalan şerit uzunluğu (cm) olmak üzere;

$$l_0 = 0,1337.L \quad (1.4)$$

$$d = l - l_0 \quad (1.5)$$

$$\theta = 32,85 \times \frac{d}{l_0} \quad (1.6)$$

$$f(\theta) = \left(\frac{\cos \theta}{\sin \theta} \right)^{1/3} \quad (1.7)$$

Formül 1.4-1.7 ile hesaplanır. Ayrıca, $f(\theta)$ değerini bulmak için Tablo 1.2' den de yararlanılabilir.

Tablo 1.2 $f(\theta)$ tablosu (ASTM D1388-14, 2014)

θ , açı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	...	3,855	3,059	2,671	2,425	2,250	2,115	2,007	1,917	1,841
10	1,774	1,716	1,663	1,616	1,573	1,533	1,496	1,462	1,430	1,400
20	1,372	1,345	1,319	1,294	1,271	1,248	1,226	1,205	1,186	1,164
30	1,144	1,126	1,107	1,089	1,071	1,054	1,037	1,022	1,003	0,986
40	0,970	0,954	0,933	0,922	0,906	0,891	0,875	0,860	0,845	0,829
50	0,813	0,799	0,784	0,768	0,753	0,738	0,722	0,707	0,692	0,676
60	0,661	0,645	0,630	0,614	0,598	0,582	0,566	0,549	0,533	0,516
70	0,499	0,482	0,465	0,447	0,429	0,411	0,392	0,373	0,354	0,333
80	0,313	0,291	0,269	0,243	0,222	0,197	0,170	0,140	0,107	0,067

Eğilme uzunluğu (c , cm) ve eğilme direnci (G , mg.cm) Formül 1.8 ve Formül 1.9'a göre hesaplanır:

$$C = l_o \cdot f(\theta) \quad (1.8)$$

$$G = W \cdot c^3 \quad (1.9)$$

Burada, W , tekstil mamülünün metrekaare ağırlığı (g/m^2) olarak verilmiştir. Kumaş için genel eğilme direnci (G_0 , mg.cm) ise Formül 1.10'a göre hesaplanır.

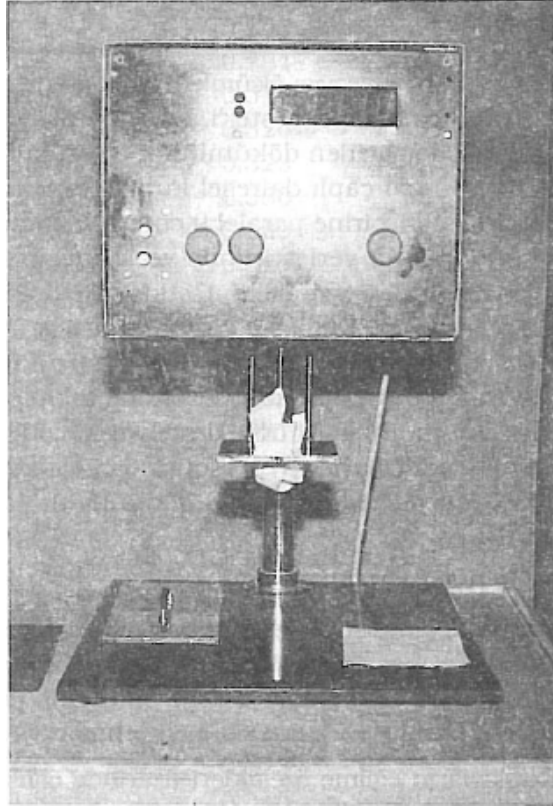
$$G_0 = \sqrt{G_C \times G_A} \quad (1.10)$$

Burada, G_C , ortalama çözgü eğilme direncini (mg.cm), G_A ise ortalama atkı eğilme direncini (mg.cm) ifade etmektedir.

1.3.4.3 Dairesel Eğilme Ölçeri ile Eğilme Testi

Dairesel eğilme ölçeri örme, dokuma ve dokusuz yüzey kumaşların eğilme direnci ölçümünde başarıyla kullanılabilir. Ayrıca dairese eğilme ölçeri ile çok yönlü eğilmelere karşı direnç belirlenebilir.

Dairesel eğilme ölçerinde (Şekil 1.8) ikiye katlanmış 102 x 204 mm boyutlarındaki kumaş örneği kullanılır. Üzerinde 38,1 mm çaplı bir delik bulunan 102 x 102 x 6 mm boyutlu tabla üzerine yerleştirilir ve kumaşı 25,4 mm çaplı bir silindir ile bu delikten aşağıya itmek için gerekli olan ve dijital göstergeden ‘gf’ olarak okunan kuvvet, o kumaşın eğilmeye karşı direncini gösterir (Okur, 1995).



Şekil 1.8 Dairesel eğilme ölçeri (Okur, 1995)

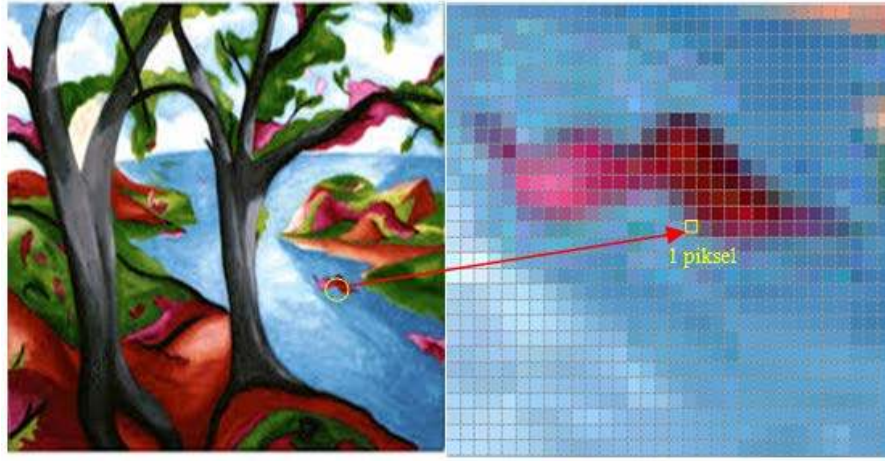
Dairesel eğilme ölçeri ile yapılan eğilme direnci ölçümleri için her kumaş tipinden 102×204 mm boyutlarında, kısa kenarı çözümlü ipliklerine paralel olacak şekilde, 10 adet numune alınır. Numuneler, 102×102 mm’lik bir kare oluşturacak şekilde katlanır ve numune almakta kullanılan metal şablon ile kat yeri düzeltilir. Hazırlama ve ölçüm işlemleri sırasında numunelere mümkün olduğu kadar az dokunulmaya çalışılmalıdır. Numunelerden 5 adedi yüz yüze, diğer 5 adedi ise ters tarafları temas edecek şekilde katlanır ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak kumaşın ortalama eğilme direnci belirlenir (Okur, 1995).

1.4 Görüntü Analizi

1.4.1 Görüntü ile İlgili Temel Kavramlar

1.4.1.1 Piksel

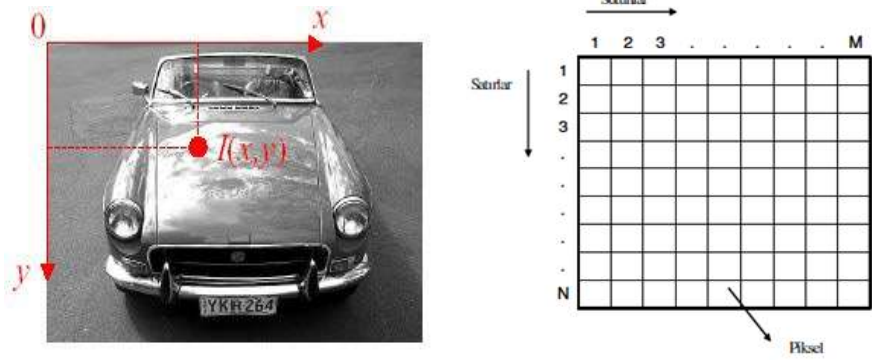
Piksel kelimesi İngilizce “picture” ve “element” sözcüklerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur. Görüntünün en küçük birimidir. Sayısal bir imgenin belli bir yer ve değere sahip elemanlarıdır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Görüntüde piksel

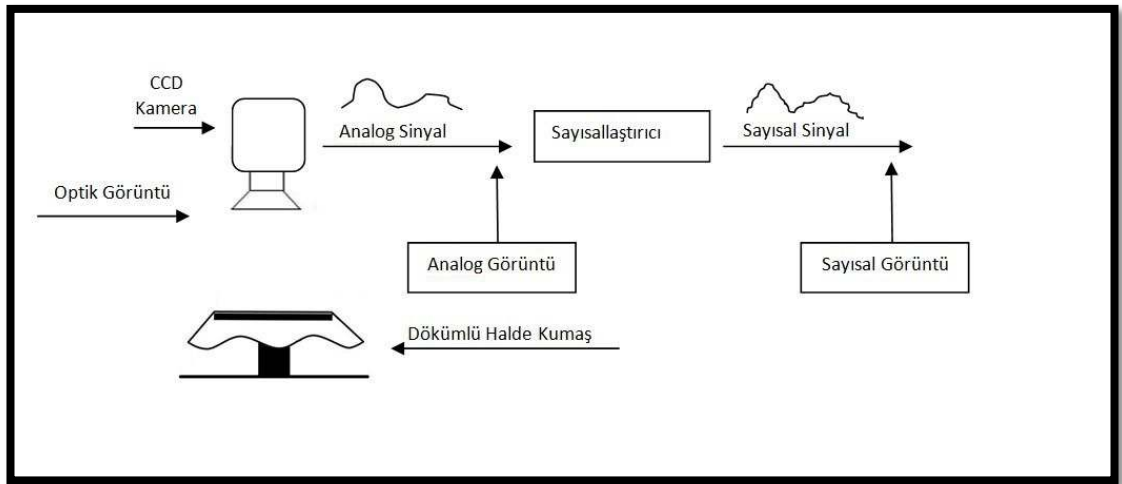
$I(x,y)$ gibi bir fonksiyonla temsil edilen resimde sayısal görüntü bu görüntünün M sütun ve N satırdan oluşacak şekilde örneklenmesi sonucu elde edilir.

I bir şiddet birimi, x ve y ise görüntünün yatay ve dikey eksenindeki karşı düşen değişkenler olmak üzere, $I(x,y)$ gibi bir fonksiyonla temsil edilen analog görüntü veya resimde sayısal görüntü bu analog görüntünün M sütun ve N satırdan oluşacak şekilde örneklenmesi sonucu elde edilir. Satır ve sütunun kesiştiği her bölgeye piksel adı verilir. Sonuç olarak, sayısal görüntüye çevrilen resimde $M \times N$ adet piksel bulunur (Şekil 1.10).



Şekil 1.10 $M \times N$ matrisli bir görüntünün basit piksel görünümü

Sayısal görüntü, sayısal değerlerden oluşan ve bilgisayar ortamında görüntülenebilen görüntü olup, oluşturulma aşamaları Şekil 1.11’de verilmiştir.



Şekil 1.11 Dökümlü haldeki kumaştan alınan görüntünün sayısal görüntü haline dönüştürülmesi

1.4.1.2 Renk

Görüntü analizinde renk, bir görüntüden nesne tanımlanmasını ve çıkarımını kolaylaştıran güçlü bir tanımlayıcıdır.

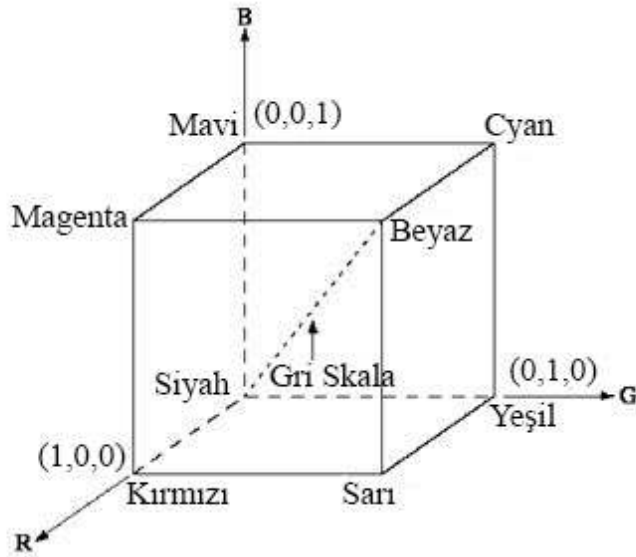
Renkli görüntü üç fonksiyonla gösterilebilir:

- $R(x,y)$: kırmızı bileşen
- $G(x,y)$: yeşil bileşen
- $B(x,y)$: mavi bileşen

Ana renkler ikincil renkleri üretmek için kullanılabilir (Şekil 1.12). İkincil renkler aşağıdaki gibidir:

- magenta (kırmızı + mavi),
- cyan (yeşil + mavi),
- sarı (yeşil + kırmızı).

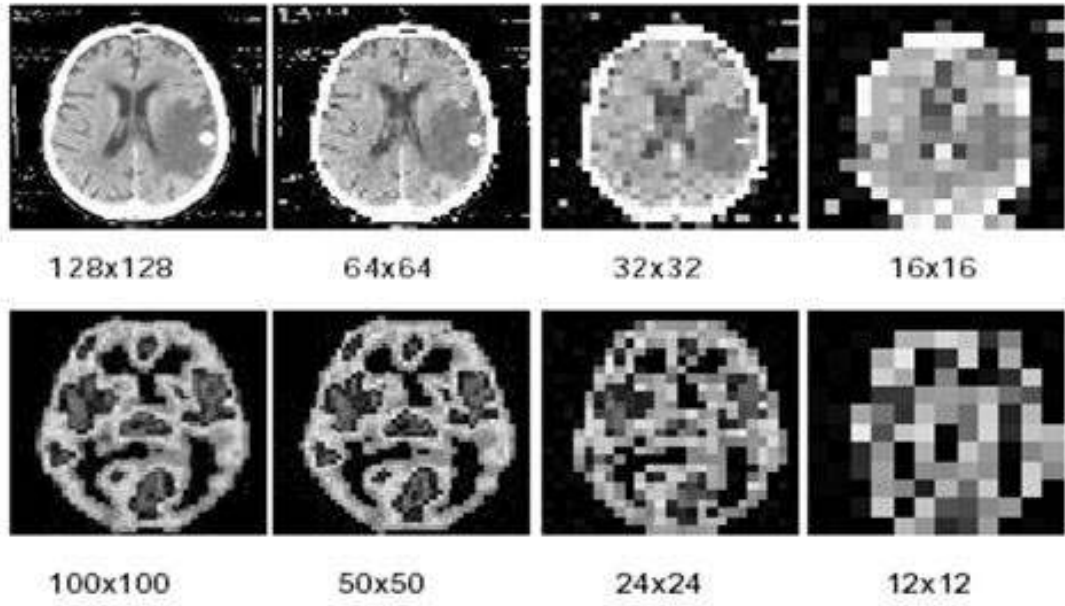
R, G, B bileşenlerinin toplamı beyaz ışığı verir. Ayrıca, herhangi bir ikincil renk ve tersi olan birinci renk de beyaz ışığa denk gelmektedir. Örneğin, cyan ve kırmızı renklerinin toplamı beyazdır.



Şekil 1.12 Renk küpü

1.4.1.3 Renk Derinliği

Dijital olarak ifade edilen görüntüdeki nokta sayısı ne kadar fazla olursa o kadar gerçeğe yakın netlikte bir görüntü oluşmaktadır. Ayrıca her bir noktanın ifade edeceği renk de ne kadar gerçeğe yakın olursa o kadar gerçeğe yakın netlikte bir görüntü elde edilmiş olur (Şekil 1.13). Buna renk derinliği denir. Genelde “bit” olarak ifade edilir (Duyar, 2010).



Şekil 1.13 Renk derinliği (Gonzales ve Woods, 2002)

Tablo 1.3'te renk derinliği ve piksel arasındaki ilişki verilmiştir. Görüntüyü oluşturan her bir noktacığın (piksel) alabileceği renk aralığı ne kadar fazla ise o noktacık da renk havuzunda gerçeğe daha yakın bir renk alacaktır.

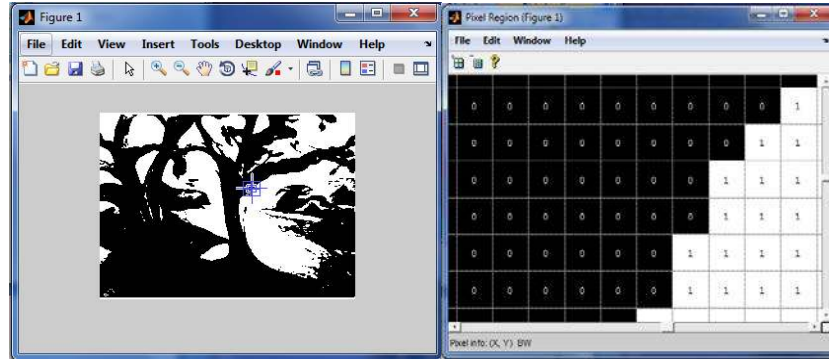
Tablo 1.3 Renk derinliği dereceleri (Duyar, 2010)

Renk Derinliği	Piksel Sayısı
1 bit	$2^1 = 2$ adet renk (siyah ve beyaz)
2 bit	$2^2 = 4$ adet renk
3 bit	$2^3 = 8$ adet renk
4 bit	$2^4 = 16$ adet renk
6 bit	$2^6 = 64$ adet renk
7 bit	$2^7 = 128$ adet renk
8 bit	$2^8 = 256$ adet renk
11 bit	$2^{11} = 4.096$ adet renk
16 bit	$2^{16} = 65.536$ adet renk
24 bit	$2^{24} = 16.777.216$ adet renk (yaklaşık 16,7 milyon)
32 bit	$2^{32} = 4.292.967.296$ adet renk (yaklaşık 4,3 milyar)

1.4.1.4 Görüntü Türleri

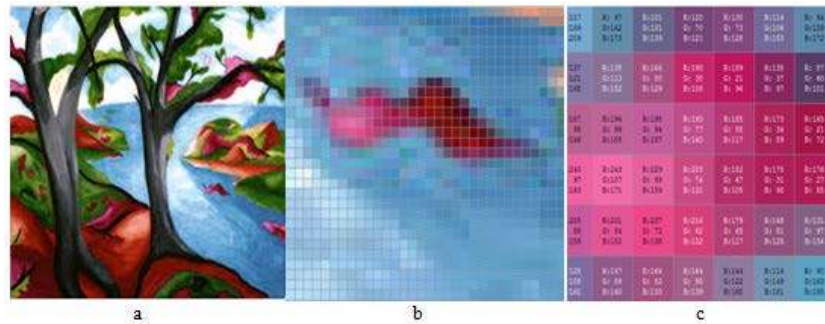
Temel olarak dört tip görüntü vardır. Bu görüntü tipleri ikili (binary), indekslenmiş, gri ölçekli ve gerçek renk görüntü olarak sıralanabilir (Jahne, 2005).

1.4.1.4.1 İkili Görüntü (Binary). Her piksel 1 (beyaz) veya 0 (siyah) olmak üzere iki farklı değerden birini alır. Yani görüntü sadece beyaz ve siyah renk piksellerinden oluşur. Her bir renk mantıksal bir dizi olarak depolanır. Şekil 1.14’de ikili görüntü örneği piksel değerleri ile birlikte verilmiştir (Russ, 2007).



Şekil 1.14 İkili görüntü

1.4.1.4.2 İndekslenmiş Görüntü. İndekslenmiş resimlerin bir renk haritası matrisi vardır. Dizideki piksel değerleri renk haritası içinde bulunur. Bu renk haritası üç tane kolonu olan ve her satırın bir rengin RGB (Red - Green - Blue) değerini içerdiği bir matristir. Dolayısıyla, bu tabloda her piksel bir indeks değeri içerir (Şekil 1.15) (Gonzales ve Woods, 2002).



Şekil 1.15 İndekslenmiş görüntü a. Gerçek görüntü, b. Piksellerine indirgenmiş görüntü, c. Renk indisleri

1.4.1.4.3 Gri Ölçekli Görüntü. Gri ölçek (Gri seviye) bazı aralıklarda şiddetleri temsil eden veri matrisleridir. Matlab, bir resimde piksele karşılık gelen matrisin her bir elemanı ile bir tek matris olarak gri tonlama görüntüyü depolar. Matrisler siyah ve beyaz arasındaki renkleri içerir (Russ, 2007). Şekil 1.16’da gri ölçekli görüntü ve Matlab tarafından depolanan matrisi birlikte verilmiştir.

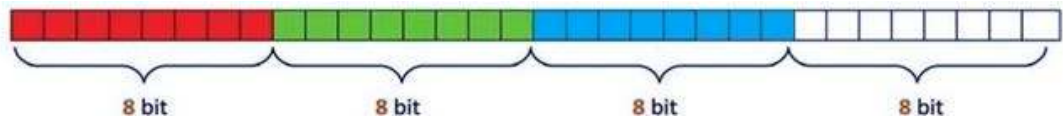


Şekil 1.16 Gri ölçekli görüntü

1.4.1.4.4 Gerçek Renkli Görüntü. Her pikselin bir RGB değerini içeren matrisi bulunur. Gerçek renk görüntü renk haritası kullanmaz. Her bir pikselin rengi, o pikselin konumundaki renk düzleminde depolanmış kırmızı, yeşil ve mavi renklerin kombinasyonu olarak belirlenir. Grafik dosya formatı gerçek renk olan 32 bit bir görüntüde kırmızı, yeşil ve mavi değerlerinin her biri 8’er bit olarak depolanır (Gonzales ve Woods, 2002).

Gerçek renk 32 bit ile ifade edilmesine karşılık, her bir noktacık yaklaşık 4.3 milyar değil; 16.7 milyon farklı renk alabilir. Bunun açıklaması şudur:

Şekil 1.17’deki gibi 32 bit uzunluğunda bir renk kodu (gerçek renk) olduğu varsayalım.



Şekil 1.17 32 bit uzunluğunda renk kodu (Duyar, 2010)

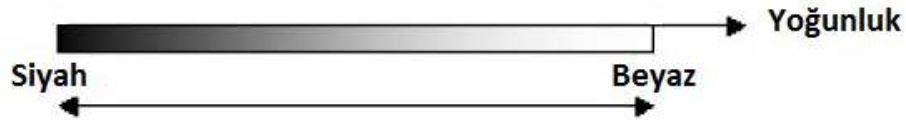
Şekilden de görüleceği üzere ilk 8 bit kırmızı, ikinci 8 bit yeşil, üçüncü 8 bit mavi için ayrılmıştır. Son 8 bit ise piksellerin saydamlık bilgisini tutan alfa kanalı olarak adlandırılır. Son 8 bitin renk ile alakası olmadığından toplamda $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$ farklı renk elde edilebilir.

Gerçek rengi ifade eden değer, 32 bit yer kaplamasına rağmen gösterimde ilk 3 bölümdeki 8 bit kullanılır (Duyar, 2010).

1.4.2 Görüntü İşleme

Görüntü işleme, sayısal bir resim hâline getirilmiş olan gerçek yaşamdaki görüntülerin bir giriş resmi olarak işlenerek o resmin özelliklerinin ve görüntüsünün değiştirilmesi sonucunda yeni bir resim oluşturulmasıdır.

İnsan gözü, gri düzeylerin geçişleri arasından yaklaşık 100 tane bölgeyi birbirinden ayırt edebilir. Siyah renk değeri ve beyaz renk değeri ile aradaki tüm gri renk değerleri yoğunluk olarak adlandırılır (Şekil 1.18).



Şekil 1.18 Gri düzey geçişleri

Görüntü analizinin süreci genel olarak üç bölümden oluşur:

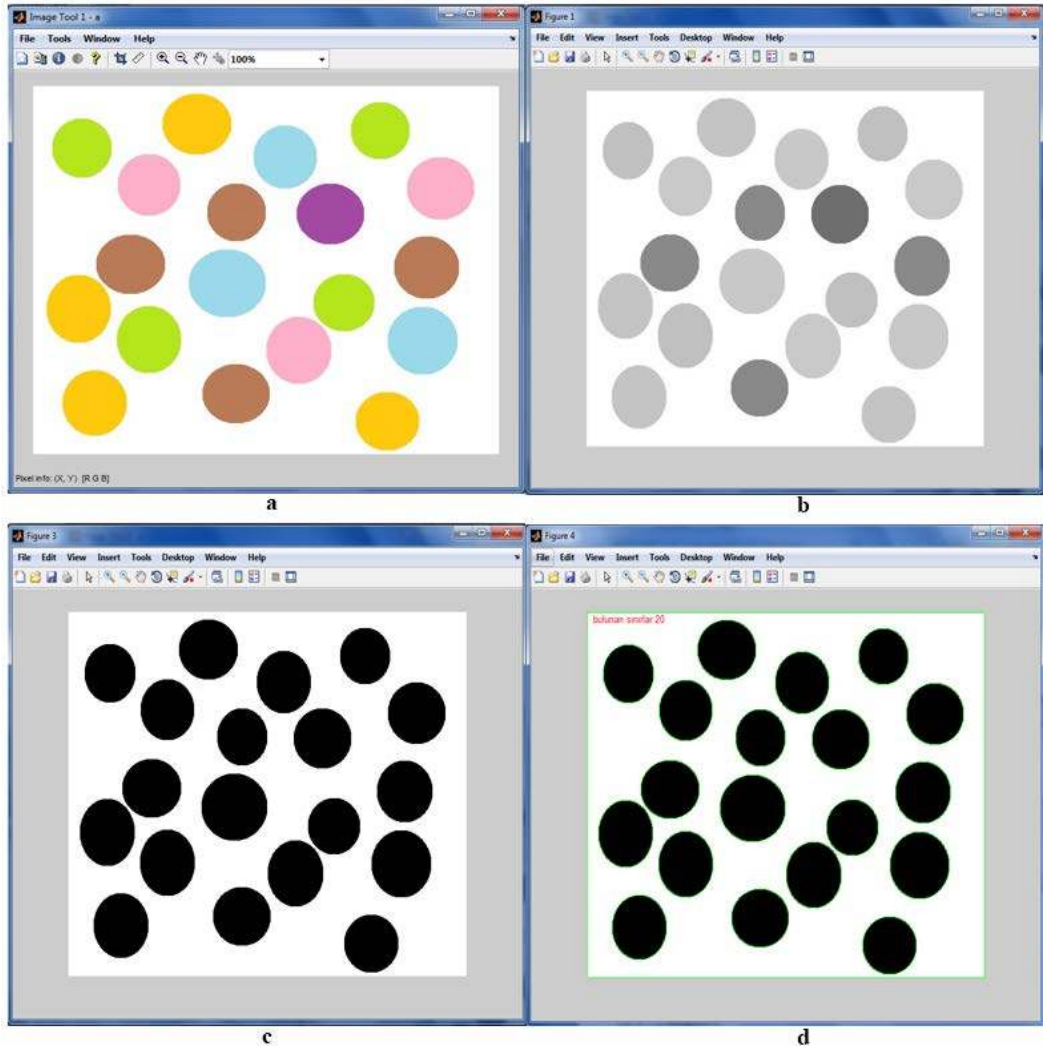
- Klasik görüntüyü değiştirme
- Bilgisayar destekli görüntü işleme
- Görüntü karakteristiklerinin özelliklerini analiz etme

Görüntü kalitesinin iyileştirilmesi görüntü işlemede en çok kullanılan tekniklerden bir tanesidir. Görüntü iyileştirme, görüntü verilerini temsil eden gerekli bilgileri arttırmaz görüntü elde edilen nesnede seçilen özelliklerin dinamik aralığını arttırır.

1.4.2.1 Görüntü İşleme Sistemleri ve Uygulamaları

Görüntü işleme sistemleri çok farklı amaçlar için uygulanabilmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Görüntü Anlama
- İndeksleme Şemaları
- Nesne Tanıma (Şekil 1.19)
- Şekil İşleme (Şekil 1.20)
- Kenar Tespiti ve Sınırlar (Şekil 1.22)
- Düzgünleştirme ve Gürültü Giderme (Şekil 1.21)
- Uygunluk (ilişki) Geribildirim
- İçerik Tabanlı Erişim
- Materyallerin Tanınması
- Görüntü ve Video Veri Tabanları ve Erişim Sistemleri
- Videolardaki Sahnelere Erişim
- Görsel Veri Modelleme
- Resimsel Bilginin Görselleştirilmesi
- Görsel Algılama
- Öznitelik Çıkarımı
- Veri Tabanı İndeksleme, Görselleştirme, Sorgulama, vb.
- Sıkıştırma - Film Animasyonu
- Video Bölütleme
- Resmi Yeniden Sunma
- Hareket İzleme
- Şekil, Desen, Renk ve Konum Eşleme



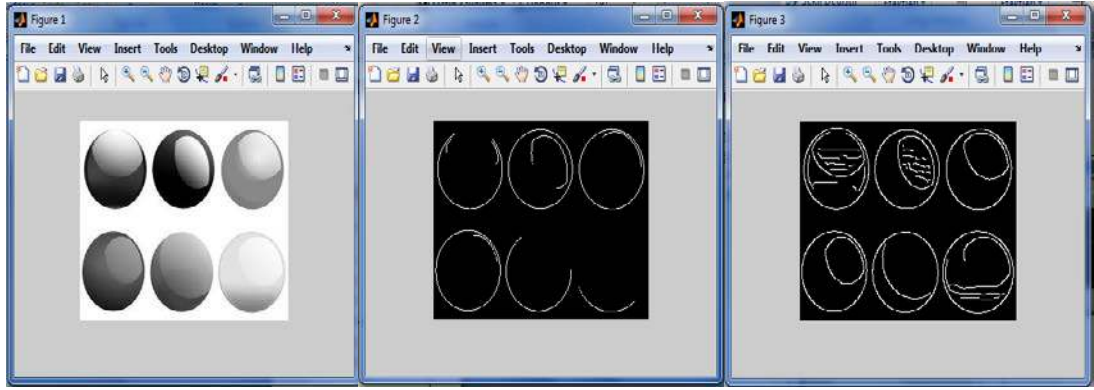
Şekil 1.19 Nesne saydırma a. Gerçek görüntü, b. Gri seviye görüntü, c. İkili görüntü, d. Sınır bulma ve nesne sayma



Şekil 1.20 Gri seviye sistemi değişiklikleri ve kontrastı geliştirme



Şekil 1.21 Gürültü giderme



Şekil 1.22 Prewitt ve Candy komutları ile sınırların belirtilmesi

1.4.2.2 Görüntü İşlemenin Tekstilde Uygulama Alanları

Görüntü işleme sistemleri tekstil alanında da oldukça farklı amaçlar için kullanılabilmektedir. Örneğin, pamuk liflerinde çepel içeriği ve lif üniformitesinin incelenmesi (Xu ve ark., 1997, Taylor, 1990), iplikteki ince yerlerin ve düzgünsüzlüğün analizi (Zhang ve ark., 1998), dokusuz yüzeylerde lif oryantasyonu (Pourdeyhimi ve ark, 1996), boncuklanmanın objektif olarak tanımlanması (Xin ve ark., 2002), kumaştaki kırıklığın belirlenmesi (Na ve Pourdeyhimi, 1995), kumaş örgü tipinin belirlenmesi (Kang ve ark., 1999), kumaş yapısal özelliklerinin belirlenmesi (Kang ve ark., 2001; Turan ve Okur, 2012), dökümlülük karakterizasyonu (Al-Gaadi ve ark., 2013; Behera ve Mishra, 2006; Behera ve Pattanayak, 2008; Hamdı ve ark., 2013; Jeong, 1998; Jeong ve Phillips, 1998, 2001;

Kenkare ve May-Plumlee, 2005; Lo ve ark., 2002; Matsudaira ve ark., 2003; Matsudaira ve Yang, 2013; Robson ve Long, 2000; Shyr ve ark., 2007; Shyr ve ark., 2009; Stylos ve Wan, 1999; Tsai ve ark., 2009; Uçar ve ark., 2004; Wang ve Cheng, 2011) bu uygulamaların bazılarıdır.

1.5 Önceki Çalışmalar

Dökümlülük, kumaşın görünümünü etkileyen önemli özelliklerden biri olup, kumaşın kendi ağırlığı altında şekil değiştirme davranışı olarak tanımlanabilir. Kumaşın kullanım sırasında nasıl görüneceği hakkında tahmin yürütebilme açısından önemli bir parametre olarak ortaya çıkar. Eğilme direnci ise kumaş dökümlülüğü ile çok yakından ilgili bir parametredir. Eğilme, bir ucu yatay olarak tespit edilen dikdörtgen biçiminde kesilmiş bir kumaşın, kendi ağırlığı altında yatay durumundan sapması olarak tanımlanır. Son yıllarda konfor algısının ön plana çıkmasıyla kumaşların dökümlülük ve eğilme özellikleri önem kazanmaya başlamıştır.

Özellikle kumaş konforu açısından değerlendirildiğinde dökümlülük ve eğilme özellikleri tekstil materyalinin seçimini, tasarımını ve görünümünü etkileyen başlıca parametreler olarak öne çıkmaktadırlar. Bilindiği gibi, kumaş dökümlülüğü Cusick Dökümlülük Ölçeri ile ölçülmektedir. Bu cihaz, örnek tablası, konkav ayna ve ışık sisteminden oluşur ve kes-tart yöntemine dayanır. Yöntemde kumaşın dökümlü haldeki görüntüsü ayna ve ışık vasıtasıyla üzerine yerleştirilen bir kâğıt ekran üzerine yansıtılır ve kumaşın dökümlü haldeki gölgesinin şekli bir kalem ile çizilir. Cusick tarafından 1965 yılında geliştirmiş olan bu cihaz (Cusick, 1965) günümüzde de önemli bir değişikliğe uğramadan kullanılmaya devam etmektedir. Son yıllarda bu cihazın çalışma prensibine benzer farklı birkaç cihaz daha ortaya çıkmış ve bazılarında bir kamera ilavesiyle kumaşın dökümlülüğü görüntü analizi yöntemleriyle ölçülmeye çalışılmıştır. Kumaş eğilme özelliklerinin ölçümü için bilinen yöntemlerin başında Cantilever testi gelmektedir. Bu yöntemde, kumaşın yerçekimi kuvvetinin etkisiyle belirli bir açıya eğilen uzunluğundan eğilme direnci hesaplanmaktadır.

Günümüze kadar bu iki parametrenin ölçülmesi, aralarındaki ilişkilerin ortaya konulması gibi konularda pek çok çalışma yapılmış, yüksek korelasyonlar bulunmuş, ölçümleri için değişik yöntem ve cihazlar geliştirilmiştir.

1.5.1 Dökümlülüğün Tarihsel Gelişimi

Kumaşların dökümlülük ve eğilme özellikleri ile ilgili çalışmalar ilk olarak 1930'da Peirce ile başlamaktadır. Pierce, iki boyutlu dökümlülük değerini saptamak için Cantilever cihazını geliştirerek kumaş eğilme ölçümünü gerçekleştirmiştir. Eğilme direnci ile ilgili ilk denklem Peirce tarafından ortaya konulmuştur (Formül 1.11).

$$B = W c^3 \quad (1.11)$$

Sonrasında Chu ve ark. (1950), F.R.L. (Fabric Research Laboratories) cihazını geliştirmiş ve üç boyutlu bir dökümlülük analizi yaparak dökümlülük katsayısını (%F) tanımlamışlardır. Chu ve ark. (1960), kumaş dökümlülüğüne etki eden faktörler üzerine bir araştırma yapmışlar, bu amaçla bir dökümlülük diyagramı oluşturmuşlar ve kumaş örneğinin üç boyutlu dökümlülük görüntüsünün iki boyutlu hali ile görülebilme imkânını sunmuşlardır. Çalışmada üç önemli dökümlülük parametresine dikkat çekilmiştir. Bunlar; dökümlü haldeki kumaşın yüzeyi, kıvrımların sayısı ve kıvrımların şeklidir. Chu ve arkadaşlarına göre bir kumaşın dökümlülük karakteristiğinden iplik bükümü ve lifin enine kesit morfolojisi tahminlenebilir. Çalışmalarının sonucunda dökümlülüğün genel olarak Young modülü (E), enine kesit atalet momenti (I) ve ağırlığa (W) bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Kumaşlarda dökümlülük katsayısı için önermiş oldukları denklem Formül 1.12'de verilmiştir.

$$\text{Dökümlülük Katsayısı } (\%F) = f(E I / W) \quad (1.12)$$

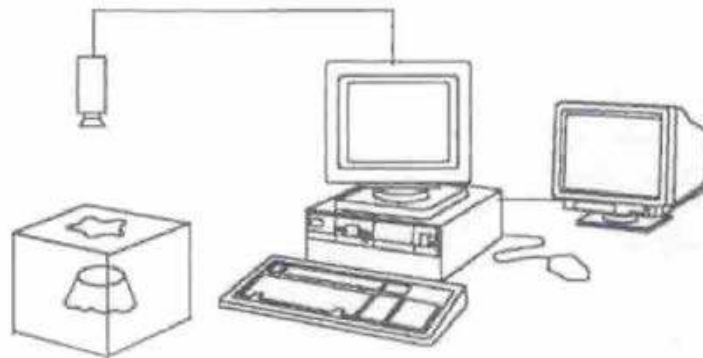
Daha sonra Cusick (1965, 1968), dökümlülük üzerine çalışmalar yapmış ve yeni bir cihaz tasarlamıştır. Bu cihaz günümüzde hala önemli bir değişikliğe uğramadan kullanılmaktadır. Ancak zaman ve emek gerektirmesi, sarf malzemelerinin yüksek

maliyeti gibi konular yüzünden günümüzde Cusick Dökümlülük Ölçeri'ni geliştirme amaçlı çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların başında görüntü analizi yöntemi yer almaktadır. Bu yöntem geleneksel Cusick Dökümlülük Ölçeri'ne bir kamera monte edilerek dökümlü haldeki kumaşın görüntüsünü alma esasına dayanır. Ardından, alınan görüntü bilgisayar ortamına aktarılır ve çeşitli programlar ve yazılımlar kullanılarak kumaş dökümlülüğü hesaplanır. Bu sayede tamamen manuel olan kumaş dökümlülük ölçümü elektronikleştirilir ve hata riski azaltılarak maliyet ve zaman kaybı minimize edilir.

1.5.2 Görüntü Analizi Yöntemi ile Dökümlülük Ölçümleri

Son yıllarda objektif ölçüm tekniklerinin gelişmesi ile birlikte kumaşların estetik özelliklerinin önemi artmıştır. Dökümlülük, giysinin görünümünde ve konforunda etkili olan önemli tutum özelliklerinden biridir.

Dökümlülük ile ilgili ölçümleri kolay ve hızlı bir hale getirmek için son yıllarda görüntü analizi yöntemleri geleneksel bir dökümlülük ölçere alternatif olarak geliştirilen cihazların esasını oluşturmaktadır. Jeong (1998), geleneksel bir dökümlülük ölçere bir bilgisayar, iki monitör, bir kamera ve bir görüntü tablası (dakikada 512x512 piksel çözünürlükte 25 görüntü çekebilen) ekleyerek dökümlülük katsayısını görüntü analizi yöntemi hesaplamıştır (Şekil 1.23). Çalışmasında dökümlülük katsayısına alternatif olarak dökümlülük-uzaklık oranı (drape-distance ratio) dediği bir parametre geliştirmiş ve bunu da kumaşın dökümlü görüntüsünden elde etmiştir.

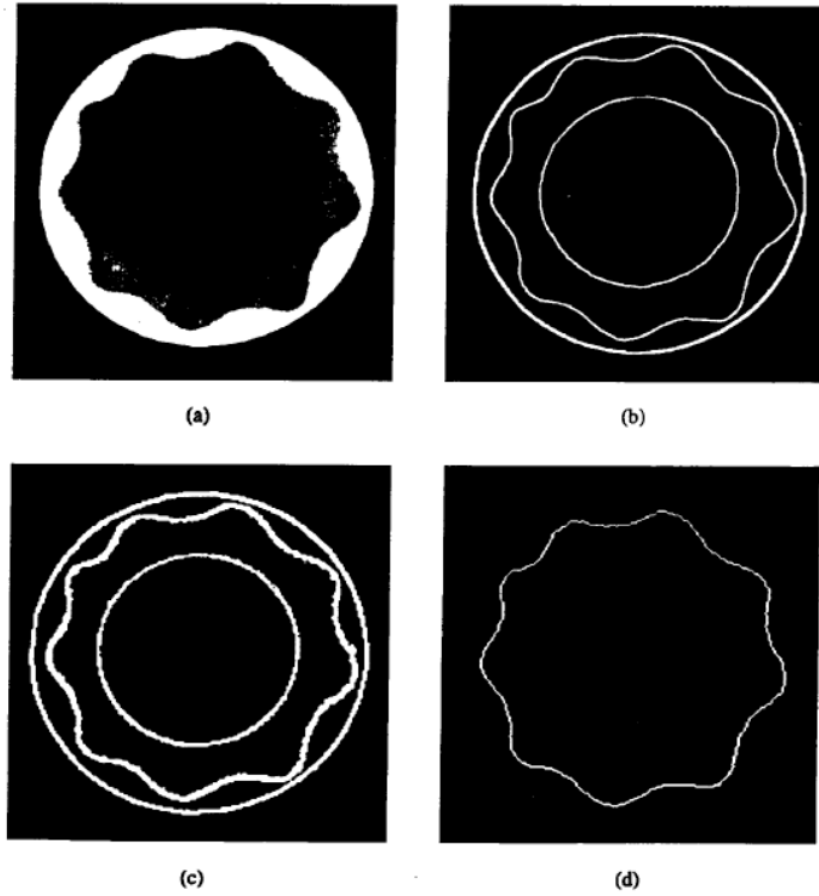


Şekil 1.23 Dökümlülük ölçümünde kullanılan görüntü analizi sisteminin diyagramı (Jeong, 1998)

Daha sonra Jeong ve Phillips (1998), görüntü analizi yöntemi kullanarak kumaş yapısının ve mekanik özelliklerinin kumaş dökümlülüğüne etkilerini araştırmış ve ölçümler için dökümlülük-uzaklık oranının standart sapmasını (R_d), kumaş dökümlülüğünün değişim katsayısı için parametre olarak kullanmışlardır.

Cusick dökümlülük cihazı ile görüntü analizi tekniğini kullanarak kumaşın dökümlülük davranışını inceleyen Robson ve Long (2000), bunun için Cusick dökümlülük ölçerin 80 cm yukarısına bir CCD kamera monte ederek kumaşın dökümlülük anını fotoğraflamışlardır (Şekil 1.24). Araştırmalar sonucunda geleneksel kes-tart yöntemi ile görüntü analizi yönteminden elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler bulunmuştur. Bununla birlikte, görüntü analizi teknikleri ile kumaşın dökümlülük karakterinin daha hızlı bir şekilde görüleceği belirtilmiştir. Her kumaş için ortalama 30 saniyede dökümlülük katsayısı bulunarak zamandan tasarruf edilmiştir. Benzer bir çalışmada Kenkare ve May-Plumlee (2005), klasik Cusick dökümlülük ölçere bir kamera monte ederek görüntü analizi yöntemi ve Adobe Photoshop programı yardımıyla kumaş dökümlülüğünü ölçmüşlerdir. Her kumaş için ortalama dökümlülük katsayısı geleneksel kes-tart yöntemi ve geliştirilmiş dijital yöntemle ölçülmüş ve sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Çalışmalar sonunda geliştirilmiş dijital yöntem ve geleneksel yöntemin sonuçları arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Sonuç olarak, modifiye edilmiş yöntem sağladığı kağıt tasarrufu, kullanıcı hatalarını azaltması ve görüntüleri arşivleyebilmesi gibi sebeplerden dolayı tavsiye edilmiştir.

Willems ve ark. (2009), dijital görüntü korelasyonunu kullanarak tekstil kompozit takviyelerinin dökümlülük karakterini incelemişlerdir. Dijital görüntü korelasyon tekniğini, çift eksenli gerilme ve kayma testleri sırasında deformasyonu makro ölçekli belirleyebilmek için kullanmışlardır. Üç çeşit tekstil takviyesi ve üç çeşit test tipi yapılmıştır (kumaşta çerçeve kayma testleri, farklı çift yönlü çerçeve kayma testleri ve tek yönlü çerçeve kayma testleri). Kumaş yüzeyindeki teget yer değişimleri ve gerilmeleri yükleme sırasında dijital kamera ile elde edilen görüntüler üzerinden pikseller yardımıyla hesaplamışlardır. Gerginlik hesabının üç farklı yöntem kullanılarak yapılabileceğini belirtmişlerdir.



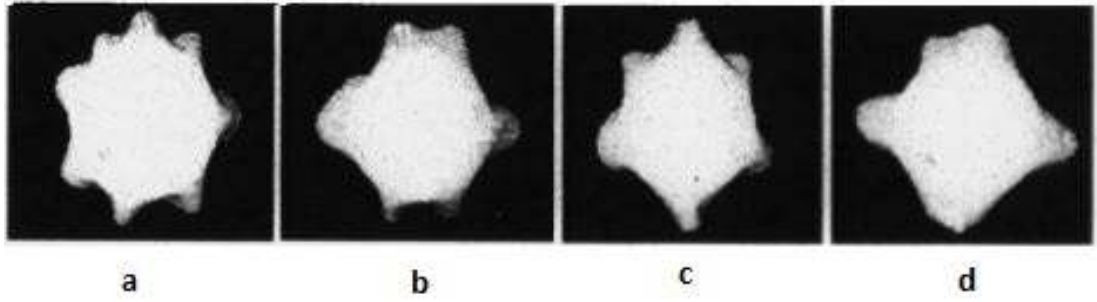
Şekil 1.24 Görüntü işleme basamakları a. Orijinal görüntü, b. Kenar belirleme işleminden sonra görüntü, c. Netleştirme işleminden sonra görüntü, d. Morfolojik işlemlerden sonra görüntü (Robson ve Long., 2009)

Bazı araştırmacılar dökümlülük katsayısının kumaşın dökümlülüğünü tanımlamak için yeterli olmadığını, dökümlülük katsayısının yanında kumaş dökümlülüğünü etkileyen farklı parametreler de olduğunu ve dökümlülüğün bu parametrelerin hepsi ile ilgili olduğunu savunmuşlardır (Jeong, 1998; Behera ve Pattanayak, 2008; Wang ve Cheng., 2003; Matsudaira ve Yang, 2013; Matsudaira ve ark., 2008). Behera ve Pattanayak (2008), çalışmalarında dijital görüntü analizi yöntemini kullanarak kumaş dökümlülüğü ölçüm ve modellemesini incelemişlerdir. Deneylerde kumaş örneklerinin eğilme rijitliğini, gerilmesini ve kayma özelliklerini KES-FB2 ile dökümlülük katsayısını da Cusick dökümlülük ölçere bir CCD kamera bağlayarak ve Matlab programını kullanarak görüntü analizi yöntemi ile ölçmüşlerdir. Çalışma kapsamında dökümlülük katsayısı (DC), dökümlülük-uzaklık oranı (DDR), kıvrım derinlik endeksi (FDI) ve kıvrım çapı (ARR) gibi çeşitli parametreler belirlemişlerdir. Dijital görüntü analiz yöntemi ile bulunan dökümlülük katsayısı değeri ile Cusick

metodu ile bulunan değer arasında iyi bir korelasyon bulmuşlardır. Ayrıca, eğilme direnci - dökümlülük ve kayma rijitliği - dökümlülük parametreleri arasında güçlü pozitif korelasyonlar, eğilme direnci - kıvrım sayısı arasında negatif korelasyon bulmuşlardır.

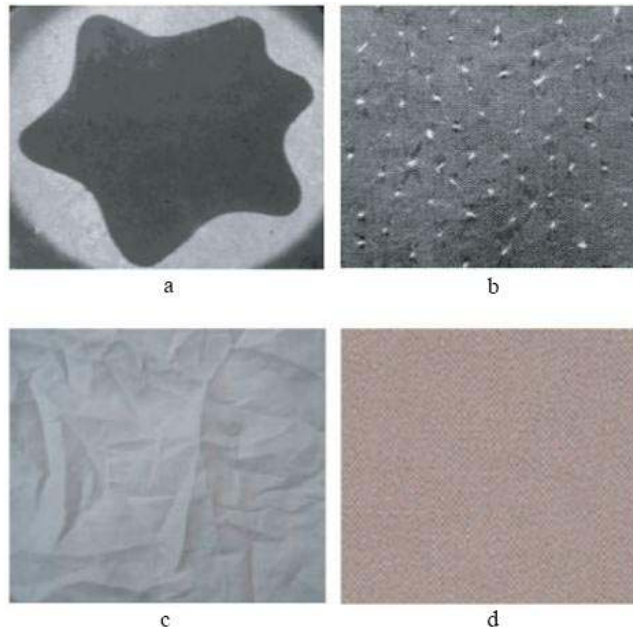
Stylos ve Wan (1999), 3D sanal ölçüm sistemini (VMS: Virtual Measurement System) incelemişlerdir. Bu sistemde kumaşın dökümlülüğü ile ilgili matematiksel bir algoritma geliştirmişler ve kumaştaki kıvrım sayıları, kıvrım varyasyonu ve derinliğini belirleyerek dökümlülük katsayısı ile birlikte hesaplamışlardır. Bu sistemle sanal dökümlülük katsayısının (Virtual Drape Coefficient) hesabı için 3D tahminlemesini, gerçek dökümlülük katsayısı hesabı için de görüntü analizi yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda sanal ve gerçek dökümlülük katsayısı arasında yüksek bir uyum bulunmuştur. Görüntü analizi yöntemi kullanan diğer araştırmacıların sistemlerine ek olarak Lo ve ark. (2002), dökümlülük görüntüsünü almak için bilgisayar ve fotoğraf makinesinin yanına bir yazıcı ve çizim tahtası eklemiş ve kumaşın dökümlülük profilini Lecia QW görüntü analizi yöntemini kullanarak, polar koordinatlar yardımıyla matematiksel bir model geliştirerek incelemişlerdir. Bu çalışma ile dökümlülük katsayısı, tepe-çukur pozisyonları, sayıları ve şekilleri hakkında bilgi sahibi olmuşlardır.

Görüntü analizi yöntemi, kumaşın dökümlülüğünün değerlendirilmesinde etkili bir yöntemdir. Bu yöntem ile çeşitli kumaş özelliklerinin dökümlülüğe etkisini incelemek de mümkündür. Uçar ve ark (2004), görüntü analizi yöntemini kullanarak dikişli örme kumaşlarda dökümlülük davranışı ile ilgili bir araştırma yapmışlardır (şekil 1.25). Çalışmalarında Vangheluwe ve Kiekens (1993) tarafından geliştirilen görüntü analiz metodunu kullanmışlar ve dökümlülük katsayısını hesaplamışlardır.



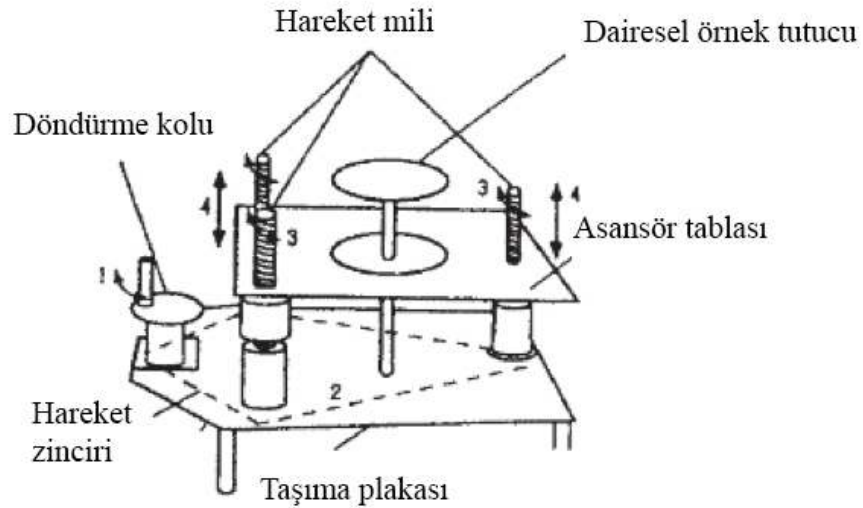
Şekil 1.25 Dikişli ve dikişsiz kumaşlarda dökümlülük ölçümü görüntüleri a. Dikişsiz, b. Sıra yönünde dikişli, c. Çubuk yönünde dikişli, d. Sıra ve çubuk yönünde dikişli (Uçar ve ark., 2004)

Behera ve Mishra (2006), dijital görüntü analizini kullanarak kumaş görünümünün objektif ölçümü üzerinde çalışmışlardır. Kumaşın görünüm endeksini (FAI - Fabric Apperience Index) geliştirmek üzere kumaşın bazı estetik özelliklerini (boncuklanma, dökümlülük, tekstüre ve kırışıklık), ölçen bir bilgisayar yazılımı geliştirmişlerdir. Bunun için kumaşların görüntülerini bilgisayar ortamına almışlar ve yazılım sayesinde bu kumaş parametrelerinin ölçümünü kolaylıkla gerçekleştirmişlerdir (Şekil 1.26). Sonuç olarak boncuklanma özelliğinin görünüme yönelik maksimum katkıya sahip olduğunu ve onu kumaş kırışıklığı, dökümlülük ve tekstürenin etkisinin izlediğini belirtmişlerdir.



Şekil 1.26 Kumaş estetik parametrelerinin görüntüleri a. Dökümlülük, b. Boncuklanma, c. Kırışıklık, d. Tekstüre (Behera ve Mishra, 2006).

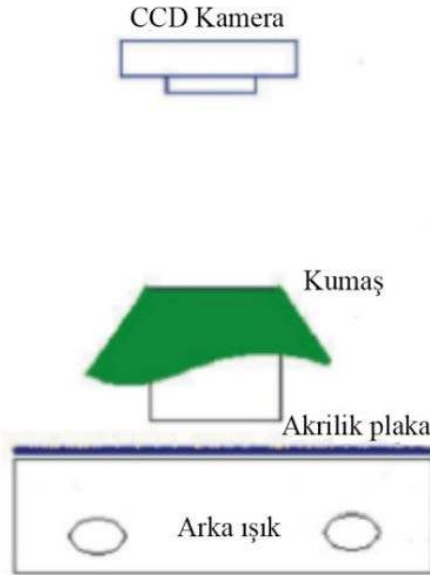
Mizutani ve ark. (2005), çalışmalarında geleneksel dökümlülük makinasını inceleyerek yeni bir dökümlülük ölçüm aleti olan “Dökümlülük Asansörü”nü (Drape Elevator) geliştirmişlerdir (Şekil 1.27). Bu alet ile dökümlülük sırasında kıvrımların değişimini ve dökümlülük şeklini ölçmeye çalışmışlardır. Mizutani ve arkadaşlarına göre dökümlülük olayı dökümlülüğün doğuşu, gelişmesi ve son aşaması olmak üzere üç aşamadan oluşur. Çalışmalarında yeni bir parametre olarak dökümlülük görüntü değerini (R) tanımlamışlardır. Kumaşın nicel dökümlülük analizi için R ve dökümlülük katsayısının kullanışlı parametreler olduğunu belirtmişlerdir. Dökümlülük Asansörü; 12.7 cm çapında dairesel örnek tutucu, örnek tutucuyu çevreleyen 6 cm genişliğinde asansör tablası, asansör tablasının dikey yönde aşağı ve yukarı hareketini sağlayan döndürme kolu, taşıma plakası, hareket mili ve hareket zincirinden oluşan bir sistemdir. Ölçümün başlangıcında örnek tutucu ve hareketli tabla aynı seviyede olup asansör tablası aşağıya doğru hareket ettirildiğinde kumaş, kendi ağırlığı altında dökümlü hale gelir. İşlem boyunca cihazın üst kısmına yerleştirilmiş bir dijital kamera ile dikey olarak görüntü kaydedilir.



Şekil 1.27 Yeni geliştirilen “Dökümlülük Asansörü” (Mizutani ve ark., 2005)

Tsai ve ark. (2009), kumaş dökümlülüğü ölçüm cihazını, bir arka ışık sistemi ekleyerek yeniden dizayn etmişlerdir. Arka ışık kullanımı ile görüntü analizi esnasında arka planın düzgün olmasını sağlamışlardır. Kumaşta kontur kenarlarını bulmak için eşik metodunu kullanmışlardır. Profil konturunu izlemek için bir yazılım yazmışlar ve bu yazılım bütün gri skalaların ve saydam konturların yerini

belirlemede ve dökümlülük katsayısını hesaplamada etkili olmuştur. Kumaş tablası ile arka ışıkların arasına ışığı yansıtması için akrilik bir plaka yerleştirmişler ve üst kısmına da bir CCD kamera yerleştirerek arka ışık yardımıyla oluşturulan görüntünün alınmasını sağlamışlardır (Şekil 1.28). Dökümlülük konturu bulunduktan sonra konturdaki toplam piksel sayısını hesaplamışlar, bu da kumaş görüntüsünün gerçek alanını ve dökümlü haldeki kumaş alanını bulmak için yeterli olmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma ile farklı lifler, farklı incelikler, farklı renk derinlikleri, farklı desen ve dizaynlar, yüksek saydamlık ve yansıtıcı özelliklere sahip kumaşlar ile karanlık odada arka ışık ile çalışıldığında dökümlülük katsayısı ve dökümlülük görüntüsünün kolayca elde edilebileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 1.28 Arka ışık kullanılarak yeniden dizayn edilen dökümlülük ölçerin diyagramı (Tsai ve ark., 2009)

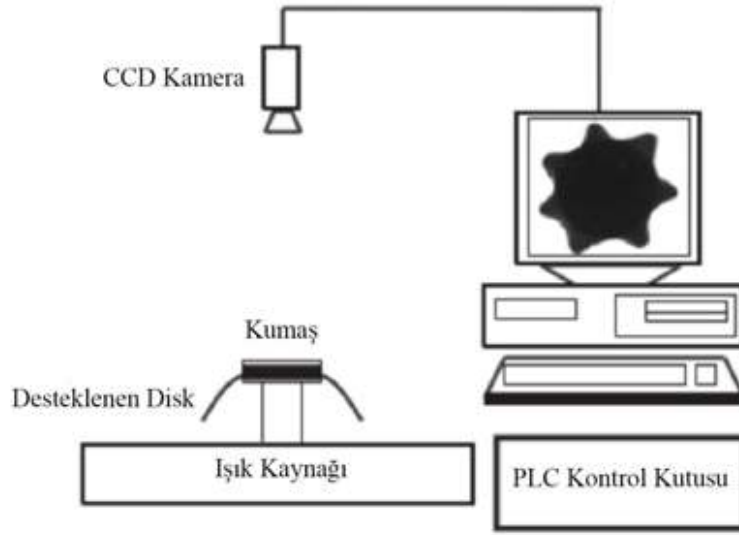
Sonuç olarak, teknolojinin gelişimine paralel olarak kullanımı yaygınlaşan görüntü analizi yöntemi özellikle son yıllardaki araştırmalarda ön plana çıkmaktadır. Bu yöntem sayesinde daha hassas ve tekrar edilebilirliği yüksek ölçümler yapılabilmekte, daha az deneyimli iş gücüne ihtiyaç duyulmakta, sarf malzemesi ve zaman gibi maliyeti arttıran etkenlerden de tasarruf edilmektedir.

1.5.3 Dinamik Dökümlülük Ölçeri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

1930'lara (Peirce, 1930) dayanan kumaş dökümlülüğü ölçümü uzunca bir süre Cusick dökümlülük Ölçeri (Cusick, 1965, 1968) yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar sistemlerinin gelişimiyle birlikte dökümlülük ile ilgili çalışmaları bilgisayar ortamında gerçekleştirme fikirleri oluşmaya başlamıştır. Daha sonrasında ise araştırmacılar dökümlülüğü modellendirmeyi ve simüle etmeyi amaçlamışlar ve dinamik dökümlülük ölçümleri ile ilgili çalışmalara yoğunlaşmışlardır. Dinamik dökümlülük ölçümü, dökümlü haldeki kumaşın üzerinde bulunduğu tablayı belirli hızlarda hareket ettirerek bu esnada dökümlülük ölçümünü yapmaya olanak sağlayan bir sistemdir. Bu sistem, bir kumaşın giyildiğinde dökümlülüğünün nasıl duracağı hakkında fikir sahibi olmak açısından oldukça etkilidir.

Shyr ve ark., (2007), doğal lifli dokuma kumaşta yeni geliştirilmiş dinamik dökümlülük ölçüm sistemiyle, dinamik ve statik dökümlülük katsayısını etkileyen temel parametreleri karşılaştırmışlardır. Yeni dinamik dökümlülük ölçüm sisteminde (DDAMS); geleneksel Cusick dökümlülük ölçüm cihazının üst kısmına bir CCD kamera yerleştirilmiş, bilgisayar tarafından otomatik olarak ayarlanan hızı ile dökümlülük tablası otomatikleştirilmiş ve bilgisayarda görüntü analizi ile dökümlülük görüntüsü pikseller halinde ayrılarak dökümlülük profilinin ölçümü sağlanmıştır (Şekil 1.29). Çalışmalarında, KES-F cihazı ile kumaşların 16 fiziksel özelliğinin ölçümü yapılmıştır. Sonuç olarak, kumaşların statik ve dinamik dökümlülük katsayısının ölçümü için yeni geliştirilen DDAMS, başarılı bir tasarım olmuştur. Deneylerle, statik ve dinamik dökümlülük katsayıları arasında değişik hızlarda iyi bağıntılar bulunmuştur. Diğer bir çalışmada Shyr ve ark. (2009), subjektif ve objektif değerlendirme metodunu kullanarak dökümlü kumaşın tepe-çukur eşiğinin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Kumaşın tepe-çukur sayısını ve dökümlülük katsayısını hesaplamak için dinamik dökümlülük cihazını en yüksek hızda (450 dev/dk) kullanarak kumaşın 19 farklı dinamik dökümlülük görüntüsünü fotoğraflamışlardır. Kumaşın tepe sayısını subjektif olarak belirlemek için 19 aday arasından 13 tutarlı değerlendirici seçilmiş, subjektif olarak belirlenen tepe sayılarının ortalama değerleri tepe-çukur eşiğinin belirlenmesinde temel parametre

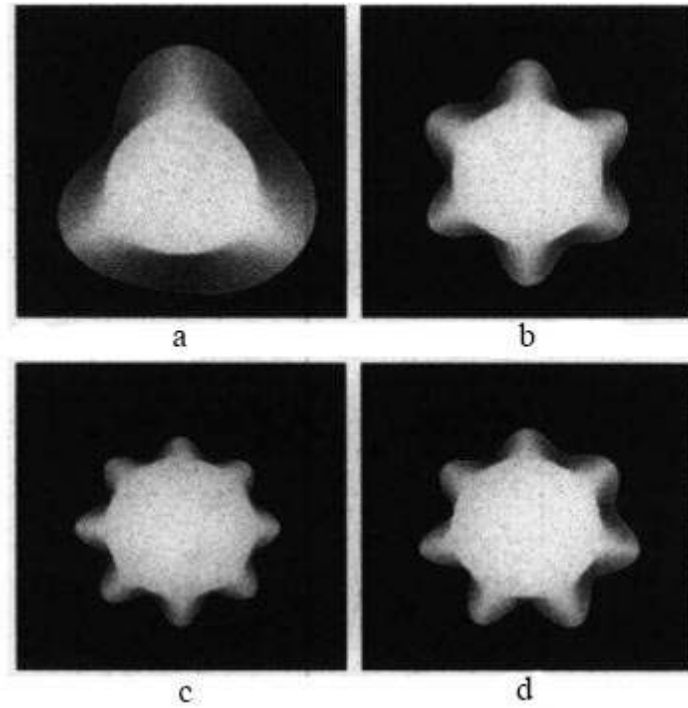
olarak kullanılmıştır. Dalgalı yapıda bir dökümlülük diyagramı oluşturulmuştur. Dökümlülük profilinde tepe-çukur bölgelerin merkez noktaya olan uzaklığı (0,3 cm) tepe-çukur eşiği olarak belirlenmiştir. Bir dökümlülük ölçerin üst kısmına CCD kamera monte ederek bilgisayarın, dökümlü kumaşın görüntüsünü kaydetmesi sağlanmış ve Adobe Photoshop ve Matlab programları kullanılarak kumaşın dökümlülük görüntüsünden (BMP formatında) piksel sayıları hesaplanarak dökümlülük katsayısı hesaplanmıştır. Çalışmalarının sonucunda artan rotasyon hızı, tepe ve çukurların arasındaki mesafelerin kısalmasına ve tepe sayılarının azalmasına yol açmıştır.



Şekil 1.29 Dinamik dökümlülük ölçerin diyagramı (Shyr ve ark., 2007)

Pek çok araştırmacı ortaya çıkan bu yeni fikir karşısında dinamik dökümlülük ölçer üzerinde çalışmış ve küçük değişiklikler yaparak cihazı modernize etmişlerdir. Matsudaira ve ark. (2003), terbiye işlemleri esnasında polyester kumaşların statik ve dinamik dökümlülük katsayılarının değişimini incelemişlerdir. Dinamik dökümlülük için dönen dökümlülük artış katsayısı (D_r), 200 dev/dk hızla dönen dökümlülük katsayısı (D_{200}), sallanma pozisyonunda dinamik dökümlülük katsayısı (D_d) gibi bazı yeni parametreler tanımlamışlar ve çalışmalarını Japon standartlarına uygun ve 0 – 240 dev/dk hız ile çalışabilen dinamik dökümlülük ölçerini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, kumaşların kıvrım sayıları (n), dönen dökümlülük artış katsayısı (D_r) ve dinamik dökümlülük katsayısı (D_d) özellikle relaksasyon olmak üzere bitim işlemleri uygulanması ile artmıştır. Statik dökümlülük

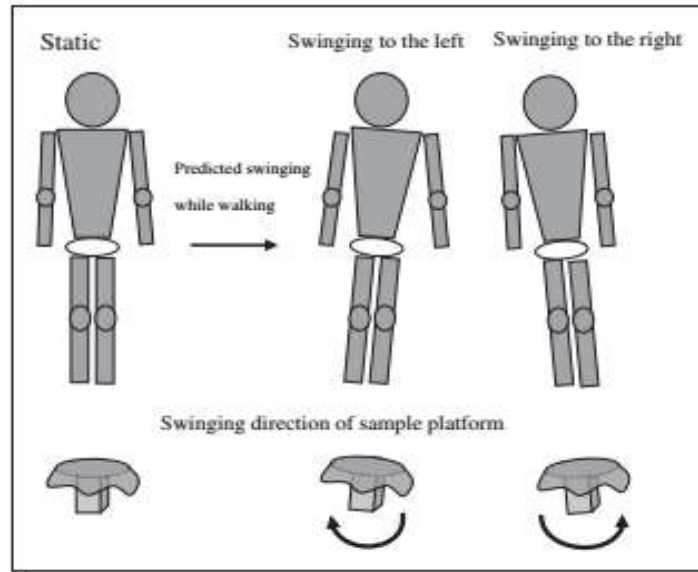
katsayısı (D_s) ve 200 dev/dk ile dönen dökümlülük katsayısı (D_{200}) özellikle relaksasyon olmak üzere bitim işlemleri uygulanması ile azalmıştır (Şekil 1.30). Bu parametreler boya işlemlerinden sonra çok fazla değişime uğramamıştır ve bunlar için yıkayıcının etkisinin jet boyama makinasının etkisinden daha güçlü olduğunu söylemişlerdir. Çalışmalarında, sıklık, iplik bükümü ve iplik numarası değişimi ile dökümlülük katsayılarının değişimini incelemişlerdir.



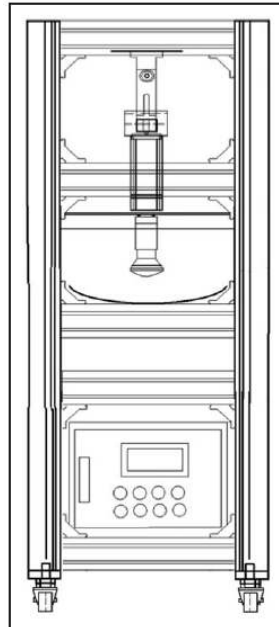
Şekil 1.30 Terbiye işlemlerinin kumaş dökümlülüğüne etkisi a. Dokuma sonrası, b. Relaksasyon sonrası, c. Ağırlık azaltma sonrası, d. Bitmiş ürün (Matsudaira ve ark., 2003)

Diğer bir çalışmada ise Wang ve Cheng (2011), yeni bir otomatik dökümlülük ölçüm sistemi kullanarak yürüyüş sırasında oluşan farklı salınım açılarının kumaştaki dökümlülük davranışı üzerindeki etkilerini incelenmişlerdir (Şekil 1.31). Yeni geliştirilen otomatik dinamik dökümlülük ölçüm sistemi (AMSDD, diğer bir deyişle 4'ü bir arada), 175 dev/dk' ya kadar çıkarılabilen hıza ve ileri, ileri-geri ve sallanma hareketinin oluşturulmasına imkan veren bir sistemdir (Şekil 1.32). Bu çalışmada kullanılan dört adet dokuma kumaşın (pamuk, keten, ipek, yün) dökümlülük davranışının incelenmesi için yedi farklı dönüş hızı (25, 50, 75, 100, 125, 150 ve 175 dev/dk), iki tip hareket (ileri ve ileri-geri), farklı sallanma hızları (5-45 dev/dk) ve

farklı sallanma açıları (0^0-90^0) kullanılmıştır. 4'ü bir arada (AMSDD) sistemi; dönebilen örnek tabla, dökümlülük görüntüsünü fotoğraflamak için yerleştirilmiş bir CCD kamera, yürüyüş davranışını simüle eden (ileri, ileri-geri ve salınım hareketi) yedi farklı hıza ayarlanabilen üç çeşit dinamik durum ayarı, kavisli yansıtıcı ayna, akrilik dökümlülük görüntüsü yansıtıcı panel, halojen lamba ve dairesel şablonlardan oluşur.



Şekil 1.31 Salınımın simülesinin tahmini şekli (Wang ve Cheng, 2011)



Şekil 1.32 Dördü bir arada dinamik dökümlülük ölçüm sistemi (Wang ve Cheng, 2011)

Al-Gaadi ve ark. (2012), dökümlülüğün ölçümü ve analizi üzerine yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın yapılmasındaki amaç, dökümlü kumaşı nispeten daha büyük ölçekli olarak görmek ve değişik dökümlülük şekilleri ve farklı dökümlülük özelliklerinin nedenlerini bulmaktır. Çalışmada, iplik bükümünün dökümlülük davranışı üzerine etkisini incelemişlerdir. Ayrıca, tekstil malzemesinin dökümlülük şekil düzgünsüzlüğünü açıklamak için “Dökümlülük Düzgünsüzlük Faktörü” (Drape Unevenness Factor - *DU*) tanımlamışlardır. Deneyde kayma ve eğilme özelliklerini KES sistemi ile ve dökümlülük ölçümü Sylvie 3D dökümlülük ölçüm cihazı ile gerçekleştirmişlerdir (Şekil 1.33). Sylvie 3D cihazında bilgisayar kontrollü olarak çalışan motor, tablayı kaldırır. Bu sayede dökümlülük hızı her denemede aynı olmakta ve aynı dinamik etki sağlanmaktadır. Ölçüm boyunca cihazın köşelerine yerleştirilmiş 4 lazer vericisi kumaş üzerine lazer çizgileri yansıtır ve köşelere yerleştirilmiş 4 kamera vasıtasıyla lazer vericilerinin üzerinden çizgiler kaydedilir. Kameralar ve lazer vericileri ölçüm çerçevesine yerleştirilmiştir. Tarama boyunca ölçüm çerçevesi hareketlidir. Bilgisayar kontrollü cihaz siyah bir kutu içine monte edilmiştir ve bu sayede ölçüm sırasında karanlık bir ortam sağlanmıştır. *DU*, fiziksel olarak dalgalı haldeki dökümlü kumaşın düzlemsel izdüşümünün çevresinin dalga boyunun bağıl sapmasıdır. Yüksek kayma ve eğilme rijitliği, yüksek dökümlülük katsayısını beraberinde getirir.



Şekil 1.33 Sylvie 3D dökümlülük ölçüm cihazı (Al-Gaadi ve ark., 2012)

Matsudaira ve Yang (2013), ipekli dokuma kumaşın geleneksel statik ve yeni dinamik dökümlülük katsayısının özelliklerini incelemişlerdir. Geleneksel statik dökümlülük katsayısını (D_s) görüntü analiz sistemiyle yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlikle ölçmüşlerdir. Daha sonra izotropik ve anizotropik kumaşlar için katsayı ile ilgili bir regresyon eşitliği oluşturmuşlar ve bilgisayar simülasyonu ile statik dökümlülük şeklini kantitatif olarak kumaşın temel mekanik parametrelerini analiz etmişlerdir. Kumaşın dinamik dökümlülük davranışını incelemişler ve kumaşın dönen dökümlülük katsayısını niteleyen D_r parametresi ve sallanan pozisyonlardaki dinamik dökümlülük katsayısını niteleyen bir D_d parametresi belirlemişlerdir. Çalışmada ipekli kumaşların geleneksel dökümlülük katsayısı ve yeni dinamik dökümlülük katsayısı üzerinde çalışarak kendi regresyon denklemlerini kullanmışlar ve iplik yapısından kumaş yüzeylerini tam olarak ayırt etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak yeni geliştirdikleri D_r , ve D_d dökümlülük katsayılarının ipekli kumaşları karakterize etmede geleneksel statik dökümlülük katsayısından ve kıvrım sayısından daha kullanışlı parametreler olduğunu açıklamışlardır.

Matsudaira ve ark. (2008), terbiye işlemleri esnasında poliester kumaşların statik ve dinamik dökümlülük katsayılarının değişimini incelemişlerdir. Dinamik ve statik dökümlülük katsayılarının ölçümü çok zaman alacağı için bu değerleri tahmin edebilmek için regresyon denklemleri türetmişlerdir. Statik dökümlülük katsayısı (D_s), dönen dökümlülük artış katsayısı (D_r), 200 dev/dk ile dönen dökümlülük katsayısı (D_{200}) ve dinamik dökümlülük katsayısı (D_d) için regresyon denklemleri bulmuşlardır. Bitim işlemleri kumaşların kıvrım sayılarını (n), dönen dökümlülük artış katsayısını (D_r) ve dinamik dökümlülük katsayısını (D_d) arttırmıştır. Öte yandan, statik dökümlülük katsayısı (D_s) ve 200 dev/dk ile dönen dökümlülük katsayısı (D_{200}) bitim işlemleri ile azalmıştır.

Tandon ve Matsudaira (2010), kumaşların dökümlülük davranışının tahmini üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında, kumaşların gerekli mekanik özelliklerini KES-F ile ölçmüşlerdir. Ayrıca, dinamik ve statik dökümlülük katsayılarını hesaplamışlardır. Statik (D_s) ve dinamik dökümlülük katsayılarının (D_r , D_d , D_{200}) %CV değerleri yüksek olduğu için bunların yerine D_r/D_s (I_r), D_d/D_s (I_d) ve I_{200}

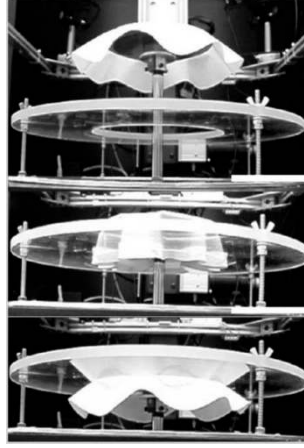
dökümlülük akışkanlık endekslerini kullanmışlardır. Dinamik dökümlülük katsayısını Japon standartlarına göre, 0-240 devir/dk hız seçenekleri olan dinamik dökümlülük ölçer ile ölçmüşlerdir. Çalışmalarının sonucunda KES-F sistemi kullanılarak objektif ölçümlerle dökümlülük katsayısının tahminlenebileceğini belirtmişlerdir.

Pratihara (2013), kumaşın dökümlülük davranışını incelemiş ve bu kapsamda çeşitli kumaş parametrelerini araştırmıştır. Çalışmasında deneyde Plakom Digital Planimeter'i (Japonlar tarafından yeni geliştirilen dökümlülük ölçüm cihazı) kullanarak kumaşın dökümlülüğünü hesaplamış ve kumaşın eğilme özelliklerini Shirley Stiffness test cihazı ile ölçmüştür. Kumaşların dökümlülük katsayılarını 5 farklı hızda (0, 25, 75, 125, 175 dev/dk) ölçmüş ve farklı hızlarda kıvrım sayılarını belirlemiştir. Sonuç olarak, hız arttıkça dökümlülük katsayısı ve kumaştaki kıvrım sayısının arttığı, dökümlülük katsayısı arttıkça da kumaştaki kıvrım sayısının arttığı görülmüştür.

1.5.4 Farklı Yaklaşımlarla Kumaş Dökümlülüğünün Ölçümü

Cusick dökümlülük ölçeri ve bunu esas alan görüntü analizi yöntemlerinin dışında kumaşların dökümlülük davranışlarını farklı yöntemlerle de inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır. Kumaş dökümlülüğü için elastik halka teorisini esas alan ve bir model geliştiren Stump ve Fraser (1996), çalışmalarında iki boyutlu halka teorisine dayanan basitleştirilmiş tekstil kumaş dökümlülüğünün modelini, dökümlülük ölçerin dairesel geometrisine uygulamışlardır. Kumaş özellikleri ve dökümlülük geometrisini içeren materyal parametrelerini belirlemişler ve bir dizi deforme halkanın içinde bulunan enerjiyi kullanarak dökümlülüğü karakterize etmişlerdir. Al-Gaadi ve ark.(2012), kumaş dökümlülüğünün ölçümünde halka prensibine dayalı dökümlülük ölçüm cihazını kullanmışlardır. Çalışmada yukarı ve aşağı hareketi sağlayan tabla üzerinde bulunan dökümlü haldeki kumaşlar değişik çaplarda (210 mm, 240 mm, 270 mm, 300 mm) halkaların içinden geçirilerek belirli zamanlarda dökümlülükleri görüntülenmiştir (Şekil 1.34). Bu sayede fotoğraflanmış kumaşta dökümlülük düzgünsüzlük faktörü (DU) ve dökümlülük katsayısı (DC)

hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda veriler istatistiksel olarak Student t-testi ve F-testleri ile değerlendirilmiştir.



Şekil 1.34 Halka prensibine dayalı dökümlülük ölçüm cihazı (Al-Gaadi ve ark., 2012)

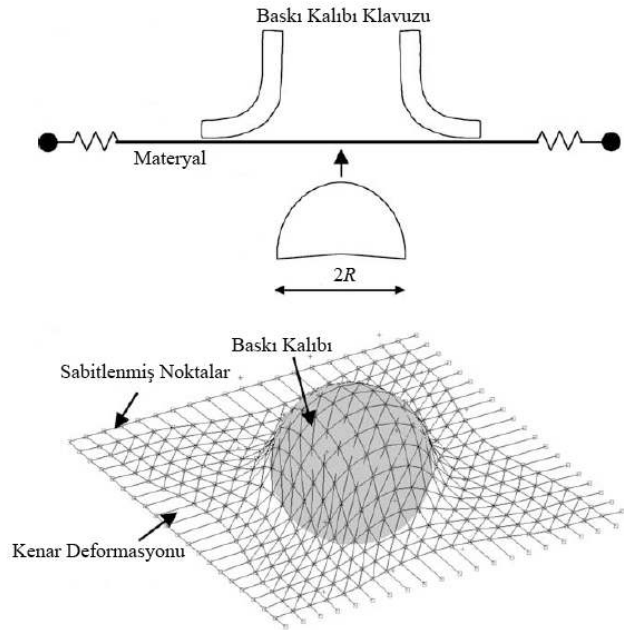
Bazı araştırmacılar kumaşların dökümlülük ve eğilme özelliklerini yapay sinir ağları ile modellemişlerdir. Bu yöntem kumaşların dökümlülük derecesi ve dökümlülük özelliklerini belirlemede etkili bir araçtır. Pattanayak ve ark. (2010), yapay sinir ağları ve çoklu regresyon yöntemini kullanarak pamuklu dokuma kumaşın dökümlülük parametreleri hakkında tahminde bulunmuşlar ve bu amaçla kumaş dökümlülük parametreleri arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Kumaşların dökümlülük parametrelerini geliştirilmiş dijital görüntü analizi tekniğiyle, düşük yük altındaki mekaniksel özelliklerini ise KES cihazı ile ölçmüşlerdir. Dökümlülük parametrelerini, çoklu regresyon ve ileri beslemeli yapay sinir ağları tekniklerini kullanarak modellemişler ve düşük hata yüzdesi vermesinden dolayı yapay sinir ağları metodunun daha kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir. Stylos ve Powell (2003), yapay sinir ağları kullanarak kumaş dökümlülüğü ve kıvrım sayısı, kıvrım derinlik indeksi ve kıvrım düzgünlüğü arasındaki ilişkiyi modellemişlerdir. Ek olarak dökümlülük özellikleri ve kumaş eğilme direnci, kayma ve ağırlığı arasındaki ilişkileri de yapay sinir ağlarını kullanarak modellemişlerdir. Oluşturulan modellerin kumaşların dökümlülük özellikleri ve dökümlülük derecesini belirlemede çok güçlü bir araç olduğu ortaya çıkmıştır. Sistemin doğruluğu %83'ün üzerinde bulunmuştur. Geliştirilen modelin gücü, geleneksel lineer regresyon denklemleri ile ve ayırt edici analizler ile elde edilen modellerle karşılaştırılmış ve yeni geliştirilen modelin daha kullanışlı olduğu bulunmuştur.

Fisher ve ark. (1999), dokuma kumaşların deformasyon davranışlarını açıklamak için kabuk teorisini esas alarak kumaşların dökümlülük davranışlarını simülasyon tekniği ile belirlemeye çalışmışlardır Başka bir çalışmada Breen ve ark. (1994), etkileşimli parçacıklar tekniğini kullanarak dokuma kumaşın dökümlülüğünü incelemişlerdir. Çalışmalarında süreç yaklaşımından ziyade etkileşimli parçacıklar ile dokuma kumaşın mikro yapısını açıkça temsil eden teorik bir modelden yararlanmışlardır. Giysinin dökümlülük davranışını modellemek için KES cihazı kullanılarak elde edilen deneysel veriler ve modelin enerji denklemleri yardımıyla bir model geliştirmişlerdir.

Çoklu lineer regresyon modelini öneren başka bir çalışmada Okur ve Cihan (2002), kumaşlarda dökümlülük katsayısını FAST cihazından elde edilen objektif verilerle tahminlemişlerdir. Korelasyon analizi için SPSS programını kullanmışlar ve Cusick dökümlülük ölçerden elde edilen dökümlülük katsayısı ve FAST sistemi ile tespit edilen mekanik özellikleri incelemişlerdir.

Sonlu elemanlar tekniğini kullanarak dökümlülüğü inceleyen çalışmalarda ise bu tekniğin kompozit malzemenin dökümlülüğünü belirlemede etkili olduğu belirtilmiştir. Tahal ve ark. (2012), sonlu elemanlar tekniğini kullanarak çift eğrilik modülleri üzerinde dokuma kumaşların dökümlülük davranışı hakkında bir tahminleme yapmışlardır. Çalışmalarında ince tekstil kompozit ile birlikte jüt ve cam lifi kullanmışlardır. Çift eğrilik modülü normal bir dökümlülük ölçerden farklı bir yapıya sahiptir ve kompozit malzeme üretim tekniğine benzer yapıdadır. Bir kamera, pozitif kalıp, negatif kalıp, piston, iki adet kol, şeffaf yüzey, örgülü yüzey ve kılavuz milinden oluşan bir sistem ile dökümlülük ölçümü yapılarak kumaşın kayma davranışı ve eğilme rijitliği hakkında tahminleme yapılmıştır. Kaplama faktörü arttıkça, kayma dayanımı artmış ve dolayısıyla kötü bir dökümlülük elde edilmiştir. Sharma ve Sutcliffe (2004), dokuma kumaşta kompozit malzemenin dökümlülüğü için basitleştirilmiş sonlu elemanlar modelini geliştirmişlerdir. Geliştirilen model başlıca iki yaklaşımın (kinematik modelleme ve kapsamlı sonlu elemanlar modelleme) arasında yer almaktadır. Araştırmacılar, yaklaşımda basit birim hücre tekniğini kullanmışlardır. Çalışmada kumaş basit kafes elemanları ağı ile

modellenmiş ve malzemenin kayma rijitliğini simüle etmek için yumuşak elemanlar ile uç uca bağlanmış köşegenler kullanılmıştır (Şekil 1.35). Materyali temsil etmesi için uzunluğu D olan deforme olmamış kare şeklinde bir birim hücre oluşturulmuştur. Belirlenen materyal özellikleri birim hücre üzerinde formüle edilmiştir. Çekme testleri çapraz yönde yapılmıştır. Test sırasında ortaya çıkan biçim bozukluğunu uygun görüntü analizi yöntemi ile düzeltmişler ve bu da kumaş örneğinin farklı bölgelerinden materyal özelliklerini belirlemek için etkili olmuştur. Malzemenin deformasyonunu pim-mafsallı analiz ile modellemişler ve kumaşın her iki ucundan tutturulduğunda kumaşta sert üçgen bölgeler oluşmuştur. Kumaşların dökümlülüğü için, yumruk şeklinde bir kalıp üzerine kumaşı yerleştirmişler ve belli noktalardan sabitleyerek kalıp üzerinde dökümlü olması sağlanmışlardır. Liflerin kayma açılarını hesaplamışlardır. Çapraz yöndeki gerilme testi sırasında merkezdeki deformasyonu ölçmek için, diyagonal elementler için germe-çekme eğrisi oluşturulmuştur. Sonuç olarak, basitleştirilmiş sonlu elemanlar modeli kompozit malzemelerin dökümlülük davranışını belirleyebilmek için tavsiye edilmiştir. Bu modelin, elipsoidin dökümlülüğünü tahminleyebilmek için ve proses optimizasyonunun nasıl olacağına dair fikir edinebilmek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 1.35 Kompozit malzemenin dökümlülük simülasyonu (Sharma ve Sutcliffe, 2004)

Termona (2003), dokusuz yüzey kumaşların dökümlülük ve eğilme özellikleri için kafes modeli geliştirmiştir. Modelde ilk önce belirlenmiş vektör boyunca bir lifi, kafesin üzerine yerleştirmiş ve bu işlemi belirlenen hacime gelene kadar diğer lifler için de tekrar etmiştir. İşlem lif şeritlerinin iki çeşit ağ oluşumuna olanak vermiştir (serbest olmayan şeritler ve tamamen serbest şeritler). Çeşitli matematiksel hesaplamaların sonucunda kafes modelinin eğilme rijitliğini $E_f d^2$ olarak bulmuştur. 3 boyutlu dağılım oryantasyonuna sahip olan dokusuz yüzeylerin daha düşük eğilme rijitliğine sahip olduğunu belirtmiştir. Kumaş kalınlığı boyunca lif yoğunluk değişiminin büyük öneme sahip olduğunu ve bu durumda serme işlemi sırasında biçim bozukluğuna bağlı rastgele değişimlerin genellikle eğilme rijitliğini arttırdığını bulmuştur. Kafes modelinde kafesin, kumaşın orta düzlemi içindeki lif ağırlık konsantrasyonunu büyük ölçüde azalttığını söylemiştir. Çalışmanın sonunda, kafes modelinin dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliğini etkileyen faktörleri kontrol etmede etkili bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Bir başka çalışmada Sze ve Liu (2003), kumaş dökümlülüğü için parçacık bazlı eş dönme modeli üzerinde çalışmışlardır. Çalışmalarında sonlu eleman analizlerindeki küçük germe problemleri için eş dönme yaklaşımı ve yaygın olarak kullanılan varsayımları, elastik enerjiyi formülize etmek için kullanmışlardır. İç kuvvet vektörü ve rijitlik matrisi diğer parçacık bazlı modellere göre oldukça basittir. Doğrusal olmayan elastik sistemler için çözüm metodu geliştirmişlerdir. Etkileşimli parçacık bazlı metoda benzer olarak kılavuz çizgileri atkı ve çözgü iplikleri ile dik ve hizalanmıştır. Elastik enerjiyi değerlendirmek için düğüm tabanlı entegrasyon bölgeleri belirlemişler ve ince kabuktaki enine kayma enerjisi ve deformasyonları ihmal ederek ve gerilme ve eğilme enerjilerini kullanarak düğüm tabanlı entegrasyon bölgesinde elastik enerji formülünü tanımlamışlardır. Çalışmada, geleneksel yöntemleri kullanarak kumaşların eğilme ve kayma özelliklerini ölçmüşlerdir. Çözgü yönü boyunca gerilme ve eğilme gerginliklerinden kaynaklanan enerjinin yanında, çeyrek dairedeki kafes enerjisini de dikkate alınan bir diğer enerji olarak almışlardır. Elastik enerjilerden ortaya çıkan vektör ve matrisleri tekrarlayan türevlerden elde etmişlerdir. Bu vektör ve matrisleri birleştirerek sistemin iç kuvvet vektörlerini ve teğet sertlik matrisini 3 boyutlu dökümlülük analizi hazır hale getirmiş olacaktırlar. Newton-Raphson metodu tek boyutlu örnek için iyi bir sonuç çıkarmış olmasına rağmen üç boyutlu

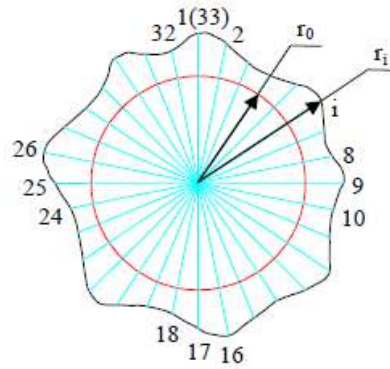
dökümlülük için yetersiz kalmıştır. Bunun başlıca nedeni de kumaşın eğilmesinin çok zayıf olmasıdır. Daha sonra 3 boyutlu dökümlülüğü açıklayabilmek için daire şeklinde bir masa üzerine dökümlü olacak şekilde daire şeklinde bir kumaş, daire şeklinde masa üzerine dökümlü olacak şekilde kare şekilli bir kumaş, kare şeklinde masa üzerine dökümlü olacak şekilde kare şekilli bir kumaş yerleştirmişlerdir. Daire şeklindeki masa etrafına dökümlü olacak şekilde yerleştirilmiş kare ve daire şekilli kumaşlarda kıvrım sayıları sallanan kumaş uzunluklarının azalmasıyla artmıştır (Sze ve Liu, 2003).

Parçacık sistemlerinde basit doğrusal eğilme direncini araştıran ve bir model geliştiren Volino ve Magnenat-Thalmann (2006), çalışma kapsamında basit, düşük maliyetli ve nicel olarak eğilme sertliğini temsilen oldukça iyi bir doğruluğa sahip alternatif bir yaklaşım önermişlerdir. İlk olarak eğilme sertliğini simüle edebilmek için homojen bir simülasyon sağlayan yay-kütle mekanik gösterimleri ile geçit yayı yaklaşımını incelemişlerdir. Ancak bu yaklaşım ile oldukça hatalı sonuçlar elde etmişlerdir. Öte yandan normal güç yaklaşımı, eğilme sertliğinin değerlendirilmesinde etkilidir ve yüzeydeki gerilme sertliğinin de önemli bir etkisi yoktur. Ancak bu metodun maliyeti daha yüksektir. Çalışma kapsamında basit, hesaplı ve nicel olarak eğilme sertliğini temsilen oldukça iyi bir doğruluğa sahip alternatif bir yaklaşım önermişlerdir. Yaklaşımında; parçacık pozisyonlarının basit doğrusal kombinasyon doğrultusunda yüzeydeki eğilmeyi temsilen eğilme vektörü hesaplanmış ve sonra bu vektörü yüzey eğilme sertliğine bağlı olarak parçacık kuvvetler şeklinde yeniden paylaştırılmıştır. Hesaplama kolaylığı ve hız açısından oluşturulan modeli tercih edilebilir olarak değerlendirmişlerdir.

3D vücut taraması, bilgisayar ortamında vücut ölçüleri alınan insanda bir giysinin vücutta nasıl duracağı hakkında fikir edinilmesi açısından etkili bir yöntemdir. Kenkare ve ark. (2008), kumaşların dökümlülük simülasyonunun doğruluğunu arttırmaya yönelik 3D vücut taraması kullanarak kumaş dökümlülüğünün ölçümü üzerine yeni bir teknik geliştirmişlerdir. Test için 12 adet dokuma ve 2 adet örme kumaş kullanmışlardır. Kumaşların bazı mekanik özelliklerini (kumaş ağırlığı, eğilme rijitliği, kayma rijitliği, yüzey pürüzlülük katsayısı, yükün doğrusallığı,

çekme enerjisi ve çekme rezilyansı) KES cihazı ile ölçmüşlerdir. 3D tarayıcı kumaş dökümlülüğünü Cusick dökümlülük ölçerin prensibine benzer şekilde daire şeklinde bir tabla üzerine yerleştirilen daire şeklindeki kumaşı yaklaşık 12 saniyede tarayarak kumaşın dökümlülük görüntüsünü Geomatic yazılımına kaydeden bir sistemdir. Çalışmalarının deney kısmında her dökümlülük görüntüsünün 0^0 ve 90^0 görüntülerini vücut tarayıcı ile çekmişler ve tam bir görüntüde birleştirmişlerdir. 3D vücut tarayıcı ile alınan dökümlü kumaş görüntülerinden elde edilen dökümlülük katsayısını Cusick cihazı ile bulunan dökümlülük katsayısı ile karşılaştırmışlar ve oldukça yüksek bir korelasyon bulmuşlardır. Bu sonuç ile 3D vücut tarayıcının dökümlülük ölçümü için Cusick cihazına iyi bir alternatif olarak sunulmasını sağlamıştır. Dai ve ark. (2001), çalışmalarında birkaç şekil parametresini, kumaşın mekanik özelliklerini ve yapı modeli tahminlemesini kullanarak kumaş dökümlülüğü için yeni bir model tasarlamışlardır. Bu teknik ile giysinin 3 boyutlu dökümlülüğünü görselleştirmişler ve etek olarak simüle edebilmişlerdir. Bu model sayesinde 3D etek görünümü gibi 3D kumaş dökümlülük görüntüsü görselleştirilmiştir. Geometrik model kıyafetin dökümlülüğünü basit, hızlı ve detaylı bir şekilde simüle etmede başarılı olmuştur. Pandurangan ve ark. (2008), özel bir yazılım kullanarak (Modulate™) dökümlülük simülasyonunu iyileştirmişlerdir. Deney aşamasında, gerçek kumaşlardaki gibi, parçacık modellenmiş dökümlülük simülasyonunun da eğilme rijitliği parametresinin değişiminden etkilendiği vurgulanmıştır. Çalışmada, kumaş örneklerinin eğilme rijitliği değerleri KES cihazı ile ölçülmüştür. Daha sonra 3D tarayıcı kullanılarak dökümlülük simülasyonları değerlendirilmiştir. Çeşitli testler sonucu simülasyonun gerçek dökümlülük görüntüsü ile iyi bir eşleşmeye sahip olduğunu ortaya konmuştur. Ngoc ve Anh (2010), çalışmalarında dökümlülük katsayısı ve dökümlülük profili analizi ile ilgili deneysel yöntem kullanarak kumaş ve etek dökümlülüğü üzerine bir araştırma yapmışlardır. Eteğin dökümlülüğünü V-stitcher 3D simülasyon yazılımını kullanarak incelemişlerdir. Kumaş örneğinin dökümlülük profilini ölçmek için x-y koordinat sistemini baz alan bir metod geliştirmişlerdir. Bu metoda göre dökümlü haldeki kumaşın görüntüsünü merkezinden 32 eşit parçaya bölmüşlerdir (Şekil 1.36). Kıvrım yer değiştirme eğrisi üzerinde x-y koordinat sistemi yerleştirmişler ve burada x eksenini 1° ’den 33° ’e kadar ($0-2\pi$ radyan) olan açılarını niteleyen kıvrım pozisyonları ve y eksenini de kıvrımın derinliğini $[r_i-r_0]$ temsil edecek şekilde nitelendirmişlerdir.

Kumaşın 3D dökümlülüğünü inceleyebilmek için hazır bir mankene etek giydirmişler ve eteğin dökümlülük profilini ön, yan ve arka görünümünden fotoğraflamışlardır. Kıyaslamak için V-stitcher 3D simülasyon yazılımını kullanmışlar ve aynı şekilde ancak bu sefer bilgisayar ortamında mankene etek giydirilmişlerdir. Mankene giydirilen etekteki dökümlülük ile V-stitcher 3D simülasyon yazılımını kullanarak giydirilen etekteki dökümlülük arasındaki farklılıkları analiz etmişlerdir. Bu yöntemin giysinin CAD sisteminde dökümlülüğünü tahminlemede etkili olacağını belirtmişlerdir.



Şekil 1.36 Kumaşın dikey görünümü (Ngoc ve Anh, 2010)

Çalışmalarında parçacık tabanlı modellemeyi kullanan Kim ve Chi (2006) bu modeli dökümlülük simülasyonu için hızlı hesaplama ve kolay uygulanabilirliği sayesinde tercih edilebilir bir yöntem olarak önermişlerdir. Simülasyon sonuçları ve KES-FB'den alınan sonuçlarda birbirine yakın sonuçlar elde etmişler ve 3D giysi dökümlülük simülasyonunu her çeşit giysi tipi dökümlülük ve tasarımı için kullanışlı bir yöntem olarak tanımlamışlardır.

1.5.5 Eğilme Direnci ile Dökümlülüğün İlişkisi

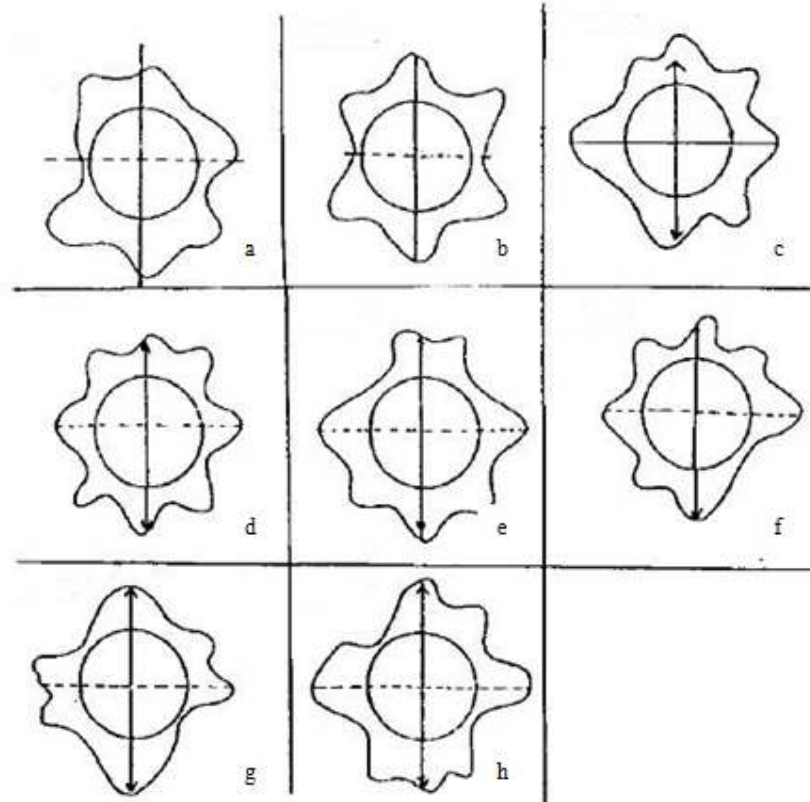
Pek çok araştırma kumaşların dökümlülük ve eğilme direnci parametrelerinin doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar çeşitli regresyon denklemleri, bağıntılar, yöntemler ve deneyler ile bu iki parametre arasındaki ilişkiyi sayısallaştırmaya çalışmış ve sonuç olarak çok iyi korelasyonlar elde etmişlerdir.

Kumaşların mekanik özellikleri ile ilgilenen Hu ve Chan (1998), Cusick Dökümlülük Ölçeri ve KES-F cihazlarını kullanıp kumaş örneğinin atkı ve çözgü yönünde ölçümler yapmışlardır. Dört adet regresyon modeli geliştirmişler ve bulunan bu modellere göre kumaşın dökümlülük katsayısını en iyi şekilde tahminleyerek parametreler arasında istatistiksel bir ilişki bulabilmek için SPSS programını kullanmışlardır. Sonuç olarak, kumaşın dökümlülük katsayısı ve eğilme direnci arasında güçlü bir korelasyon elde etmişlerdir.

Kumaşların eğilme ve dökümlülük özellikleri çeşitli cihazlar yardımıyla ölçülüp denklemler kullanılarak hesaplanabilmektedir (Formül 1.1, Formül 1.2 ve Formül 1.10). Süle (2012), çalışmasında atkı ipliği numarasının, atkı ipliği sıklığının ve çözgü geriliminin dokuma kumaşların eğilme ve dökümlülük özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada kumaşların dökümlülük katsayıları Cusick dökümlülük ölçeri ve kumaşların eğilme dirençleri de Shirley eğilme ölçeri kullanılarak ölçülmüştür. Kumaşların eğilme rijitlikleri ve dökümlülük katsayıları arasında farklı çözgü gerilimleri açısından yüksek korelasyon katsayıları (0.86 – 0.96) bulunmuştur.

Kumaş dökümlülüğü ve eğilme direnci arasındaki ilişkiyi inceleyen ve bu iki parametrenin birbiri ile bağlantılı olacağını belirten bir başka çalışmada ise Seram ve Rupasinghe (2013), dikişli ve düşük gramajlı dokuma kumaşlarda eğilme rijitliğinin dökümlülük katsayısına etkilerini incelemiştir. Çalışmada, üç farklı yönde dikişli kumaşlarda (atkı, çözgü ve çapraz yön) incelenen bu parametreler ile ilgili denklemler tanımlanmış, dikişin bu parametreler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deney için kumaşların eğilme rijitlikleri Shirley eğilme direnci test cihazı kullanılarak ve dökümlülük katsayıları da Cusick dökümlülük ölçeri kullanılarak hesaplanmıştır. Benzer bir çalışmada Hu ve ark. (1997), dikişlerin kumaş dökümlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Kumaşların dökümlülük katsayılarını ve görünümelerini değerlendirmek için Cusick dökümlülük ölçer'i ve eğilme uzunluğunu belirleyebilmek için FAST-2 cihazını ve Peirce's Flexometer'i ve kumaşlarda dikiş işlemi için de Brother Exedra dikiş makinesini kullanmışlardır. Kumaşlarda dikiş işlemini, değişik uzunluklarda uygulamışlar ve kumaşları dikiş uzunluklarına göre

sınıflandırmışlardır. Çalışmalarında kumaş dökümlülüğü ve dikiş toleransı (DT), dikiş yönleri ve dikiş pozisyonları, dökümlülük katsayısı, eğilme uzunluğu ve dökümlülük profilini incelemişlerdir. Dikişsiz kumaşın, Cantilever testinde dikey yönde dikişli ile karşılaştırıldığında en düşük değere sahip olduğu fakat eğilme uzunluğu açısından yatay yöndeki dikiş için bunun geçerli olmadığı sonucuna varmışlardır. Kumaşın dikey yönündeki dikişte eğilme uzunluğu her zaman yatay yöndeki dikişe kıyasla yüksek çıkmıştır. Dikey yöndeki dikişte kumaşın eğilme uzunluğunun dikiş toleransı ile arttığı ve daha sonra dikiş toleransının artmasıyla sabit kaldığını gözlemişlerdir. Kumaş örneklerinde kıvrım oryantasyonunu dikiş yönlerini karşılaştırarak bulmuşlardır. Bulunan bu değer dikişsiz kumaş örneğine uygulandığında dökümlü kumaştaki kıvrımlar ve kumaşın yönelimi arasında bağlantı bulmuşlardır (Şekil 1.37). Dikişli kumaştaki dökümlülük davranışının dikişsiz kumaşa göre daha karmaşık olduğunu görmüşlerdir. Dikiş pozisyonları, tipleri, yapıları, yönleri ve test metotları sonucu etkileyen parametrelerdir.



Şekil 1.37 Atkı ve çözgü dikiş yönlerinde kıvrımın şekli a. Kumaş önü - dikişsiz, b. Tek dikiş, c. Tek dikiş, d. Çift dikiş - 1 mm SA, e. Çift dikiş - 5 mm DT, f. Çift dikiş - 10 mm DT, g. Çift dikiş - 15 mm, h. Çift dikiş - 20 mm (Hu ve ark., 1997)

Dokuma kumaş anizotropisinin dökümlülük davranışı üzerindeki etkilerini inceleyen Sidabraitė ve Masteikaite (2003), test örneklerinde farklı yönlerdeki eğilme rijitliğini değerlendirmişlerdir. Eğilme rijitliğinden dolayı dokuma kumaşların anizotropi seviyesini temsil etmesi ve polar diyagramlar oluşturmak için FAST-2 cihazını kullanarak 12 değişik yönde eğilme uzunluğunu ölçmüşler ve eğilme rijitliğini hesaplamışlardır. Ayrıca dökümlü haldeki kumaşın kenar uzunluklarını 24 farklı yönden ölçmüşlerdir. Çalışma kapsamında kumaşların dökümlülükleri görüntü analizi yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Sonuç olarak, 12 yönden ölçülen eğilme rijitliğinin, kumaşın dökümlülük profili ve dökümlülük katsayısını belirlemek için iyi bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur.

Kumaşların dökümlülüğünün değerlendirilmesinde dökümlülük parametreleri ve kumaşların mekanik özellikleri büyük ölçüde etkiye sahiptir. Kenkare ve May-Plumlee (2005), kumaşın dökümlülük karakteristiği üzerine bir değerlendirme yapmış ve sonuç olarak, eğilme, kayma ve uzama özelliklerinin dökümlülük katsayısına etkilerini göstererek dökümlülük ölçümünün giysilik kumaşlar için önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Kumaşların mekanik özelliklerinin dökümlülük ve tutumu nasıl etkilediğini araştıran Frydrych ve ark. (2000) ise dökümlülük katsayısı ve kumaşın şekil alabilirliğini ve şekil alabilirlik katsayısını etkileyen mekanik özellikleri arasında korelasyon bulmaya çalışmışlardır. Çalışmalarında dökümlülüğe en çok etki eden parametreleri eğilme rijitliği (özellikle atkı yönünde B_{OW}), başlangıç gerilme modülü C_{OW} (özellikle çözgü yönünde C_O) ve kumaş şekil alabilirliği (özellikle atkı yönünde F_{FW}) olarak bulmuşlardır.

Bazı çalışmalarda da kumaş mekanik özelliklerinin zamanla değişebileceği belirtilmiştir. Lojen ve Jevsnić (2007), kumaş dökümlülük parametrelerinin (dökümlülük katsayısı, kıvrımlar, eğilme rijitliği, örnek çapı ve ölçümün tekrarlanabilirliği) uzun zaman periyotlarında değişimlerini analiz etmişlerdir. Deneyler için 8 tip dokuma kumaş kullanılmıştır. Dört farklı zaman periyodu (2, 4, 6 ve 24 saat sonra) ile Cusick dökümlülük ölçer ve görüntü analiz tekniğini kullanarak kumaşların dökümlülük katsayısı ve dökümlülük parametrelerini (kıvrımları sayısı, maksimum ve minimum genlikleri), FAST kullanarak da kumaşların eğilme

rijitliğini hesaplamışlardır. Deneyler sonucunda zamana bağlı olarak parametrelerin değişimini ve dökümlülük katsayısı - eğilme rijitliği, dökümlülük katsayısı - maksimum/minimum genlikleri arasında bağıntılar bulmuşlardır.

Kumaş eğilme direnci ve dökümlülüğünü ölçmek için yeni bir test metodu geliştiren Sun (2008), bir mesnet üzerine artı işareti şekilde yerleştirilen ve üzerine bir ağırlık konarak desteklenen şerit şeklindeki dört parça kumaş numunesi üzerinden eğilme direnci ve dökümlülük ölçümleri gerçekleştirmiştir (Şekil 1.38). Her bir şerit 2.5 cm genişliğinde ve 5 cm uzunluğundadır. Dikdörtgen blok şeklinde tasarlanan mesnetin dört tarafına cetveller yerleştirilmiş ve dikdörtgenin her yüzeyine milimetre ölçekli gönye yerleştirilmiştir. Sarkan şeritlerin x ve y koordinatları ölçülerek dökümlülük açıları belirlenmiştir. Bu verilerden yola çıkarak da atkı ve çözgü şeritlerinin dökümlülükleri hesaplanmıştır. Çalışmada, eğilme direnci değerleri Shirley eğilme direnci ölçeri (Şekil 1.6) kullanılarak geleneksel yöntemle ve FAST-2 eğilme direnci ölçeri kullanılarak ölçülmüştür. Shirley eğilme direnci ölçeri ve FAST-2 eğilme ölçeri kullanılarak bulunan sonuçlar ile yeni sonuçlar arasında güçlü bir korelasyon olduğu görülmüştür. İyi bir sonuç için ölçümden önce bir dakika boyunca beklenerek kumaşın oturması sağlanmalıdır. Bu yöntemde, kullanılan kumaşın boyutları küçük olduğundan kumaş firesi azdır. Ancak, kumaşın sertlik ve yumuşaklığına bağlı olarak şerit uzunluğunun 7,5 cm veya 2,5 cm olması gerekmektedir.



Şekil 1.38 Yeni kumaş sertlik ölçeri (Sun, 2008)

Kumaş konforu, giysi seçiminde önemli faktörlerden biri olup tüketici bir giysiyi beğendiğinde renk, model ve konfor o giysinin ilk olarak gözüne çarpan özelliklerindendir. Spor giyim uygulamalarında ise giysi seçiminde konfor isteği ön plana çıkmaktadır. Filgueiras ve ark. (2009), çalışmalarında spor giyim uygulamalarında örme kumaşlarda poliesterefonksiyonel lif karışımlarının dökümlülük özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Poliestere lif karışımı kullanılarak farklı yüzeylerde fonksiyonel liflerle (Outlast, Dry release, Aquator, Polybutylene terephthalate, Bioactive) çeşitli örme kumaşlar üretilmiştir. Bu farklı karışimli kumaşların dökümlülük katsayıları ve eğilme dirençleri standartlara uygun olarak ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Araştırmaların sonucunda dökümlülük katsayısı ve eğilme direnci değişimleri açıklanmış, dökümlülük ve eğilmenin hareket esnasında (örneğin bir futbolcu için) pozitif etki, rahat hareket ve konforu artırma açısından önemli parametreler olduğu vurgulanmıştır.

Bir başka çalışmada Agraval (2013), kıvrım parametrelerinin bilgisayar yazılımı kullanılarak kavranması üzerine çalışmıştır. Kamera ile elde edilen dökümlü kumaş görüntüsünden Makromedia Flash Player yazılımını kullanarak kıvrım sayılarını elde etmiştir. Kumaşların eğilme uzunluğunu, eğilme modülünü, bükülme rijitliğini Shirley sertlik ölçeği ile ölçmüştür. Kıvrım parametreleri ve eğilme özellikleri ile yapısal özellikler arasında yüksek korelasyon elde edilmiştir.

1.6 Çalışmanın Amacı

Dökümlülük ve eğilme direnci, kumaşların performans, görünüm, konfor, tutum gibi pek çok özelliğini yakından ilgilendiren parametrelerdir. Günümüzde kumaşların dökümlülük ve eğilme direnci, klasik test yöntemleri ve cihazlarının dışında, yeni yöntemler ve cihazlarla da ölçülmektedir. Ancak, bu parametreler genel olarak ayrı ayrı cihazlar kullanılarak ölçülmek durumundadır. Bu durum, hem ölçüm cihazı açısından hem de zaman açısından ekstra maliyetler doğurmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, kumaş dökümlülüğünün ve eğilme direncinin tek bir cihaz ile tek bir ölçüm sonucunda ölçülmesi hedeflenmiştir. Literatür incelendiğinde,

aynı anda dökümlülük ve eğilme özelliklerini ölçen bir çalışmayla karşılaşmamaktadır. Bu amaçla görüntü analizi tekniğini esas alan yeni bir ölçüm cihazı tasarlanmış ve üretilmiştir. Yeni cihazın sağladığı en büyük avantajlardan bir tanesi iki testin aynı anda yapılıyor olmasının yanı sıra görüntü analizi tekniğinin sağlayacağı pratiklikten dolayı zaman tasarrufu sağlamasıdır. Buna ek olarak, makina, yardımcı malzeme, işçilik gibi pek çok maliyet kaynağı da ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca, görüntü analizi esaslı ölçüm ile deneyi yapan kişinin neden olabileceği hata kaynakları da ortadan kaldırılmakla birlikte çok fazla deneyimi olmayan kişilerin de testi kolaylıkla gerçekleştirmesine olanak sağlamaktadır.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Tez kapsamında, takım elbiselik olarak kullanılmak üzere üretilmiş 42 tip %100 yünlü dokuma kumaş ile çalışılmıştır. Kumaşların yapısal özellikleri Tablo 2.1’de yer almaktadır. Kumaşlar seçilirken dökümlülük ve eğilme direnci değerlerinin geniş bir aralıkta yer alabilmesi amaçlanmış ve bu sebeple deney setinde düşük ve yüksek gramajlı kumaşlara homojen bir şekilde yer vermeye çalışılmıştır.

Tablo 2.1 Tez kapsamında kullanılan dokuma kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş No	Hammadde	Örgü Tipi	Metrekare Ağırlığı (g/m ²)	Sıklıklar (tel/cm)		Kalınlık (mm)
				Çözü	Atkı	
1	%100 Yün	Dimi	222,1	32,4	30,4	0,58
2	%100 Yün	Bezayağı	182,5	28,8	28,4	0,34
3	%100 Yün	Bezayağı	143,0	31,2	30,0	0,30
4	%100 Yün	Bezayağı	137,8	25,2	29,2	0,27
5	%100 Yün	Dimi	202,3	30,6	28,2	0,44
6	%100 Yün	Dimi	210,5	31,8	29,6	0,49
7	%100 Yün	Bezayağı	159,4	28,0	28,0	0,34
8	%100 Yün	Bezayağı	155,5	36,8	34,8	0,30
9	%100 Yün	Dimi	192,8	24,2	20,4	0,48
10	%100 Yün	Dimi	171,3	37,6	36,0	0,31
11	%100 Yün	Dimi	166,8	34,8	34,8	0,32
12	%100 Yün	Dimi	160,1	32,0	30,0	0,31
13	%100 Yün	Dimi	145,4	44,0	38,8	0,29
14	%100 Yün	Dimi	190,2	34,8	34,8	0,36
15	%100 Yün	Bezayağı	156,6	34,8	32,0	0,30
16	%100 Yün	Dimi	165,3	36,0	36,0	0,30
17	%100 Yün	Bezayağı	195,8	30,4	26,8	0,41
18	%100 Yün	Dimi	202,6	18,0	14,0	0,64
19	%100 Yün	Bezayağı	179,8	35,4	32,8	0,41
20	%100 Yün	Bezayağı	176,3	34,0	34,0	0,36
21	%100 Yün	Dimi	184,5	22,0	20,8	0,53

Tablo 2.1 Tez kapsamında kullanılan dokuma kumaşların yapısal özellikleri (devam)

Kumaş No	Hammadde	Örgü Tipi	Metrekare Ağırlığı (g/m ²)	Sıklıklar (tel/cm)		Kalınlık (mm)
				Çözü	Atkı	
22	%100 Yün	Bezayağı	151,0	32,0	30,0	0,31
23	%100 Yün	Bezayağı	149,6	40,4	30,8	0,31
24	%100 Yün	Dimi	185,2	30,2	30,2	0,39
25	%100 Yün	Bezayağı	152,0	36,8	30,4	0,30
26	%100 Yün	Dimi	211,0	40,4	32,8	0,45
27	%100 Yün	Bezayağı	134,0	24,0	24,0	0,28
28	%100 Yün	Dimi	148,1	50,4	34,8	0,27
29	%100 Yün	Dimi	221,3	28,8	23,4	0,52
30	%100 Yün	Bezayağı	166,8	34,4	32,8	0,39
31	%100 Yün	Bezayağı	158,2	38,0	38,0	0,32
32	%100 Yün	Bezayağı	154,0	26,8	24,8	0,29
33	%100 Yün	Dimi	215,7	52,4	48,2	0,47
34	%100 Yün	Bezayağı	138,1	28,8	26,4	0,28
35	%100 Yün	Dimi	164,5	36,8	34,0	0,33
36	%100 Yün	Dimi	197,6	31,4	29,8	0,46
37	%100 Yün	Dimi	169,0	44,8	38,8	0,30
38	%100 Yün	Bezayağı	141,7	26,8	24,0	0,32
39	%100 Yün	Dimi	187,0	36,8	36,0	0,38
40	%100 Yün	Dimi	174,8	38,0	32,8	0,35
41	%100 Yün	Bezayağı	149,9	34,0	28,0	0,29
42	%100 Yün	Bezayağı	138,9	32,0	28,8	0,27

2.2 Metot

Tez kapsamında, seçilen kumaşların dökümlülük ve eğilme özellikleri hem geleneksel yöntemlerle hem de yeni geliştirilen görüntü analizi temelli yöntemle değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında kumaşların dökümlülük katsayıları Cusick Dökümlülük Ölçeri ve eğilme dirençleri de Sabit Açılı Eğilme Ölçeri kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmanın ikinci aşamasında ise yeni geliştirilen cihaz tarafından elde edilen dökümlü kumaş görüntüleri kullanılarak dökümlülük katsayısı değeri görüntü analizi yöntemiyle hesaplanmış ve aynı görüntüler üzerinden alınan

merkez-kenar uzaklıkları ile de eğilme direnci değeri için istatistiksel bir model yardımıyla tahmin yapılmıştır.

2.2.1 Kumaş Dökümlülüğünün Ölçülmesi

Tez kapsamında kullanılan 42 tip %100 yünlü dokuma kumaş TS EN ISO 139:2008'e göre kondisyonlanmıştır. Kumaşların dökümlülük katsayıları Cusick Dökümlülük Ölçeri kullanılarak TS 9693:1991'e göre ölçülmüştür. Her bir kumaş tipi için 30 cm çaplı beşer adet numune hazırlanmış ve ölçümler her bir numunenin ön ve arka yüzleri için gerçekleştirilmiştir. Dökümlülük katsayısının hesaplanabilmesi için Formül 1.1'den yararlanılmıştır. Tek bir kumaştan ön ve arka yüz için toplam on adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Daha sonra genel dökümlülük katsayısının elde edilebilmesi için ön yüzden elde edilen sonuçlar ile arka yüzden elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

2.2.2 Kumaş Eğilme Direncinin Ölçülmesi

TS EN ISO 139:2008'e göre kondisyonlanmış kumaşların eğilme özellikleri TS 1409:1974 standardına göre Sabit Açılı Eğilme Ölçeri (Cantilever Eğilme Testi) kullanılarak ölçülmüştür. Her bir kumaş tipinden TS 1409:1974 standardına uygun olacak şekilde 2,5 x 20 cm² lik dikdörtgen şablon kullanılarak atkı ve çözgü yönlerinde beşer adet numune alınmıştır. Bir numunenin eğilme uzunluğunun ölçülmesi için ön yüzünden iki ve arka yüzünden iki olmak üzere toplam dört adet değer elde edilmiştir. Kumaşların eğilme direncinin hesaplanması için Formül 1.2'den yararlanılmıştır. Genel eğilme direnci (G_0) ise atkı ve çözgü eğilme direncinin geometrik ortalaması alınarak Formül 1.3 yardımıyla hesaplanmıştır.

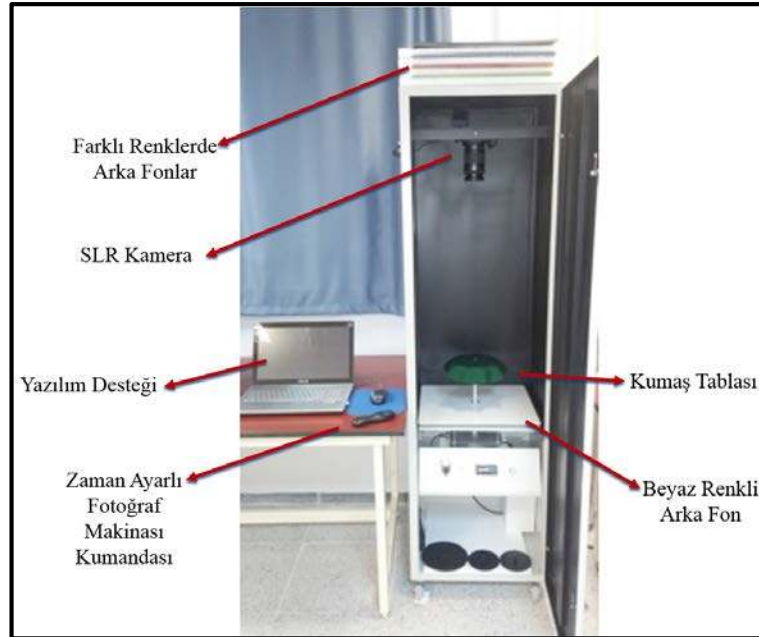
2.2.3 Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Cihaz ile Kumaş Dökümlülüğünün ve Eğilme Direncinin Ölçülmesi

Tez kapsamında, Cusick Dökümlülük Ölçerini esas alan ve görüntü analizi yöntemine göre çalışan yeni bir test cihazı tasarlanmış ve üretilmiştir (Şekil 2.1).

Yöntemde ilk olarak dökümlülük katsayısı ve eğilme direnci değerlerinin hesaplanması için SLR fotoğraf makinası tarafından alınan gerçek renkli görüntüler sırasıyla gri seviyeye ve ikili görüntüye dönüştürülmüştür. Dökümlülük katsayısı ve eğilme direnci değerleri de bu görüntüler kullanılarak görüntü analizi yöntemleri ile hesaplanmıştır.

2.2.3.1 Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Ölçüm Cihazı

Yeni geliştirilen cihaz genel olarak kumaş numunesinin yerleştirildiği dairesel kumaş tablası ve kamera sisteminden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Cihazda, görüntü analizi yöntemi için gerekli olan görüntüler kablosuz uzaktan kumanda sistemiyle çalışan Canon 600D SLR fotoğraf makinası tarafından alınmaktadır. Kumaşın yerleştirileceği dairesel tablanın çapı 18 cm'dir. Bununla beraber, gelecekteki çalışmalarda cihazın farklı standartlarla (BS EN 9073, BS 5058, ERT 90-1, AFNOR G07-109, UNI 8279, FZ/T01045 vb.) uyum sağlaması için kumaş tablası değiştirilebilir nitelikte tasarlanmıştır ve 12 cm çaplı ikinci bir tabla da üretilmiştir. Görüntü analizi yöntemi için uygun görüntülerin net bir şekilde alınabilmesi amacıyla kumaş tablasının alt kısmına kumaş rengine göre değiştirilebilen arka fonlar (siyah, beyaz, kırmızı, yeşil ve mavi renkli) yerleştirilebilmektedir.



Şekil 2.1 Tez kapsamında geliştirilen görüntü analizi esaslı ölçüm cihazı

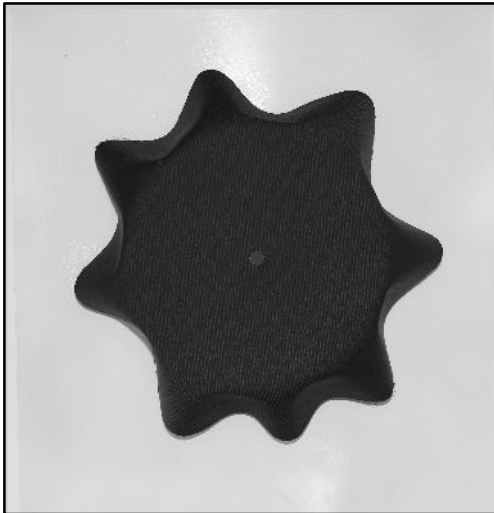
2.2.3.2 Kumaş Görüntülerinin Alınması ve İşlenmesi

Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı ölçüm yönteminin ilk aşaması gerçek renkli görüntülerin (Şekil 2.2) alınması ve bu görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılmasıdır.



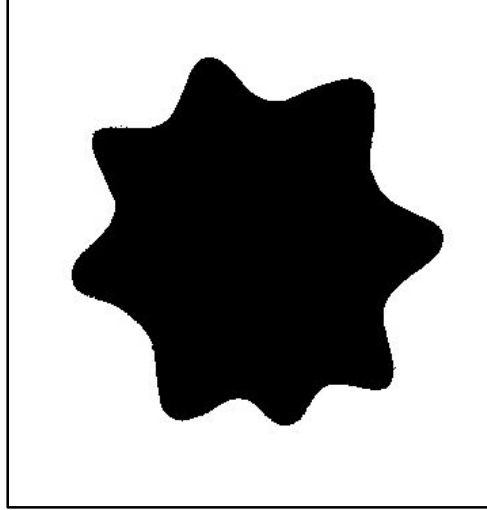
Şekil 2.2 Canon 600D SLR fotoğraf makinası tarafından alınan gerçek renkli görüntü

Yöntemin ikinci aşamasında, gerçek renkli görüntü Matlab programı yardımıyla gri seviye görüntüye dönüştürülür (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Matlab programı ile gri seviye görüntüye dönüştürülmüş görüntü

Görüntü işleme işleminin üçüncü aşamasında, gri seviye görüntü Matlab programı yardımıyla ikili görüntüye (binary) dönüştürülür (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Matlab programı ile ikili görüntüye (binary) dönüştürülmüş görüntü

2.2.3.3 Görüntü Analizi Yöntemi ile Dökümlülük Katsayısının Hesaplanması

Yeni yöntemde dökümlülük katsayısının hesaplanması için ilk olarak bir pikselin alanı hesaplanmıştır. Bunun için alanı belli olan 18 cm'lik dairesel destek diskinden yola çıkılmıştır. Öncelikle, destek diskinin gerçek renk görüntüsü alınmış ve daha sonra bu görüntü Matlab programı kullanılarak yazılan kodlar ile sırasıyla gri seviye ve ikili görüntüye dönüştürülmüştür (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Destek diskinin gerçek renk, gri seviye ve ikili görüntüleri

Matlab programı kullanılarak yazılan kodlar ile destek diskinin ikili görüntüsündeki siyah pikseller saydırılmış ve toplam 1.275.664 adet piksel bulunmuştur. Destek diskinin alanından ($A_{Destek\ Diski} = \pi \cdot R^2 = 254,469 \text{ cm}^2$) yola çıkılarak da bir pikselin alanı $0,0001994796 \text{ cm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

İkinci aşamada, Şekil 2.4'teki dökümlü kumaşın ikili görüntüsündeki siyah pikseller saydırılmış ve kumaşın dökümlülük katsayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$DK_{GA}(\%) = \frac{A_{DK} - A_{DD}}{A_{KS} - A_{DD}} \cdot 100 \quad (2.1)$$

Burada;

DK_{GA} ; Görüntü analizi yöntemiyle hesaplanan dökümlülük katsayısı değerini (%),

A_{DK} ; Dökümlü haldeki kumaşın alanını ($A_{DK} = \text{Siyah piksel sayısı} \times 0,0001994796 \text{ cm}^2$),

A_{DD} ; Destek diskinin alanını ($A_{DD} = \pi \cdot 9^2 = 254,469 \text{ cm}^2$),

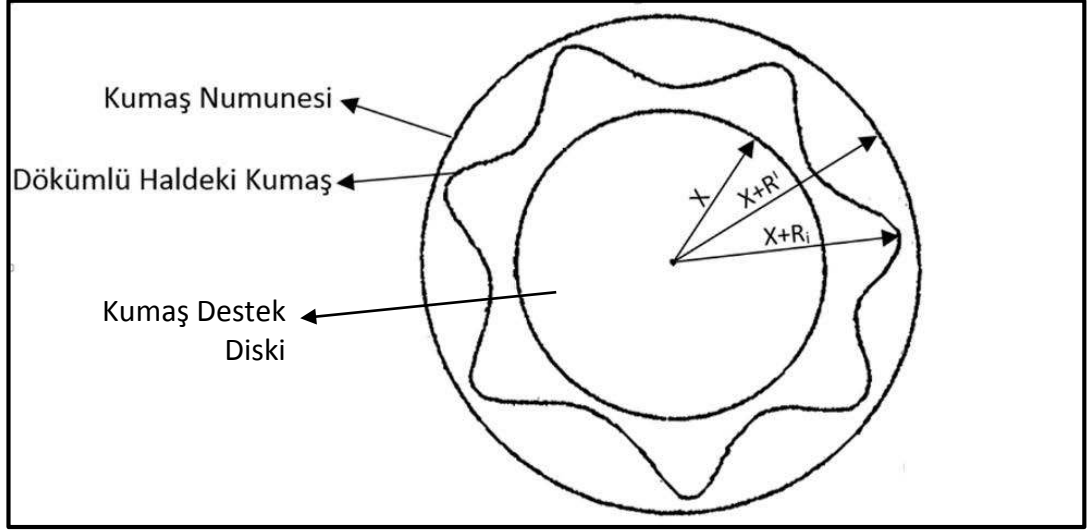
A_{KS} ; Kumaş şablonunun alanını ($A_{KS} = \pi \cdot 15^2 = 706,858 \text{ cm}^2$)

belirtmektedir.

Deneysel çalışmada geleneksel ölçümün yapıldığı kumaş numuneleri kullanılmıştır. Bir kumaş tipi için beş adet ön yüzden ve beş adet arka yüzden olmak üzere toplam on adet dökümlülük katsayısı (%) değeri hesaplanmıştır.

2.2.3.4 Görüntü Analizi Yöntemiyle Eğilme Direncinin Hesaplanması

Yeni yöntemde eğilme direnci değerinin hesaplanması için dökümlü kumaş görüntüsü üzerinden ölçülen merkez-kenar mesafesi ($X_{MK} = X + R_i$) değeri kullanılmıştır (Şekil 2.6). Burada; X , destek diskinin yarıçapını (cm) ifade etmektedir. R_i ise kumaşın destek diskinden kumaş kenarına kadar olan uzaklığının izdüşümüdür. Bu değer kumaşın dökümlülük ve eğilme özelliklerine göre farklılık gösterecektir.



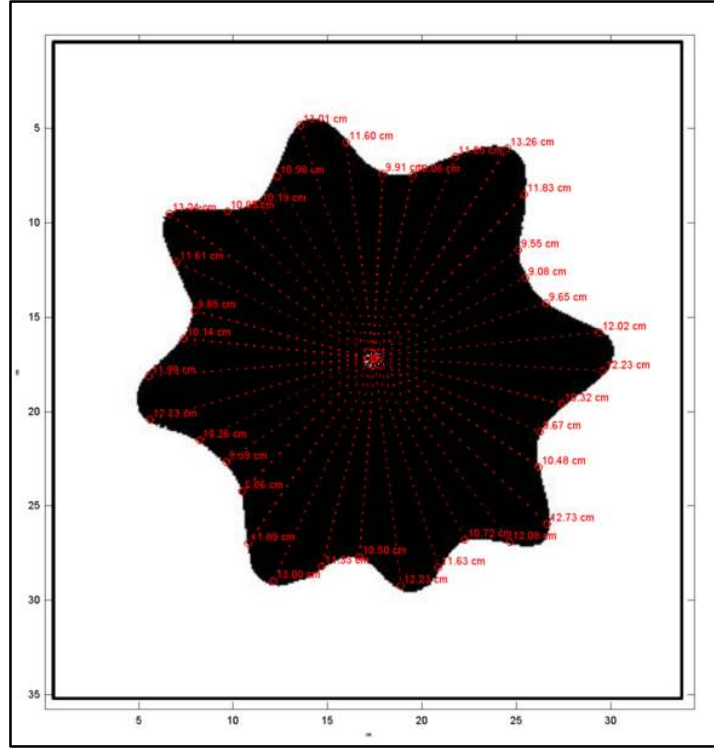
Şekil 2.6 Merkez-kenar arası mesafe

Merkez-kenar mesafesi ($X_{MK} = X + R_i$), kumaşın dökümlülük ve eğilme özelliklerinden etkilenen bir parametredir (Ngoc ve Anh, 2010; TS 1409, 1974) ve eğilme direncinin tahminlenmesinde bir girdi değişkeni olarak kullanılabilir. Bir kumaşın eğilme direnci açısından X_{MK} ile karakterize edilebilmesi için teorik olarak sonsuz sayıda merkez-kenar mesafesi ölçümünün gerçekleştirilip ortalamasının alınması gerekmektedir.

Hesaplamanın ilk aşamasında ölçüleri bilinen referans bir görüntüden yola çıkılarak kalibrasyon yapılmış ve bir pikselin uzunluğu belirlenmiştir. Kalibrasyon için referans olarak destek diskinin merkez-kenar mesafesi (X) ölçülmüş (148 piksel) ve bir pikselin uzunluğu 0.0608 cm olarak hesaplanmıştır.

İkinci aşamada ise merkez-kenar mesafeleri 10° 'lik açılarla ölçülmüş ve her bir kumaş görüntüsünün değerlendirilmesi için toplam 36 adet X_{MK} değeri elde edilmiştir (Şekil 2.7). Tek bir kumaş görüntüsü için ortalama merkez-kenar mesafesi değeri Formül 2.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\bar{X}_{MK} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=36} (X + R_i) \quad (2.2)$$



Şekil 2.7 Matlab programı ile merkez-kenar arası mesafelerin (X_{MK}) ölçülmesi

Çalışmada, bir kumaş tipinden ön ve arka yüzler de göz önünde bulundurulduğunda toplam 10 adet $\bar{X}_{MK}$ değeri elde edilmiştir.

Ek olarak, çalışma kapsamında kumaş tablası üzerindeki kumaşın “**Dökümlülük Açısı (DA_α)**” değerinden (Şekil 2.8) yola çıkılarak kumaş eğilme direnci (mg.cm) değeri için bir tahminleme çalışması yapılmıştır. Dökümlülük açısı (DA_α) aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$DA_\alpha = \arcsin\left(\frac{\bar{X}_{MK} - X}{(X + R') - X}\right) \cdot \frac{180}{\pi}, \text{ derece} \quad (2.3)$$

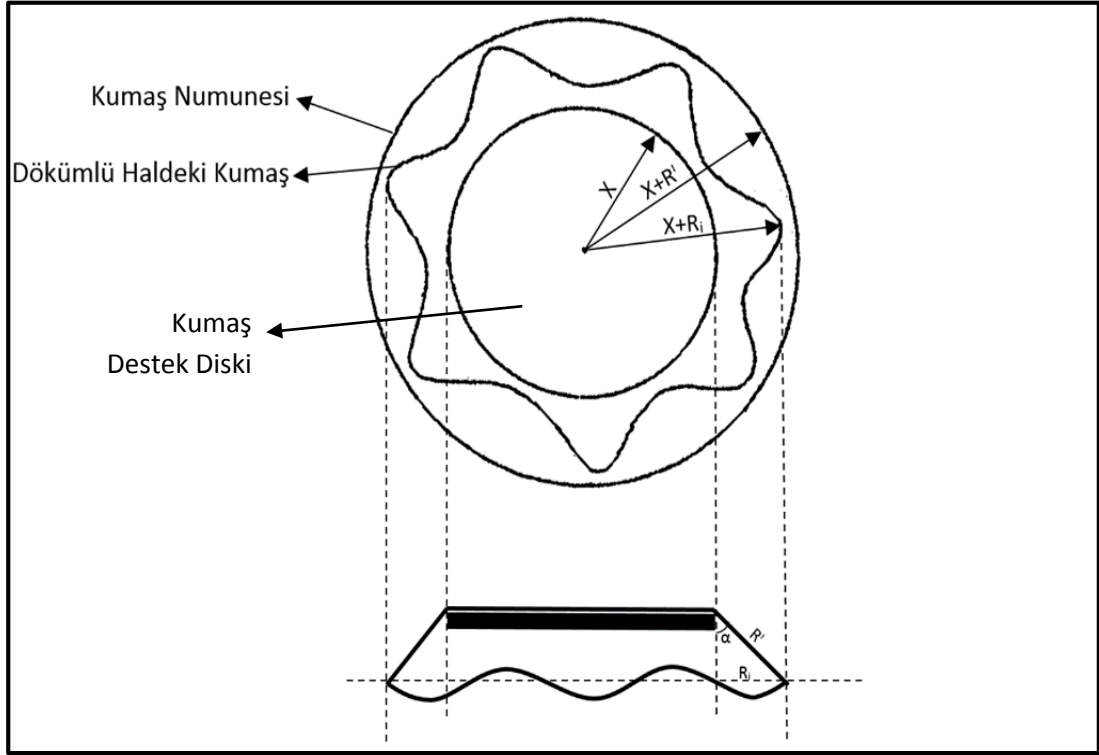
Burada,

$\bar{X}_{MK}$, Ortalama merkez-kenar mesafesini (cm),

X , Destek diskinin yarıçapını (9 cm),

$X+R'$, Kumaş şablonunun yarıçapını (24 cm, 30 cm veya 36 cm),

ifade etmektedir.



Şekil 2.8 “Dökümlülük Açısı, DA_{α} ”

2.2.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında, geleneksel Cusick Dökümlülük Ölçeri’nden elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri ile görüntü analizi esaslı yeni cihazdan elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi amacıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, iki yöntemden elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olup olmadığının araştırılması için SPSS paket programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır.

Yeni yöntem kullanılarak kumaşların eğilme direnci değerlerinin belirlenebilmesi için görüntü analizi ile elde edilen ortalama merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) değerleri bağımsız değişken olarak alınmış ve regresyon analizi yapılarak eğilme direnci bağımlı değişkeni tahminlenmiştir. Bunun yanı sıra, destek diskli üzerindeki kumaşın dökümlülük açısı (DA_{α}) değeri hesaplanarak bağımsız değişken olarak alınmış ve eğilme direncinin tahminlenebilmesi amacıyla ayrı bir regresyon modeli daha oluşturulmuştur.

BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1 Geleneksel Dökümlülük Ölçeri ve Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Cihazdan Elde Edilen Dökümlülük Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması

Tez kapsamında geleneksel dökümlülük ölçerinden ve yeni geliştirilen cihazdan elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiş ve iki yöntemden elde edilen sonuçlar arasında bir fark olup olmadığı analiz edilmiştir. Tablo 3.1’de Cusick Dökümlülük Ölçeri’nden ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı cihazdan elde edilen ortalama dökümlülük katsayısı değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.1 Geleneksel dökümlülük ölçüm yöntemi ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden elde edilen ortalama dökümlülük katsayısı (%) değerleri

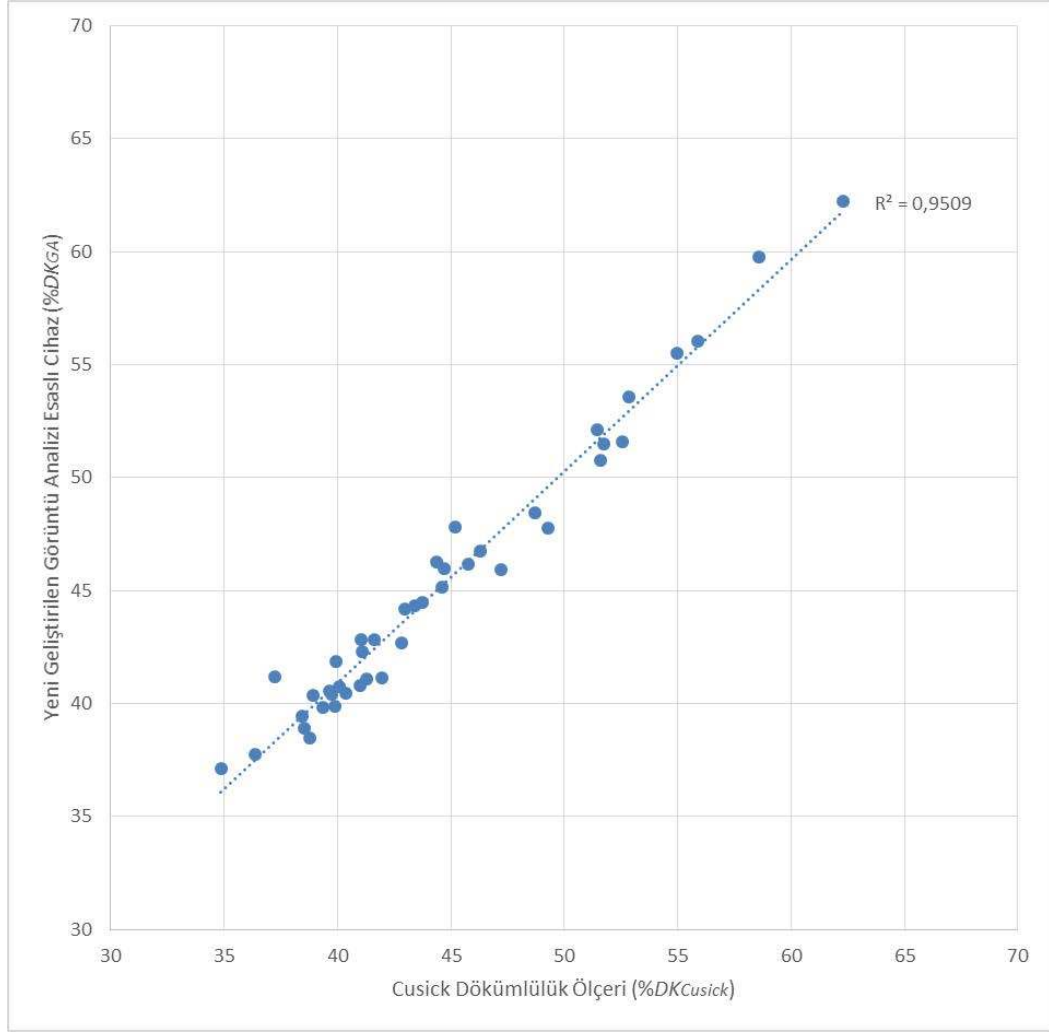
Kumaş No	Cusick Dökümlülük Ölçeri (% DK_{Cusick})	Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Cihaz (% DK_{GA})
1	46,3	46,7
2	39,9	39,9
3	37,2	41,2
4	45,8	46,2
5	48,7	48,4
6	55,0	55,5
7	49,3	47,8
8	41,0	40,8
9	52,8	53,6
10	52,5	51,6
11	47,2	45,9
12	40,4	40,5
13	41,3	41,1
14	38,5	38,9
15	42,9	42,7
16	44,7	46,0
17	51,6	50,8
18	51,5	52,1
19	43,0	44,2
20	39,7	40,4
21	43,8	44,5
22	38,8	38,5

Tablo 3.1 Geleneksel dökümlülük ölçüm yöntemi ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden elde edilen ortalama dökümlülük katsayısı (%) değerleri (devam)

Kumaş No	Cusick Dökümlülük Ölçeri (% DK_{Cusick})	Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Cihaz (% DK_{GA})
23	42,0	41,1
24	39,7	40,5
25	39,4	39,8
26	55,9	56,0
27	44,6	45,1
28	40,1	40,8
29	62,3	62,3
30	41,6	42,8
31	39,9	41,9
32	36,4	37,8
33	58,6	59,8
34	45,2	47,8
35	44,4	46,3
36	51,7	51,5
37	34,9	37,1
38	41,1	42,3
39	39,0	40,4
40	38,5	39,5
41	41,1	42,8
42	43,4	44,4

Şekil 3.1’de iki ölçüm yöntemi tarafından elde edilen 42 adet dökümlülük ölçüm sonucu yer almaktadır. Şekilden de görüldüğü üzere her iki yöntem arasında yüksek bir ilişki bulunmaktadır. Korelasyon katsayısı $R = 0,975$ olarak hesaplanmıştır ve bu değer $\alpha = 0,05$ için istatistiksel açıdan önemlidir ($\alpha = 0,05$ önem seviyesinde $n-2 = 40$ serbestlik derecesi için kritik korelasyon katsayısı 0,304’tür).

Her iki yöntem tarafından elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmakla beraber bu değerler arasında istatistiksel açıdan bir fark olup olmadığının da test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, geleneksel yöntemden ve görüntü analizi esaslı yeni yöntemden elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri için varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 Geleneksel dökümlülük ölçerinden ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı cihazdan elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri arasındaki ilişki

Tablo 3.2’de her iki yöntem tarafından elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri için gerçekleştirilen varyans analizi (ANOVA) tablosu yer almaktadır.

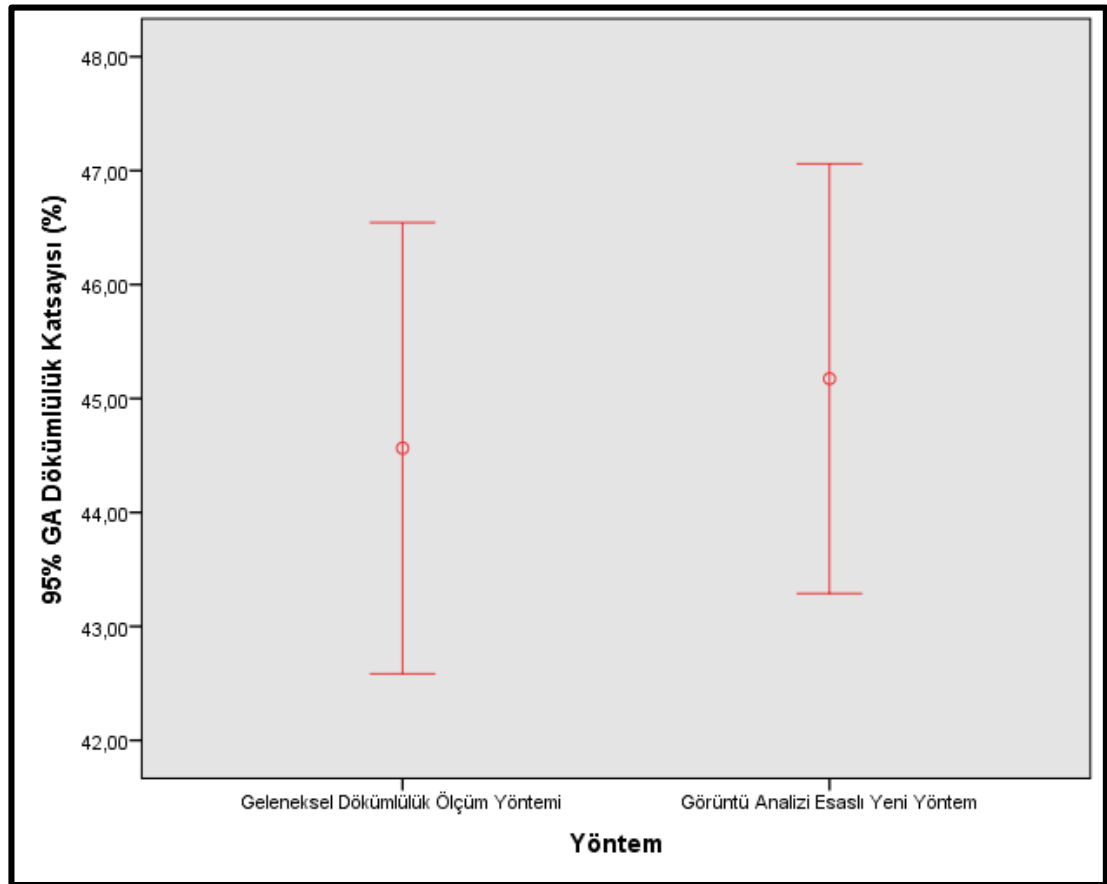
Tablo 3.2 Geleneksel yöntemden ve yeni geliştirilen yöntemden elde edilen dökümlülük katsayısı (%) değerlerine ait varyans analizi tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık (p)
Düzeltilmiş Model	7,802	1	7,802	0,203	0,654
Kesişim	169111,440	1	169111,440	4392,870	0,000
Yöntem	7,802	1	7,802	0,203	0,654
Hata	3156,738	82	38,497		
Toplam	172275,980	84			
Düzeltilmiş Toplam	3164,540	83			

Tablo 3.2 incelendiğinde geleneksel yöntem ile yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntem arasında $\alpha = 0,05$ güven seviyesi için istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmektedir ($p > 0,05$). Tablo 3.3 ve Şekil 3.2’de her iki yöntem için %95 güven aralığı değerleri verilmiştir. Güven aralığı sonuçları da iki yöntem arasında fark olmadığını kanıtlar niteliktedir.

Tablo 3.3 Geleneksel yöntemden ve yeni geliştirilen yöntemden elde edilen dökümlülük katsayısı (%) değerleri için %95 güven aralıkları

Yöntem	Ortalama	Standart Hata	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
Geleneksel Yöntem	44,564	0,957	42,660	46,469
Görüntü Analizi Esaslı Yöntem	45,174	0,957	43,269	47,078



Şekil 3.2 Geleneksel dökümlülük ölçerinden ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı cihazdan elde edilen dökümlülük katsayısı değerleri %95 güven aralığı grafikleri

3.2 Yeni Geliştirilen Görüntü Analizi Esaslı Yöntem ile Kumaş Eğilme Direnci Değerlerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında, kumaşlara ait eğilme direnci değerleri ilk olarak sabit açılı eğilme ölçeri kullanılarak TS 1409:1974'e göre ölçülmüştür. Tablo 3.4'te çalışma kapsamında kullanılan 42 tip %100 yünlü dokuma kumaşa ait eğilme direnci (mg.cm) değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.4 Cantilever test yöntemine göre elde edilmiş atkı, çözgü ve kumaş eğilme direnci (mg.cm) değerleri

Kumaş No	Atkı Eğilme Direnci (G_A) mg.cm	Çözgü Eğilme Direnci ($G_Ç$) mg.cm	Kumaş Eğilme Direnci (G_0) mg.cm ($G_0 = \sqrt{G_A \cdot G_Ç}$)
1	630,6	639,8	635,2
2	296,2	475,9	375,4
3	206,6	382,5	281,1
4	279,2	435,0	348,5
5	669,4	838,1	749,0
6	746,6	983,2	856,8
7	484,4	477,4	480,9
8	262,6	323,3	291,4
9	608,5	795,4	695,7
10	439,9	641,5	531,2
11	377,3	562,8	460,8
12	253,4	490,2	352,5
13	348,4	336,7	342,5
14	267,1	555,8	385,3
15	262,1	479,9	354,6
16	358,3	473,0	411,6
17	736,4	937,1	830,7
18	779,1	1014,6	889,1
19	562,4	694,6	625,0
20	266,7	383,1	319,7
21	458,8	620,9	533,7
22	203,1	334,6	260,7
23	234,5	413,3	311,3
24	312,7	491,8	392,2
25	241,5	345,7	288,9
26	666,2	928,3	786,4
27	330,6	342,6	336,6

Tablo 3.4 Cantilever test yöntemine göre elde edilmiş atkı, çözgü ve kumaş eğilme direnci (mg.cm) değerleri (devam)

Kumaş No	Atkı Eğilme Direnci (G_A) mg.cm	Çözgü Eğilme Direnci ($G_Ç$) mg.cm	Kumaş Eğilme Direnci (G_0) mg.cm ($G_0 = \sqrt{G_A \cdot G_Ç}$)
28	252,0	353,9	298,6
29	784,8	1067,9	915,5
30	445,9	616,1	524,1
31	311,6	346,4	328,5
32	235,3	485,0	337,8
33	744,1	1053,6	885,4
34	303,4	571,6	416,5
35	396,4	477,6	435,1
36	479,7	815,6	625,5
37	263,8	406,7	327,5
38	268,4	453,7	349,0
39	315,0	519,5	404,5
40	307,0	398,6	349,8
41	260,7	430,7	335,1
42	296,1	529,0	395,8

İkinci aşamada ise yeni geliştirilen cihazın dökümlü kumaş görüntüsünü kullanarak eğilme direncini tahminlemesi hedeflenmiştir. Bunun için dökümlü kumaş görüntüsü üzerinde tanımlanmış olan bir parametre (X_{MK} , merkez-kenar mesafesi) oluşturulacak olan regresyon modeline bağımsız değişken olarak girmiştir. Çalışmada, her bir kumaş numunesi için bir adet ön yüzden (10'ar derece açıyla ölçülen 36 adet ölçümün ortalaması) ve bir adet de arka yüzden (10'ar derece açıyla ölçülen 36 adet ölçümün ortalaması) olmak üzere iki adet merkez-kenar mesafesi değeri hesaplanmıştır. Daha sonra bu iki değer aritmetik ortalaması alınarak ortalama merkez-kenar mesafesi değeri ($\bar{X}_{MK}$) elde edilmiştir. Tablo 3.5'te görüntü analizi yöntemi kullanılarak bulunan merkez-kenar arası mesafeler yer almaktadır.

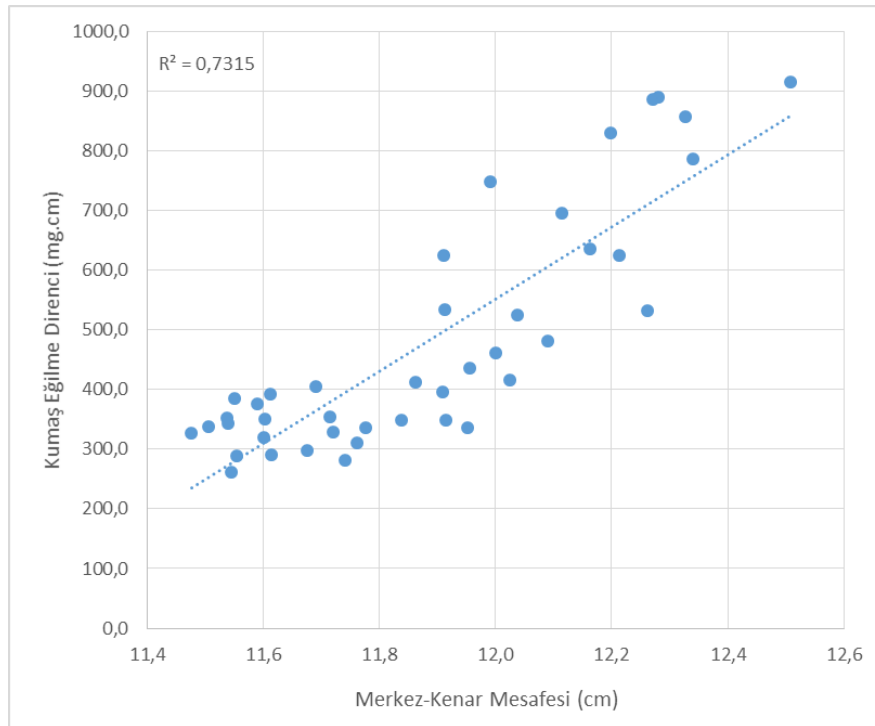
Tablo 3.5 Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntem kullanılarak elde edilen ortalama merkez - kenar mesafeleri ($\bar{X}_{MK}$)

Kumaş No	Merkez-Kenar Mesafesi (cm) Ön Yüz	Merkez-Kenar Mesafesi (cm) Arka Yüz	Ortalama Merkez-Kenar Mesafesi (cm) $\bar{X}_{MK}$
1	12,20	12,13	12,16
2	11,73	12,20	11,59
3	11,45	11,73	11,74
4	11,77	11,45	11,91
5	11,71	11,77	11,99
6	11,92	11,71	12,33
7	11,91	11,92	12,09
8	12,03	11,91	11,61
9	11,95	12,03	12,11
10	12,35	11,95	12,26
11	12,31	12,35	12,00
12	12,12	12,31	11,54
13	12,06	12,12	11,54
14	11,64	12,06	11,55
15	11,62	11,65	11,71
16	11,81	11,58	11,86
17	11,77	12,15	12,20
18	11,96	12,08	12,28
19	12,25	12,29	12,21
20	12,15	12,23	11,60
21	12,30	11,98	11,91
22	12,27	12,02	11,55
23	12,32	11,50	11,76
24	12,11	11,58	11,61
25	11,57	11,41	11,56
26	11,64	11,67	12,34
27	11,88	11,46	11,95
28	11,95	11,64	11,68
29	11,45	11,62	12,51
30	11,64	11,81	12,04
31	11,69	11,77	11,72
32	11,83	11,96	11,51
33	11,61	12,25	12,27
34	11,61	12,15	12,02
35	11,56	12,30	11,96

Tablo 3.5 Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntem kullanılarak elde edilen ortalama merkez - kenar mesafeleri ($\bar{X}_{MK}$) (devam)

Kumaş No	Merkez-Kenar Mesafesi (cm) Ön Yüz	Merkez-Kenar Mesafesi (cm) Arka Yüz	Ortalama Merkez-Kenar Mesafesi (cm) $\bar{X}_{MK}$
36	11,58	12,27	11,91
37	12,38	12,32	11,48
38	12,30	12,11	11,84
39	11,93	11,57	11,69
40	11,98	11,64	11,60
41	11,56	11,88	11,78
42	11,79	11,95	11,91

Merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$), kumaşın dökümlülük ve eğilme özelliklerinden etkilenen bir parametredir (Ngoc ve Anh, 2010; TS 1409, 1974). Tez çalışmasında, bu değerin eğilme direnciyle ilişkili olduğu ve eğilme direncinin tahminlenmesinde bir girdi parametresi olarak kullanılabileceği düşünülmüştür. Şekil 3.3'te 42 tip kumaş için ölçülmüş kumaş eğilme direnci (G_0) ve merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 3.3 Kumaş eğilme direnci (G_0) ile merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) arasındaki ilişki

Şekil 3.3 incelendiğinde, kumaş eğilme direnci (G_0) ile merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) arasında bir ilişki olduğu görülmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda ise korelasyon katsayısı $R = 0,855$ olarak bulunmuştur ve bu değer $\alpha = 0,05$ önem seviyesinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Kumaş eğilme direncinin (G_0) merkez-kenar mesafesinden ($\bar{X}_{MK}$) tahminlenebilmesi için regresyon analizi yapılmış ve $\bar{X}_{MK}$ bağımsız değişken olarak alınmıştır. Oluşturulan basit doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı Tablo 3.6’da ve modelin katsayıları da Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.6 Basit doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Standart Hatası
1	0,856 ^a	0,732	0,726	102,83935

a.Bağımsız değişken: Merkez - kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$)

Tablo 3.7 Basit doğrusal regresyon modelinin katsayıları

Model		Katsayılar		t	Olasılık (p)
		B	Standart Hata		
1	Sabit Sayı	-6722,219	688,195	-9,768	0,000
	Merkez - kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$)	606,135	57,923	10,465	0,000

Bağımlı değişken: Kumaş eğilme direnci (G_0)

Tablo 3.7 dikkate alınarak kumaş eğilme direncinin (G_0) tahminlenmesi için kullanılacak model aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$G_0 = -6722,219 + 606,135 \bar{X}_{MK} \quad (3.1)$$

Formül 3.1’de verilen denklem kullanılarak yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden elde edilen merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) değeri, kumaş eğilme direnci (G_0) değerindeki değişimin yaklaşık %73’ünü açıklamaktadır (Tablo 3.6). Bulunan R^2 değeri eğilme direncinin çeşitli kumaş yapısal parametrelerinden tahminlenmesi amaçlı diğer çalışmalarla kıyaslandığında çok yüksek değildir ($R^2 = 0,79-0,99$) (Hu

ve Chan, 1998; Süle, 2012; Seram ve Rupasinghe, 2013; Sidabraitė ve Masteikaite, 2003; Kenkare ve May-Plumlee, 2005; Frydrych ve ark., 2000; Lojen ve Jevsnik, 2007). Bu sebeple, laboratuvar ortamında ölçülmesi oldukça kolay olan metrekaare ağırlığı parametresi de regresyon denkleminde ikinci bir bağımsız değişken olarak katılmış ve bir çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modele ait regresyon belirleme katsayısı Tablo 3.8’de ve modelin katsayıları da Tablo 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.8 Çoklu doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Standart Hatası
1	0,957 ^a	0,916	0,911	58,50232

a.Bağımsız değişkenler: Merkez - kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$), metrekaare ağırlığı (W)

Tablo 3.9 Çoklu doğrusal regresyon modelinin katsayıları

Model		Katsayılar		t	Olasılık (p)
		B	Standart Hata		
1	Sabit Sayı	-5055,108	431,414	-11,718	0,000
	Merkez - kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$)	407,758	39,381	10,354	0,000
	Metrekare ağırlığı (W)	4,014	0,436	9,198	0,000

Bağımlı değişken: Kumaş eğilme direnci (G_0)

Tablo 3.9 dikkate alınarak kumaş eğilme direncinin (G_0) tahminlenmesi için kullanılacak çoklu doğrusal regresyon modeli aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$G_0 = -5055,108 + 407,758 \bar{X}_{MK} + 4,014 W \quad (3.2)$$

Formül 3.2’de verilen denklem ile yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden elde edilen merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) değeri ve metrekaare ağırlığı (W) değeri, kumaş eğilme direnci (G_0) değerindeki değişimin yaklaşık %91’ini açıklamaktadır. Kumaş eğilme direncini tahminleyen çalışmalarla karşılaştırıldığında 0,911 regresyon belirleme katsayısı değeri oldukça yüksek bir değerdir.

Tez çalışması kapsamında, görüntü analizi esaslı yeni yöntemden elde edilen $\bar{X}_{MK}$ değerlerinden türetilmiş olan yeni bir parametre (Dökümlülük Açısı, DA_α) tanımlanmış ve bu parametre kullanılarak kumaş eğilme direncinin tahminlenmesi için bir başka regresyon modeli ortaya konmuştur. Bu model sayesinde kumaş tablası üzerindeki dökümlü bir kumaşın açısı basit bir açıölçer ile ölçülüp eğilme direnci hakkında tahminleme yapılabilecektir. Tablo 3.10’da tez çalışmasında kullanılan kumaşlar için hesaplanmış DA_α değerleri yer almaktadır.

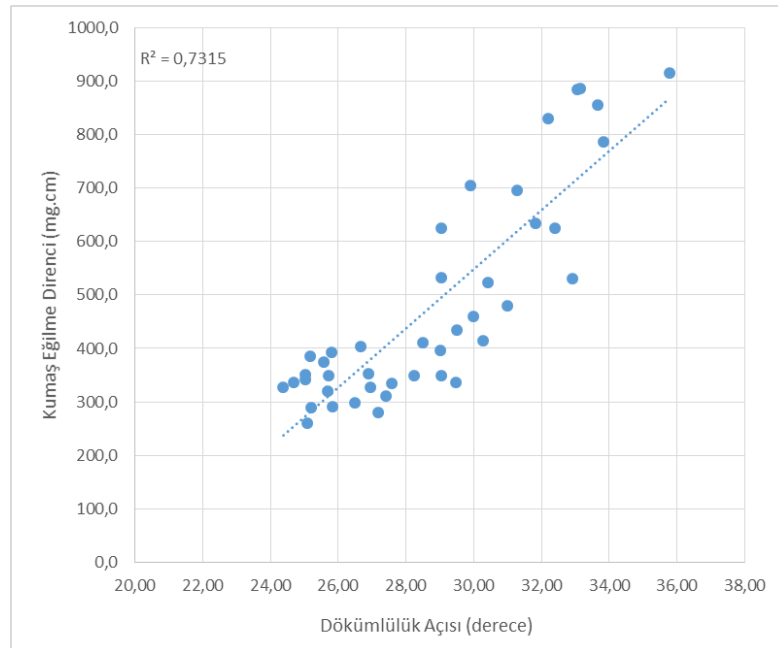
Tablo 3.10 Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden hesaplanan “Dökümlülük Açısı, DA_α ” değerleri

Kumaş No	Dökümlülük Açısı (DA_α) $DA_\alpha = \arcsin\left(\frac{\bar{X}_{MK} - X}{(X + R') - X}\right)$, radyan	Dökümlülük Açısı (DA_α) derece
1	0,56	31,81
2	0,45	25,57
3	0,47	27,19
4	0,51	29,06
5	0,52	29,89
6	0,59	33,67
7	0,54	31,00
8	0,45	25,83
9	0,55	31,27
10	0,57	32,92
11	0,52	30,00
12	0,44	25,03
13	0,44	25,04
14	0,44	25,17
15	0,47	26,90
16	0,50	28,50
17	0,56	32,21
18	0,58	33,15
19	0,57	32,39
20	0,45	25,70
21	0,51	29,04
22	0,44	25,10
23	0,48	27,40
24	0,45	25,81
25	0,44	25,20
26	0,59	33,82

Tablo 3.10 Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden hesaplanan “Dökümlülük Açısı, $DA\alpha$ ” değerleri (devam)

Kumaş No	Dökümlülük Açısı ($DA\alpha$) $DA\alpha = \arcsin\left(\frac{\bar{X}_{MK} - X}{(X + R') - X}\right)$, radyan	Dökümlülük Açısı ($DA\alpha$) derece
27	0,51	29,47
28	0,46	26,48
29	0,62	35,78
30	0,53	30,41
31	0,47	26,96
32	0,43	24,70
33	0,58	33,04
34	0,53	30,27
35	0,52	29,51
36	0,51	29,03
37	0,43	24,38
38	0,49	28,23
39	0,47	26,65
40	0,45	25,71
41	0,48	27,57
42	0,51	29,01

Şekil 3.4’te 42 tip kumaş için hesaplanmış kumaş eğilme direnci (G_0) ve dökümlülük açısı ($DA\alpha$) değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 3.4 Kumaş eğilme direnci (G_0) ile dökümlülük açısı ($DA\alpha$) arasındaki ilişki

Dökümlülük açısı (DA_α) değeri merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) değerinden türetildiği için Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'teki dağılımlar aynı çıkmıştır. Kumaş eğilme direncinin (G_0) dökümlülük açısından (DA_α) tahminlenebilmesi için regresyon analizi yapılmış ve DA_α bağımsız değişken olarak alınmıştır. Oluşturulan basit doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı Tablo 3.11'de ve modelin katsayıları da Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.11 Basit doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Standart Hatası
1	0,859 ^a	0,737	0,730	101,95009

a.Bağımsız değişken: Dökümlülük açısı (DA_α), derece

Tablo 3.12 Basit doğrusal regresyon modelinin katsayıları

Model	Katsayılar		t	Olasılık (p)
	B	Standart Hata		
1 Sabit Sayı	-1113,316	151,056	-7,370	0,000
Dökümlülük açısı (DA_α)	55,408	5,233	10,589	0,000

Bağımlı değişken: Kumaş eğilme direnci (G_0)

Tablo 3.12 dikkate alınarak kumaş eğilme direncinin (G_0) tahminlenmesi için kullanılacak model aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$G_0 = -1113,316 + 55,408 DA_\alpha \quad (3.3)$$

Formül 3.3'te verilen denklem kullanılarak yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden türetilen dökümlülük açısı (DA_α) değeri, kumaş eğilme direnci (G_0) değerindeki değişimin yaklaşık %74'ünü açıklamaktadır (Tablo 3.11). Bununla beraber, kumaş metrekaare ağırlığı parametresi de regresyon denklemine ikinci bir bağımsız değişken olarak eklenince belirleme katsayısı 0,911 olarak bulunmaktadır. Oluşturulan modele ait regresyon belirleme katsayısı Tablo 3.13'te ve modelin katsayıları da Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.13 Çoklu doğrusal regresyon modeline ait regresyon belirleme katsayısı

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Standart Hatası
1	0,957 ^a	0,915	0,911	58,55574

a.Bağımsız değişkenler: Dökümlülük açısı (DA_{α}), metrekare ağırlığı (W)

Tablo 3.14 Çoklu doğrusal regresyon modelinin katsayıları

Model		Katsayılar		t	Olasılık (p)
		B	Standart Hata		
1	Sabit Sayı	-1276, 838	88,614	-14,409	0,000
	Dökümlülük açısı (DA_{α})	37,308	3,608	10,341	0,000
	Metrekare ağırlığı (W)	3,979	0,439	9,069	0,000

Bağımlı değişken: Kumaş eğilme direnci (G_0)

Tablo 3.14 dikkate alınarak kumaş eğilme direncinin (G_0) tahminlenmesi için kullanılacak çoklu doğrusal regresyon modeli aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$G_0 = -1276,838 + 37,308 DA_{\alpha} + 3,979 W \quad (3.4)$$

Formül 3.4'te verilen denklem ile yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemden türetilen dökümlülük açısı (DA_{α}) değeri ve metrekare ağırlığı (W) değeri, kumaş eğilme direnci (G_0) değerindeki değişimin yaklaşık %91'ini açıklamaktadır.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında, kumaşların dökümlülük ve eğilme özelliklerinin geleneksel yöntemlere kıyasla daha kolay ve daha az maliyetli bir şekilde ölçülebilmesi için yeni bir ölçüm cihazı tasarlanmış ve dökümlülük katsayısı ve eğilme direnci değerleri görüntü analizi esaslı yöntemler kullanılarak tek bir cihaz ile ölçülmüştür. Çalışmada, takım elbiselik olarak kullanılmak üzere üretilmiş 42 tip %100 yünlü dokuma kumaş materyal olarak seçilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde kumaşların dökümlülük katsayısı (%) değerleri geleneksel Cusick dökümlülük ölçeri ve yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı dökümlülük ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Geleneksel yöntemden elde edilen sonuçlar ve görüntü analizi esaslı yöntemden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiş ve korelasyon katsayısı $R = 0,975$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer $\alpha = 0,05$ için istatistiksel açıdan önemlidir. İki yöntem tarafından elde edilen sonuçlar arasında bir fark olup olmadığının incelenmesi amacıyla da varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda iki yöntem arasında $\alpha = 0,05$ güven seviyesi için istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$). Tüm bu değerlendirmeler sonucunda, yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı dökümlülük ölçüm yönteminin geleneksel Cusick dökümlülük ölçüm yöntemine alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, kumaşların eğilme direnci değerleri öncelikle sabit açılı eğilme ölçeri ile ölçülmüştür. Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı cihazdan alınan dökümlü kumaş görüntüleri temel alınarak kumaş eğilme direncinin tahminlenmesi için yeni bir parametre önerilmiştir. “Merkez-Kenar Mesafesi ($\bar{X}_{MK}$)” parametresi dökümlü haldeki kumaş görüntüsü üzerinden görüntü analizi yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değer, kumaş eğilme direncinin tahminlenebilmesi için regresyon analizinde bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Hesaplanan regresyon modeli kumaş eğilme direnci değerinin ancak %73’ünü açıklayabilmiştir. Bulunan R^2 değeri eğilme direncinin çeşitli kumaş yapısal parametrelerinden

tahminlenmesi amaçlı diğer çalışmalarla kıyaslandığında çok yüksek değildir. Bu amaçla regresyon denkleminde ikinci bir bağımsız değişken olarak kumaşların metrekare ağırlığı parametresi de eklenmiş ve çoklu doğrusal regresyon modeli ile $R^2 = 0,911$ olarak bulunmuştur.

Çalışmada, kumaş eğilme direnci değerinin tahminlenebilmesi amacıyla “Merkez-Kenar Mesafesi ($\bar{X}_{MK}$)” parametresinden başka “Dökümlülük Açısı (DA_α)” olarak tanımlanan ikinci bir parametre önerilmiştir. Bu parametre merkez-kenar mesafesi ($\bar{X}_{MK}$) parametresinden türetilmiştir. Bu parametre için de regresyon modelleri önerilmiş ve diğer parametre ile benzer şekilde $R^2 = 0,911$ olarak hesaplanmıştır. Bu model sayesinde kumaş tablası üzerindeki dökümlü bir kumaşın açısı basit bir açıölçer ile ölçülüp eğilme direnci hakkında tahminleme yapılabilecektir.

Sonuç olarak, yeni önerilen “Merkez-Kenar Mesafesi ($\bar{X}_{MK}$)” ve “Dökümlülük Açısı (DA_α)” parametreleri, eğilme direncinin tahminlenmesinde başarılı sonuçlar vermiştir ve bu parametreler kullanılarak elde edilen değerlerin geleneksel yöntemden elde edilen değerlere alternatif olarak kullanılabilecektir.

Bundan sonraki çalışmalarda, yeni geliştirilen dökümlülük ölçüm cihazında yapılacak olan küçük değişiklikler ve eklemeler ile dinamik dökümlülük ölçümlerinin de aynı cihaz tarafından gerçekleştirilmesi özellikle son yıllarda önem kazanan dinamik dökümlülük ve dökümlü kumaş simülasyonu alanındaki araştırmaları destekler nitelikte olacaktır.

KAYNAKLAR

- Agraval, S. A. (2013). Node parameters and its relation with constructional and bending properties of pc blended fabric. *International Journal of Engineering Research and Development*, 5(7), 61-66.
- Al-Gaadi, B., Göktepe, F. ve Halasz, M. (2012). A new method in fabric drape measurement and analysis of the drape formation process. *Textile Research Journal*, 82(5), 502-512.
- ASTM D 1388 –14 (2014). *Standard Test Method for Stiffness of Fabric*. United States: American Society for Testing and Materials.
- Başer, G. (2013). *Tekstil mekaniğinin temelleri cilt II: Kumaş geometrisi ve mekaniği*. İzmir: Meta Basım.
- Behera, B.K. ve Mishra, R. (2006). Objective measurement of fabric appearance using digital image processing. *The Journal of the Textile Institute*, 97(2), 147-153.
- Behera, B.K. ve Pattanayak, A.K. (2008). Measurement and modeling of drape using digital image processing. *Indian Journal of Fiber and Textile Research*, 33, 230-238.
- Breen, D.E., House, D.H. ve Wozny, M.J. (1994). Predicting the drape of woven cloth using interacting particles. *In Proceedings of ACM Siggraph*, New York, NY, USA, 365-372.
- Chu, C.C., Cummings, C.L. ve Teixeira, N.A. (1950). Mechanics of elastic performance of textile materials part 5: A study of the factors affecting the drape of fabrics - the development of a drape meter. *Textile Research Journal*, 20(8), 539-548.
- Chu, C.C., Platt, M.M. ve Hamburger, W.J. (1960). Investigation of the factors affecting the drapability of fabrics. *Textile Research Journal*, 30(1), 66-67.

- Cusick, G.E. (1965). The dependence of fabric drape on bending and shear stiffness. *Journal of the Textile Institute*, 56(11), 596-606.
- Cusick, G.E. (1968). The measurement of fabric drape, *Journal of the Textile Institute*, 59(6), 253-260.
- Dai, X., Fukurawa, T., Mitsui, S., Takatera, M. ve Shimizu, Y. (2001). Drape formation based on geometric constraints and its application to skirt modelling. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 13(1), 23-37.
- Duyar, U. (2010). Dijital görüntü teknolojileri. *Elektrik Mühendisliği*, 440, 17-22.
- Filgueiras, A., Figueiro, R. ve Sountinho, F. (2009). Drape behavior of functional knitted fabrics for sport clothing. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 34, 64-68.
- Fisher, P., Krzywinski, S., Rödel, H., Schenk A. ve Ulbricht, V. (1999). Simulating the drape behavior of fabrics. *Textile Research Journal*, 69(5), 331-334.
- Frydrych, I., Dziworska, G. ve Cieslinska, A. (2000). Mechanical fabric properties influencing the drape and handle. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 12(3), 171-183.
- Gonzales, R.C. ve Woods, R.E. (2002). *Digital image processing*, (2nd Ed.), New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Hamdi, T., Ghith, A. ve Fayala, F. (2013). Study of drape parameter using image analysis. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 5(7), 1456-1464.
- Hu, J. ve Chan, Y.F. (1998). Effect of fabric mechanical properties on drape. *Textile Research Journal*, 68(1), 57-64.
- Hu, J., Chung, S. ve Lo, M.T. (1997). Effect of seams on fabric drape, *International Journal of Clothing Science and Technology*. 9(3), 220-227.
- Jahne, B. (2005). *Digital image processing*, 6th Ed. Heidelberg, Germany: Springer.

- Jeong, Y.J. (1998). A Study of fabric-drape behavior with image analysis part 1: Measurement, characterization, and instability. *Journal of the Textile Institute*, 89(1), 59-69.
- Jeong, Y.J. ve Phillips, D.G. (1998). A study of fabric-drape behavior with image analysis part 2: The effects of fabric structure and mechanical properties on fabric drape. *Journal of the Textile Institute*, 89(1), 70-79.
- Jeong, Y.J. ve Phillips, D.G. (2001). Effect of pressure decatizing on fabric drape. *Textile Research Journal*, 71(5), 415-419.
- Kang, T.J., Choi, S.H., Kim, S.M. ve Oh, K.W. (2001). Automatic structure analysis and objective evaluation of woven fabric using image analysis. *Textile Research Journal*, 71(3), 261-270.
- Kang, T.J., Kim, C.H. ve Oh, K.W. (1999). Automatic recognition of fabric weave patterns by digital image analysis. *Textile Research Journal*, 69(2), 77-83.
- Kenkare, N. ve May-Plumlee, T. (2005). Evaluation of drape characteristics in fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 17(2), 109-123.
- Kenkare, N. ve May-Plumlee, T. (2005). Fabric drape measurement: A modified method using digital image processing. *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 4(3), 1-8.
- Kenkare, N., Lamar, T.A.M., Pandurangan, P. ve Eischen, J. (2008). Enhancing accuracy of drape simulation part 1: Investigation of drape variability via 3d scanning. *Journal of the Textile Institute*, 99, 211-218.
- Kılıç, M. (2001). *Bazı giysilik kumaşlarda eğilme direnci ve dökümlülük ölçümleri*. Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kim, S.M. ve Chi, Y.S. (2006). Simulation of cusick drapemeter using particle-based modeling: Stability analysis of explicit integration methods. *Textile Research Journal*, 76(9), 712-719.

- Lo, W.M., Hu, J.L. ve Li, L.K. (2002). Modeling a fabric drape profile. *Textile Research Journal*, 75(2), 454-463.
- Lojen, D.Z. ve Jevsnik, S. (2007). Some aspects of fabric drape. *Fibers and Textiles in Eastern Europe*, 15(4), 39-45.
- Matsudaira, M. ve Yang, M. (2013). Features of conventional static and new dynamic drape coefficients of woven silk fabrics. *Textile Research Journal*, 73(3), 250-255.
- Matsudaira, M., Yamazaki, S. ve Hayashi, Y. (2008). Changes in dynamic drapability of polyester fabrics with weave density, yarn twist and yarn count obtained by regression equations. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 33(3), 223-229.
- Matsudaira, M., Yang, M., Kinari, T. ve Shintaku, S. (2003). Changes in the static and dynamic drape coefficients of polyester fabrics through the finishing stages. *Textile Research Journal*, 73(1), 59-63.
- Mizutani, C., Amano, T. ve Sakaguchi, Y. (2005). A new apparatus for the study of fabric drape. *Textile Research Journal*, 75(1), 81-87.
- Na, Y. ve Pourdeyhimi, B. (1995). Assessing wrinkling using image analysis and replicate standards. *Textile Research Journal*, 65(3), 149-157.
- Ngoc, N.T.T. ve Anh, H.N. (2010). Investigating on fabric and skirt drape in clothing construction. *7th International Conference – TEXSCI*, September 6-8 2010, Liberec, Czech Republic.
- Okur, A. ve Cihan, T. (2002). Prediction of fabric drape coefficient from fast data. *Textile Asia*, 33(7), 28-31.
- Okur, A. (1995). Pamuklu dokuma kumaşların eğilme dirençleri ve dökümlülük özellikleri üzerine bir araştırma. *Tekstil ve Mühendis*, 9(47), 21-36.

- Pandurangan, P., Eischen, J., Kenkare, N. ve Lamar, T.A.M. (2008). Enhancing accuracy of drape simulation, part 2: Optimized drape simulation using industry-specific software. *Journal of the Textile Institute*, 99(3), 219-226.
- Pattanayak, A.J., Luximon, A. ve Khandual, A. (2010). Prediction of drape profile of cotton woven fabrics using artificial neural network and multiple regression method. *Textile Research Journal*, 81(6), 559-566.
- Peirce, F.T. (1930). The handle of cloth as a measurable quantity. *Journal of the Textile Institute*, 21(9), 377-416.
- Pourdeyhimi, B., Ramanathan, R. ve Dent R. (1996). Measuring fiber orientation in nonwoven. *Textile Research Journal*, 66(11), 713-722.
- Pratihara, P. (2013). Dynamic drapen behavior of textile fabric: Part 2- attributes of various fabric parameters. *International Journal of Engineering Research and Application*, 3(5), 1017-1021.
- Robson, D. ve Long, C.C. (2000). Drape analysis using imaging techniques. *Clothing and Textiles Research Journal*, 18(1), 1-8.
- Russ, J.C. (2007). *Image processing handbook*, (5th Ed.), Boca Raton, USA: CRS Press.
- Seram, N. ve Rupasinghe, W. (2013). The influence of bending rigidity on drape coefficient of selected light weight woven fabrics with seams. *International Journal of General Engineering and Technology*, 2(1), 25-32.
- Sharma, S.B. ve Sutcliffe, M.P.F. (2004). A simplified finite element model for draping of woven material. *Composites Part A. Applied Science and Manufacturing*, 35, 637-643.
- Shyr, T.W., Wang, P.N. ve Cheng, K.B. (2007). A comparison of the key parameters affecting the dynamic and static drape coefficients of natural-fibre woven fabrics by a newly devised dynamic drape automatic measuring system. *Institute of Textile Engineering*, 15(3), 81-86.

- Shyr, T.W., Wang, P.N. ve Lin, J.Y. (2009). Subjective and objective evaluation methods to determine the peak-trough threshold of the drape fabric node. *Textile Research Journal*, 79(13), 1223-1234.
- Sidabraitė, V. ve Masteikaite, V. (2003). Effect of woven fabric anisotropy on drape behavior. *Material Science*, 9(1), 111-115.
- Stump, D.M. ve Fraser, W.B. (1996). A simplified model of fabric drape based on ring theory. *Textile Research Journal*, 66(8), 506-514.
- Stylos, G.K. ve Powell, N.J. (2003). Engineering the drapability of textile fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 15(3/4), 211-217.
- Stylos, G.K. ve Wan, T.R. (1999). The concept of virtual measurement 3d fabric drapeability. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(1), 10-18.
- Sun, M.N. (2008). A new tester and method for measuring fabric stiffness and drape. *Textile Research Journal*, 78(9), 761-770.
- Süle, G. (2012). Investigation of bending and drape properties of woven fabrics and the effects of fabrics constructional parameters and warp tension on these properties. *Textile Research Journal*, 82(8), 810-819.
- Sze, K.Y. ve Liu, X.H. (2003). A co-rotational grid-based model for fabric drapes. *International Journal For Numerical Methods In Engineering*, 57, 1503–1521.
- Tahal, I., Abdin, Y. ve Ebeid, S. (2012). Prediction of draping behavior of woven fabrics over double-curvature moulds using finite element techniques. *International Journal of Material and Mechanical Engineering*, 1, 25-31.
- Tandon, S. ve Matsudaira, M. (2010). Improved discrimination and prediction of drapability of fabrics. *Research Journal of Textile and Apparel*, 14(3), 62-76.
- Taylor, R. A. (1990). Estimating the size of cotton trash with video images. *Textile Research Journal*, 60(4), 185-193.

- Termona, Y. (2003). Lattice model for the drape and bending properties of nonwoven fabrics. *Textile Research Journal*, 73(1), 74-78.
- TS 1409 (1974). *Dokunmuş tekstil mamüllerinin eğilme dayanımı tayini - 1. baskı*. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara.
- TS 251 (1991). *Dokunmuş kumaşlar - birim uzunluk ve birim alan kütlelerinin tayini*. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara.
- TS 9693 (1991). *Tekstil kumaşlar dökümlülük tayini - 1. baskı*. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara.
- TS EN ISO 139 (2008). *Tekstil - şartlandırma ve deney için standart ortamlar*. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara.
- Tsai, K.H., Tsai, M.C., Wang, P.N. ve Shyr, T.W. (2009). New approach to directly acquiring the drape contours of various fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 3(74), 54-59.
- Turan, R.B ve Okur, A. (2012). Investigation of pore parameters of woven fabrics by theoretical and image analysis methods. *The Journal of the Textile Institute*, 103(8), 875-884.
- Uçar, N., Kalaoğlu, F., Bahtiyar, D. ve Bilaç, O.E. (2004). Investigating the drape behavior of seamed knit fabrics with image analysis. *Textile Research Journal*, 74(2), 166-171.
- Uşaklı, S., Sezgin, S. ve Arslan, M.C. (2014). *İplik eğirme sisteminin örme kumaşların özelliklerine etkilerinin araştırılması*. Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Vangheluwe, L. ve Kiekens, P. (1993). Time dependence of the drape coefficient of fabrics. *Institute Journal Textile Science Technology*, 5, 5-8.
- Volino, P. ve Magnenat-Thalmann, N. (2006). Simple linear bending stiffness in particle systems. *Eurographics/ ACM Siggraph, Symposium on Computer Animation*, 101-105, Switzerland.

- Wang, P.N. ve Cheng, K.B. (2011). Dynamic drape property evaluation of natural fiber woven fabrics using a novel automatic drape-measuring systems. *Textile Research Journal*, 81(13), 1405–1415.
- Willems, A., Lomow, S.V., Verpoest, I. ve Vandepitte, D. (2009). Drapeability characterization of textile composite reinforcement using digital image correlation. *Optics and Lasers in Engineering*, 47, 343-351.
- Xin, B., Hu, J. ve Yan, H. (2002). Objective evaluation of fabric pilling using image analysis techniques. *Textile Research Journal*, 72(12), 1057-1064.
- Xu, B., Fang, Ch. ve Huang, R. (1997). Chromatic image analysis for cotton trash and color measurements. *Textile Research Journal*, 67 (12), 881-890.
- Zhang, W., Iype, C. ve Oxenham, W. (1998). Part 1: The analysis of yarn thin places and unevenness with an image-analysis system and program design. *The Journal of the Textile Institute*, 89(1), 44-58.