

Chenille İpliğinin Bükümünün Bilgisayarla Görü Yöntemiyle Ölçülmesi Measurement of Twist of Chenille Yarn by Using Computer Vision

¹Ihsan Süle

*¹Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bartın Üniversitesi, Türkiye

Özet

Fantazi ipliklerin muayenesi ve üretim parametrelerinin belirlenmesine olanak sağlayan, optoelektronik işaret ve kamera görüntülerinin eş zamanlı elde edilebildiği geliştirilen bir iplik ölçüm sistemi tanıtılmıştır. Fantazi iplik sınıfındaki Chenille ipliğinin bükümünün bilgisayarla görüş yöntemiyle ölçülmesi için önerilen eliptik kesitli helisel modele ait matematiksel bağıntılar verilmiştir. Tekstil teknolojisinde sadece tahribatlı bir metot olan açma yöntemiyle belirlenebilen Chenille ipliğinin büküm seviyesi, kilit ipliği oryantasyon açısı ve bileşen iplik boyutlarına ait parametrelerin bilgisayarla görüş yöntemiyle elde edilmesi ve bu parametrelerin önerilen matematiksel yaklaşımın modelde kullanılmasıyla başarılı şekilde elde edilebilmektedir. Bilgisayarla görüş yöntemiyle elde edilen büküm değerleri Uster Zweigle Twist Tester 5 ölçüm cihazı sonuçlarıyla karşılaştırılarak kullanılan tahribatsız ölçüm yönteminde, büküm seviyesi 700-1120 tur/m arasında değişen 15 ayrı Chenille ipliği için –50 ile 43 arasında değişen başarılı tahmin hataları gözlemlenmiştir. Önerilen yöntem varyasyonlarına ait verilerin elde edilemediği tahribatlı metotla karşılaştırıldığında, ipliğin her bölgesine uygulanabilmesi nedeniyle büküm derecesinin anlık ve periyodik değişimlerinin belirlenebilmesi avantajını sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Tahribatsız muayene, Büküm ölçümü, Bilgisayarla görüş, İplik, Tekstil

Abstract

A developed yarn inspection system has been introduced, allowing the inspection of fancy yarns and identification of their production parameters, and also allowing the synchronous acquisition of optoelectronic signal and camera images. In order to measure the twist of Chenille yarn which is a type of fancy yarn by using computer vision method, mathematical equations of elliptical cross-section helical model are given. In textile technology, although the measurement of the twist level of Chenille yarn can only be obtained by a destructive method, untwisting, determining the orientation angle of core yarns and the parameters relevant to the dimensions of component yarns by using computer vision method, and using the aforementioned data in the equations of mathematically approximated model have enabled to obtain the twist level successfully. Comparing the results obtained with computer vision method to those obtained with the Uster Zweigle Twist Tester 5 measurement device shows that the successful prediction errors varying in the interval of –50 to 43 for 15 different yarn samples of which twist levels varying in the interval of 700 to 1120 tour/m in the non-destructive method. Comparing proposed method with the destructive method in which the twist variations can not be determined simultaneously, shows that the computer vision method has advantages including allowing to obtain the spontaneous twist degree and periodic twist variations due to it can be applied to any region of yarn.

Key words: Non-destructive testing, Twist measurement, Computer vision, Yarn, Textile

1. Giriş

Tekstil ipliklerinin üretim özellikleri, bu ipliklerle üretilen dokuma ve örme kumaşların kalitesini doğrudan etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Ham madde, boya homojenliği ve yoğunluğu, büküm makinesinin mekanik ve dinamik özellikleri, ipliğin aktarım işleminin niteliği iplik karakteristiğini belirleyen parametrelerdir. İpliğin çapı veya kütledeki varyasyon katsayısı (%CV), birim uzunlukta gözlenen hatalar (yabancı lifler, düğümler, çap değişimleri, tüylülük varyasyonları, bozukluklar) ve büküm seviyesi (T), kumaş üreticisinin istenilen görsel ve yapısal özelliklere sahip kusursuz ürünün elde edilmesinde dikkate aldığı unsurlardır. İplikte T ve büküm varyasyonları (ΔT), boyamadaki düşük büküm bölgelerinin daha fazla boya absorbe etmesi, T 'nin gereğinden az olmasına bağlı olarak atkı ipliklerinin kumaşta şeritler halinde görüldüğü atkı izi bozuklukları oluşturması nedeniyle en önemli karakteristik üretim parametreleri olarak değerlendirilmektedir. Bükümün artması iplik kalınlığını azaltırken, büküm varyasyonları yumuşak uçlar oluşturması nedeniyle dokuma tezgahında kopmalara sebep olmaktadır.

Tekstil literatüründe ipliklerin T değeri farklı ölçüm yöntemleri ve sistemleri kullanılarak ölçülebilmektedir. Doğrudan ölçüm yöntemi tahribatlı bir metot olup mekanik sistemler ile iplik yapısındaki fiberler birbirine paralel hale gelinceye dek iplik bükümü açılmakta ve iplik uzunluğuna karşılık gelen devir sayısı T olarak belirlenmektedir [1,2]. Bükümün tamamı kaldırılana dek iplik bükümü açıldıktan sonra uzayan ipliğe ilk haline dönünceye kadar tekrar büküm kazandırıldığı büküm açma-tekrar bükme yöntemi [3,4] kullanılan tahribatlı metotlardan birisidir. Yöntem, liflerin kayması sebebiyle yün ipliklerde %15 daha yüksek, kamgarn ipliklerde ise %20 daha az ölçüm sonuçları vermektedir [4]. Günümüzde halen kullanılmakta olan her iki yöntemde de rotasyon sayısı sayısal ekrandan izlenebilse de her iki yöntem de tahribatlı muayene olup ipliğin sadece incelenen bölgesine ait T değerleri elde edilebilmekte ve ipliğin genel karakteristiğinde önemli bir yeri olan ΔT değerleri izlenememektedir. Tahribatlı bir muayene olan doğrudan ölçüm yöntemi Chenille ipliğinin (Ch) büküm seviyesini (T_{ch}) belirlemede halihazırda geçerliliğini koruyan büküm ölçümündeki tek yöntem olmasının yanı sıra hav liflerinin kayması ve sıkışma torkuna bağlı olarak ölçülen büküm seviyesi gerçek büküm seviyesinden genellikle yüksek olmaktadır. T 'nin tekrar büküm vererek doğrulanmasına imkan veren açma-tekrar bükme yöntemi, hav ipliklerinin kilit ipliği bükümleri arasına tekrar yerleştirilememesi nedeniyle Ch için uygulanabilir bir yöntem değildir.

Yüzey karakteristiğine ait imge işleme algoritmalarına dayanan yapı çıkartım metotları günümüzde uzamsal ve frekans incelemesine göre yüzey bileşenlerinin periyodik, açısız ve spektral dağılımının belirlenmesinde algoritmalar geliştirilmesine olanak sağladığı için dikkat çeken bir araştırma konusu haline gelmiştir. Lif yoğunluğu parametresiyle iplik çapının hesaplanması ve imge işleme algoritmaları ile belirlenen çap verileriyle karşılaştırılarak büküm varyasyonlarının incelenmesi [5], Sobel gradyanlarının eşiklenerek ağırlıklı ortalamaları ile elde edilen büküm açısına göre dairesel kesitli olduğu yaklaşımı yapılan tek katlı ipliklerin büküm değerlerinin elde edilmesi ve ters Fourier dönüşümü ile frekans bileşenlerine ayrıştırılan ipliğin büküm bağıntısına göre belirlenen büküm açısıyla T değerinin elde edilmesi [6] günümüzde dikkat çeken önemli araştırmalar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, T_{ch} parametresinin Ch yapısı için önerilen eliptik kesitli helisel modele ait parametrik denklemler kullanılarak geliştirilen bir iplik ölçüm sistemi ile elde edilen işaret analizi ve kamera görüntülerinden yararlanarak bilgisayarla görü yöntemiyle elde edilmesi açıklanmıştır [7]. Optoelektronik ünitelerden elde edilen işaret bilgisayara aktarılarak T_{ch} ve hav kaybıyla oluşan bozukluklar işaretin analizi ile belirlenmiş, bozuk bölgeler üniteye monte edilen kamera ile optoelektronik işaretlerle eş zamanlı resim ve video verilerine dönüştürülmüştür. Mikroskop kullanılarak elde edilen görüntülerden çok aşamalı gradyan tabanlı eşikleme (ÇAGTE) yöntemiyle kilit ipliği oryantasyon açısı (φ_l), tek aşamalı gradyan tabanlı eşikleme yöntemiyle (TAGTE) kilit ipliği liflerinin oryantasyon açısı (φ_{cf}) belirlenerek bu parametrelerin Ch için önerilen eliptik kesitli helisel modele ait denklemde kullanılması, Ch 'nin ve bileşen ipliklerden olan kilit ipliklerinin büküm derecelerinin (T_{ch} , T_{cy}) otomatik olarak elde edilmesini sağlamıştır. Sonuçlar, Uster Zweigle Twist Tester 5 cihazı ile elde edilen tahribatlı yöntemle bulunan sonuçlarla karşılaştırılmış büküm seviyesi 700-1120 tur/m arasında değişen 15 Ch örneği için elde edilen sonuçların ortalaması alınarak -50 ile 43 arasında değişen başarılı tahmin hataları gözlemlenmiştir. Tahribatlı yöntemde kümülatif iplik boyutunda elde edilemeyen büküm varyasyonları ve periyodik büküm değişimlerinin yanı sıra, ölçümde şıtapel liflerin kayması, yüksek büküm derecesi nedeniyle hav liflerinin yer değiştirerek sonuçları etkilemesi dezavantajları bulunurken bu sunumda önerilen yöntem yüksek duyarlılıkla hızlı, ucuz, otomasyona uyarlabilir, büküm varyasyonları ve periyodik büküm değişimlerine bağlı olan büküm makinesi mekanik özelliklerini gösterebilir olması avantajlarına sahiptir.

2. Materyal ve Metot

İpliğin karakteristik üretim parametrelerinin (Ch ve kilit ipliğinin: büküm yönleri $-TD$ ve TD_{cy} , büküm seviyeleri $-T_{ch}$ ve T_{cy} , büküm açıları $-\varphi_l$ ve φ_{cf} , Ch büküm uzunluğu $-2k$, kilit ipliği çapı $-d_c$) uzamsal boyut için geliştirilen hesaplama teknikleriyle belirlenmesi amacıyla Tablo 1.'de üretim özellikleri verilen Ch örnekleri kullanılmıştır.

Tablo 1. İncelenen ipliklerin üretim parametreleri.

Malzeme	Viskon	Yün	Akrilik	Polyester	Pamuk
Örnek No	6,9	1	4,7	3,2	5,8
Hav İpliği Malzemesi	Viskon	Yün	Akrilik	Polyester	Cotton
Kilit İpliği Malzemesi	Viskon	Yün	Akrilik	Polyester	Akrilik
İplik Numarası (Nm)	3/4	3	3/4.2	3/5	3/4.5
Hav İplik Numarası (Nm)	33.8	33.8	33.8	33.8/33.8	30.2/30.2
Kilit İplik Numarası (Nm)	33.8	33.8	33.8	33.8/33.8	33.8/33.8
Dtex (Kilit İplik/Hav İplik)	0.9/0.9	3.04/3.04	0.9/0.9	0.9/0.9	0.9/0.9
T (x100Tur/m)	8.2,7.0	10	9.0/8.0	9.6/11.2	8.5/7.5
T_{cy} (x100Tur/m)	3.8,4.6	2	3.8/4	3/2	4.5/3.5
TD_{cy}, TD	Z,S/S,Z	S,Z	S,Z/S,Z	S,Z/Z,S	S,Z/S,Z

Uzamsal boyutta imge işleme metodolojisi kapsamında tek aşamalı gradyan tabanlı eşikleme (TAGTE) ve oryantasyon açılarının algoritmik kontrolünü sağlayan çok aşamalı gradyan tabanlı eşikleme (ÇAGTE) tekniklerinde kullanılan imgeler, yüksek doğruluklu ölçüm sağlayan mikroskop ile elde edilmiştir. Büküm açısının hassas ölçülebilmesi ve bileşen iplikler ile bunlara ait liflerin dağılımının yeterli çözünürlükte görüntülenebilmesi için Ch örnekleri, 1:25

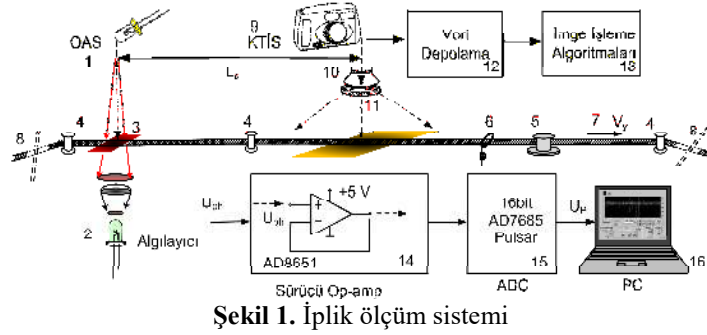
ve 1:100 odaklama lenslerinin kullanıldığı Nikon Instrument Eclipse MA 100 mikroskop ile incelenmiştir. 30W halojen lamba ile aydınlatılan örneklerin 2040x1532 piksel boyutundaki resimlerinin yatay ve dikey çözünürlükleri 562 dpi seçilmiştir. İmgelerin elde edilmesinde, mikroskoba adapte edilen DS-U2 PC tabanlı kontrol ünitesiyle yönlendirilen DS-Fi1 5Mp 2/3 inç yüksek çözünürlüklü renkli CCD kamera ünitesi kullanılmıştır. USB 2.0 mimarisine sahip kontrol ünitesi, mikroskop imgelerini bilgisayara aktarmaktadır. Mikroskop imgeleri, bilgisayar ekranında yeterli netliğe ulaşıp ulaşılmadığını kontrol etmeyi sağlayan Clemex Captiva 6.0 imge işleme yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. İmgeler bilgisayara aktarılarak Matlab R2010 yazılımı ile sayısal verilere dönüştürülmüştür. Ch 'nin tahribatlı metotla belirlenen büküm derecesi (T_{act}) değerleri, büküm açma metodu kullanılarak, kilit ve hav ipliklerinde ise büküm açma-yeniden bükme metodu kullanılarak ASTM 1423 standardında Uster Zweigle Twist Tester 5 ölçüm cihazı kullanılarak elde edilmiştir.

3. İplik Ölçüm Sistemi

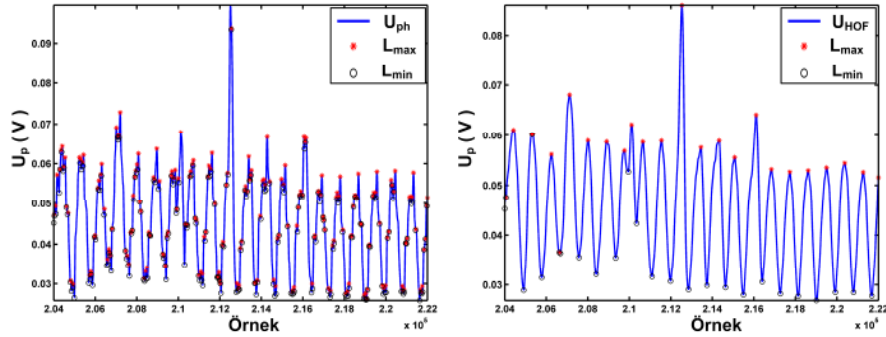
Birbirleriyle eşzamanlı veri elde edilebilen kamera tabanlı inceleme sistemi (KTİS) ve optoelektronik algılayıcı sistemden (OAS) oluşan ölçüm sistemi Şekil 1.'de verilmiştir. Burada, 1-ışın verici (LED) 2-fotodiyot, 3-ışın odaklayıcı lens önüne yerleştirilen yarı, 4 -kılavuz, 5 -iplik hızını (V_y) ayarlayan DC motor, 6 -gerilim yayı, 7 - Ch , 8 -iplik uzunluğunu 6 m'ye kadar artırabilen uzunluk ayarı, 9 -CCD kamera, 10 -100 mm makro lens, 11 -LED tipi halka ışık, 12 -görüntü ve video depolama, 13 - parametre çıkartımı, 14 -birim kazançlı gerilim takip eden ve 2. dereceden Sallen-Key alçak geçiren filtreleme yapan işlemsel kuvvetlendirici, 15 - 16bit AD7685 Pulsar ADC, 16 -optoelektronik işaret analizi. Sistemde, LED ve makro lensin optik merkezleri arasındaki uzaklık belirli bir değere ayarlanmıştır. Bozukluk darbe işareti oluştuğunda, algılayıcı işareti genliğini (U_{ph}) referans genlik ile karşılaştıran işlemsel kuvvetlendirici çıkışından elde edilen bozukluk alarm işareti kamerayı tetiklemede ve U_{ph} işaretine karşılık gelen bozuk bölgenin görüntüsü elde edilmektedir. Herhangi bir anda elde edilen Ch imgelerine, kilit ipliği bölütlerinin (KİB) hav ipliklerinden farklılaşarak ayırık gri seviyelerde görüntülenebildiği imge işleme algoritmaları uygulanmıştır. Burada bölütlenmiş imgeler, iplik eksenindeki gri seviye değişimlerinin belirlendiği eksenel gri seviye (EGS) çıkartım metodu kullanılarak T_{ch} 'nin belirlenmesinde kullanılmıştır. EGS çıkartım yöntemi, yüzey boyunca baskın, yaygın ve belirgin tekrarlı dokuya sahip olmayan, yerel zayıf bir doku dağılımı gösteren yüzeylerde özellik çıkartım metodu olarak önceki çalışmalarda önerilmiştir [7,8].

OAS ile elde edilen 250 kspS örnekleme frekansındaki örnek numarası 6 olan 3Nm viskon Ch 'ne ait U_{ph} ve bu işaretin yerel ekstremumları (L_{max} , L_{min}) Şekil 2.a'da, 200 örnek germe adımına sahip hareketli ortalama filtreleme çıkışındaki işaret (U_{HOF}) ve bu işaretin yerel ekstremumları da Şekil 2.b'de verilmiştir. Burada, yerel maksimumların (L_{max}) kilit ipliklerinin birbirine teğet olduğu noktalarda (tp), yerel minimumların (L_{min}) hav ipliği bölütlerinde (HİB) oluşması yaklaşık periyodik değişimden yarı-büküm uzunluğunun (k) hesaplanabilmesini sağlamaktadır. İpliğin 10 cm uzunluğuna karşılık gelen U_{HOF} periyot ortalaması 996 örnek ve bu değer 4 ms'lik zamana karşılık gelmektedir. Düzenekte $V_y=150$ mm/s olarak ayarlandığından $k=0.5976$ mm ve $T_{ch}=(2k)^{-1}$ bağıntısından ortalama olarak 836.68 tur/m olarak belirlenebilmektedir. İplik örneğinin Uster Zweigle Twist Tester 5 cihazı ile elde edilen tahribatlı

ölçüm sonucu 820 tur/m olarak belirlendiğinden optoelektronik yöntemle büküm ölçümünde %2.03 bağıl hata hesaplanmaktadır.



Şekil 1. İplik ölçüm sistemi



Şekil 2. a. U_{ph} ve b. 200 örnek germe adımli hareketli ortalama filtreleme çıkışındaki U_{HOF} işareti.

4. Eliptik Kesitli Helisel İplik Modelinin Parametrik Bağlıları

Şekil 3.'de, iki kilit ipliğinin helisel bükümüyle kilit ipliklerinin büküm noktaları arasında sabitlenen hav ipliklerinin düzenli diziliminin görüldüğü Ch 'nin eliptik silindir kesitli modeli verilmiştir. Kilit ipliğinin çapı d_c , hav ipliğinin çapı d_p olmak üzere, boyuna eksen doğrultusundaki eliptik kesitten gözlenen iplik yarıçapı r_y , eşlenik eksen yönündeki (z) yarıçapı r_z ve ipliğin yarı-büküm uzunluğu k ile gösterilmiştir. Büküm açıları, iki farklı bölge için değerlendirilebilir. φ_{tp} ve φ'_{tp} sırasıyla, ön ve arka kilit ipliği helislerinin birbirine teğet olduğu noktaları oluşturan yarı-büküm ve büküm noktalarındaki büküm açısını göstermektedir. Kilit iplikleri helislerinin hav ipliklerini sabitlediği hav bölgelerinde ise büküm açıları φ_1 ve φ'_1 ile gösterilmiştir. Eliptik kesitli helisel iplik modelinin parametrik konum vektörlerinden t uzamsal boyutun bağımsız değişkeni olmak üzere kilit ipliklerinin büküm açıları (φ_1 ve φ'_1) [7]:

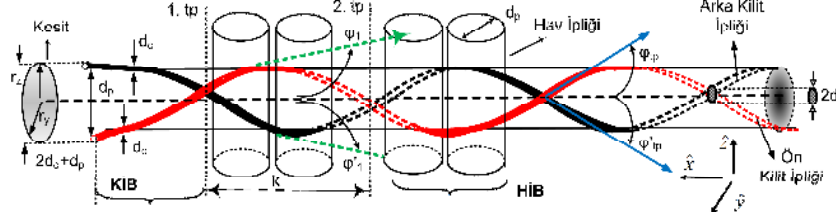
$$\varphi_1 = \cos^{-1} \left\{ 1 + \left(\frac{\pi}{k} \right)^2 \left[(r_z^2 - r_y^2) \sin^2 \frac{\pi}{k} t + r_y^2 \right] \right\}^{-1/2} \text{ ve } \varphi'_1 = -\varphi_1 \quad (1)$$

şeklindedir. Sistemde, T_{ch} değeri N olduğunda, iki tp arasında yer alan periyodik kilit ipliği bölütlerinin (KİB) orta noktalarında φ_1 açısı minimum değerini almaktadır (φ_{pp}) ve $\alpha = \tan^{-1} (r_z/r_y)$ için:

$$\varphi_1|_{t=\frac{2n+1}{2}k} = \varphi_{pp} = \cos^{-1} \left\{ 1 + \left(\frac{\pi}{k} \right)^2 \left[(r_y^2 + r_z^2) \sin^2 \alpha \right] \right\}^{-1/2} \quad n = 1:2N \quad (2)$$

yazılabilir. Hav ipliklerinin tüylü yapısı arasından gözlemlenebilen KİB bölgesinde, T_{ch} 'nin φ_{pp} açısına göre değişimi aşağıdaki gibi bulunur:

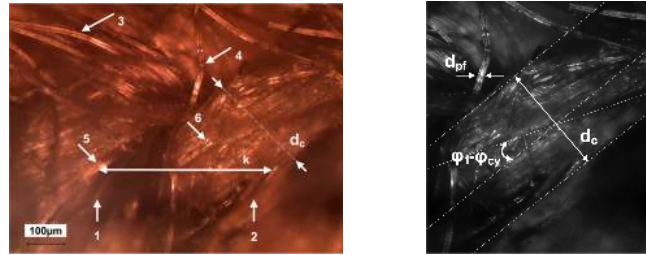
$$T_{ch} = \frac{1}{\pi \sin \alpha} \sqrt{\frac{-1 + \cos \varphi_{pp}^{-2}}{(d_p + d_c)^2 + d_c^2}} \quad (3)$$



Şekil 3. Kilit ipliklerinin helisel sarımları arasına yerleşen hav iplikleri.

5. Büküm Seviyesinin Çok Aşamalı Gradyan Tabanlı Eşikleme (ÇAGTE) ile Belirlenmesi

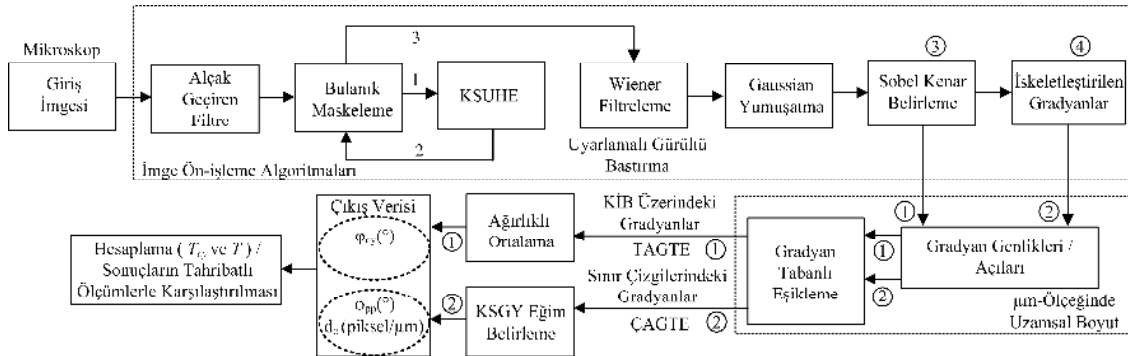
Bölüm 2.'de verilen imge yakalama aşamaları takip edilerek 1 örnek numaralı 3Nm yün Ch 'nin mikroskop görüntüsü Şekil 4.a'da verilmiştir. İmgede, 1 ve 2-kilit iplikleri; 3, 4-kilit iplikleri arasında sabitlenen hav ipliklerinin lifleri; 5, 6-kilit ipliği açısı ve k -yarı-büküm uzunluğunu göstermektedir. Bu imgeden seçilen bir tek kilit ipliği bölütünü (KİB) içeren imge parçasının gri-ölçek formu Şekil 4.b'de gösterilmiştir. Bir tek kilit ipliği bölgesini içeren bu imgeye uygulanan, TAGTE ile kilit ipliklerin helisel bükümü nedeniyle artmış kilit ipliği fiber açısı (φ_{cy}); ÇAGTE yöntemi kullanılarak kilit ipliği çapı (d_c), Ch büküm açısı (φ_l), kilit ipliği büküm seviyesi (T_{cy}) ve belirlenen bu parametrelerden T_{ch} 'nin uzamsal boyutta hesaplanması araştırılmıştır. Şekil 5.'de, ipliğin üretim parametrelerinin elde edilmesinde kullanılan imge ön-ışleme algoritmalarını gösteren blok diyagram verilmiştir.



Şekil 4. a. 3Nm yün Ch imgesi, b. tek bir kilit ipliği içeren imge parçasının gri seviye formu.

6. Kilit İplikleri Piksellerinin Gradyanları ve Oryantasyon Açıları

İmge ön-ışleme adımlarından ilkinde, hav liflerinin ölçüm sonuçlarını etkilememesi için sadece bir tek kilit ipliği bölgesini gösteren imge seçilerek φ_{cy} ve φ_l 'in elde edileceği bu imge işlem hızını artırmak amacıyla 8 bit gri-ölçek formuna dönüştürülmüştür. İmgeyi keskin forma dönüştürmeden önce, aşağıda dağılım fonksiyonu verilen ve standart sapmaları $\sigma_x = \sigma_z = 1$ seçilen 3x3 boyutlu Gaussian alçak geçiren filtreleme [9] uygulanarak, gürültü bileşenlerinin kenar piksellerini etkilemesi önlenmiştir (Şekil 6.b).



Şekil 5. Mikroskop imgesinin ön-ışleme adımları ve belirlenen iplik parametreleri.

$$G(x, z, \sigma_x, \sigma_z) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_z} e^{-\left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{z^2}{2\sigma_z^2}\right)} \quad (4)$$

Bulanık keskinleştirme, imgenin genellikle gaussian filtreleme ile elde edilen alçak frekansları gösteren yumuşatılmış modelinin orijinal imgeden çıkartılarak elde edilen tipik yüksek frekansların belirli bir oranda orijinal imgeye eklenmesi prensibine dayanan bir kenar keskinleştirme tekniğidir ve aşağıdaki matematiksel bağıntıyla verilir [10]:

$$I_{mu}(x, z) = \alpha [I_m(x, z) - I_{mLPP}(x, z)] + I_m(x, z) \quad (5)$$

Burada, $I_m(x, z)$ gri-ölçek giriş imgesini, $I_{mLPP}(x, z)$ yumuşatılmış formunu, $I_{mu}(x, z)$ sonuç imgesini ve α Laplacian gradyanların keskinleşme oranını göstermektedir. Yüksek frekans karakteristiğinde olan liflerin oryantasyon açısını görüntüleyebilmek amacıyla α nın 0.4 seçildiği bulanık maskelenmiş imge Şekil 6.c'de verilmiştir. Ardından, Kontrast Sınırlı Uyarlamalı Histogram Eşitleme (KSUHE) algoritması uygulanmıştır (Şekil 6.d). Şekil 6.e, bir sonraki aşamada, $\alpha=0.3$ için tekrar bulanık maskleme algoritması uygulanarak bir önceki adımda kontrastı yükseltile ve orijinal imgede görsel olarak gözlenemeyen liflere ait piksellerin ortaya çıkartıldığı sonuç imgesini göstermektedir. Bu aşamada, imgedeki ayrıntıların ve sınırlardaki yüksek frekans bileşenlerinin kaybedilmeden gürültünün bastırılabilmesi amacıyla Wiener uyarlamalı gürültü bastırma filtresi kullanılmıştır (Şekil.6.f). Daha sonra imgeye 7x7 boyutunda Gaussian alçak geçiren filtreleme uygulanarak hav liflerinin doğrultuları görsel olarak izlenebilecek duruma gelmiştir (Şekil.6.g). Sonraki aşamada, Sobel filtreleme uygulanarak bu fark alma işlemi ile gradyanlar elde edilmiştir (Şekil.6.h). Yatay ve dikey doğrultudaki birbirinin tranzpozesi olan iki 3x3 Sobel gradyan operatörü ile giriş imgesinin katlanması sonucu oluşan bu gradyan bileşenler (G_x and G_z) beraber kullanıldığında, imgenin her noktasındaki gradyan genlikleri ve bu gradyanların oryantasyonları saptanabilmektedir [11]. Her pikselinin gradyan vektörlerinden, $I(x, z)$ imgesindeki (x, z) pikselinin gradyan yönü [9]:

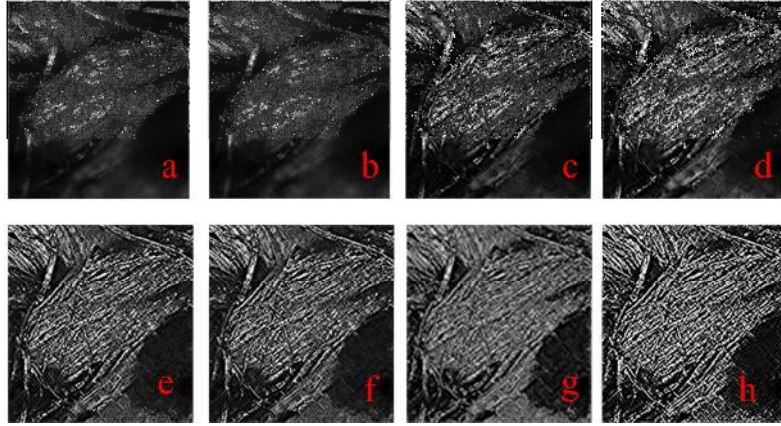
$$\theta = \tan^{-1} \frac{\partial I(x, z) / \partial z}{\partial I(x, z) / \partial x} = \tan^{-1} \frac{[I(x, z) - I(x, z - 1)]}{[I(x, z) - I(x - 1, z)]} \quad (6)$$

ve (x, z) pikselinin gradyan genliği:

$$GM = \sqrt{[I(x, z) - I(x - 1, z_0)]^2 + [I(x, z) - I(x, z - 1)]^2} \quad (7)$$

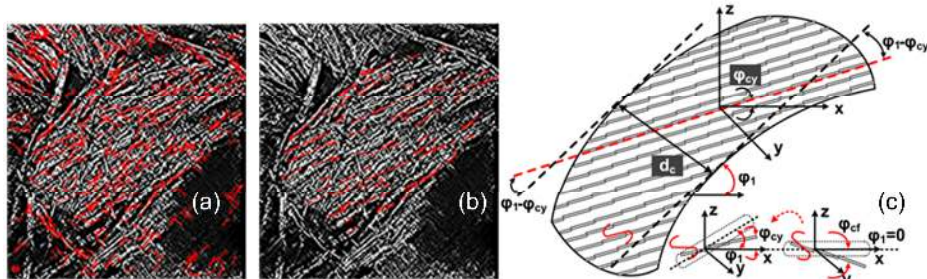
şeklindedir.

Gradyanlar belirlendikten sonra, ilk olarak φ_{cy} ve φ_l ve ardından T_{cy} ve T parametrelerini belirlemek üzere imgedeki baskın gradyan yönünün elde edileceği TAGTE yöntemi kullanılmıştır. Sobel filtrelenmiş imgede, her pikselin eşik seviye olarak belirlenen 12'den büyük gradyan genliklere sahip olanlar belirlenerek bunların oluşturduğu çizgi bölütleri ve her bir bölüte ait iki uç noktanın uzamsal koordinatları belirlenmiştir. Şekil 7.a'da bu kriteri sağlayan piksellere ait bölütler kırmızı çizgiler ile işaretlenmiştir. Eşiklenmiş gradyanların, sadece kilit ipliği liflerinin oryantasyonlarını gösteren bölgede seçilebilmesi için, hav ipliği bölgelerinde yer alanlar ve koordinat sisteminin 1. bölgesi dışında kalanlar elenmiştir. Kilit ipliğinin 45° den küçük φ_l açısı dikkate alındığında, liflerin S yönünde bükülmesi $\varphi_{cy} < \varphi_l$ eşitsizliğini doğuracağından, oryantasyonları 45° 'den küçük olanlar seçilmiştir (Şekil.7.b). Seçilen eşiklenmiş gradyan vektörlerin üzerinde yer alan her komşu pikselin oryantasyon açılarının Bağntı (6) kullanılarak



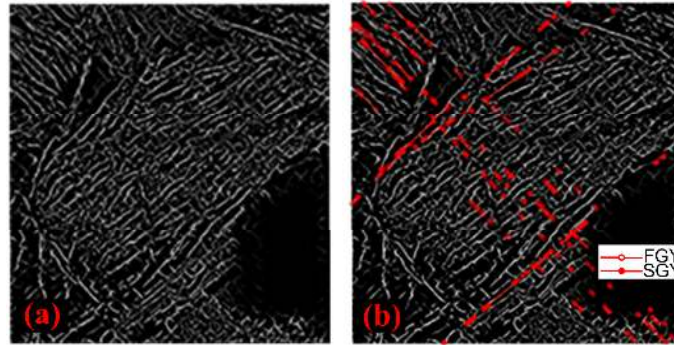
Şekil 6.a) KİB, b) Gaussian alçak geçiren filtre, c) Bulanık keskinleştirme, d) KSUHE, e) Bulanık keskinleştirme ($\alpha=0.3$), f) Wiener uyarlamalı gürültü bastırma, g) 7x7 Gaussian alçak geçiren filtreleme, h) Sobel gradyanlar.

ağırlıklı aritmetik ortalamaları alındığında, φ_{cy} 31.8724° olarak bulunur. Şekil.7.c, yapısındaki lifleri S yönünde bükülmüş olan, kompozit iplik yapısındaki büküm yönü ise Z olan KİB modeline ait φ_{cy} , φ_{cf} ve φ_l açılarını göstermektedir.



Şekil 7.a. Eşiklenmiş gradyanların çizgi segmentleri, b) φ_{cy} oryantasyonuna ait çizgi segmentler, c) KİB modeline ait φ_{cy} , φ_l ve φ_{cf} açıları.

Kilit ipliklerinin oryantasyon açısından T_{ch} parametresini elde etmek üzere ÇAGTE metodu olarak geliştirilen, kilit ipliğinin her iki sınırı boyunca yerleşen piksellerin oryantasyon açısı ve bu sınırlar arasındaki uzaklığın kilit ipliği çapına dönüştürüldüğü algoritmik bir eşikleme metodu ile φ_{pp} ve d_c parametreleri hesaplanmıştır. Metot, iskeletleştirme algoritması ile başlamaktadır. İki KİB'in orta noktalarından geçen doğrunun dik doğrultusuna $\pm 5^\circ$ toleransla yerleşen gradyan genliklerinden eşik seviye olarak belirlenen 20 değerini aşan gradyan vektörleri φ_{pp} adayı olarak belirlenmektedir. Bu gradyan genliklerinin KİB orta noktalarından geçen doğruya diklik koşulunu sağlamaya en yakın olanların oryantasyon açısı φ_{pp} açısı olarak değerlendirilmektedir. Bu koşulu sağlayan gradyan vektörlerinden kilit liflerine ait olanlar elenerek KİB sınırlarının orta noktalarına en yakınlık şartını sağlayan teğet gradyan genlikleri seçilmektedir. KİB'nin sağ ve solundaki sınırlarında yer alan pikselleri gösteren gradyanların açısı ve bu gradyanlar arasındaki uzaklık sırasıyla φ_{pp} ve d_c olarak belirlenmektedir [7]. Şekil 8.a'da iskeletleştirme algoritması uygulanmış imgeyi ve Şekil 8.b.'de ÇAGTE ile belirlenmiş φ_{pp} yönünde ve buna dik doğrultudaki gradyanları gösteren imge verilmiştir. Burada FGY kilit ipliği liflerinin gradyanlarını ve SGY ise KİB sınırlarındaki pikseller doğrultusundaki gradyanları göstermektedir.



Şekil 8.a. Sobel imgenin iskeletleştirme algoritması çıkışı, b. ÇAGTE ile belirlenen φ_{pp} adayı gradyanlar.

Şekil 8.b'den ÇAGTE algoritmalarını kullanarak d_c parametresi $257.587 \mu\text{m}$ ve KİB sınırlarındaki eşiklenmiş gradyanların eğimi ise 0.8718 ve buradan φ_{pp} açısı 41.082° olarak bulunur. Uster Zweigle Twist Tester 5 ile bükümü yapılan Ch örneğinin 1000 tur/m olarak ölçülen T_{ch} değeri, ÇAGTE metoduyla önerilen algoritma aşamaları ile belirlenen φ_{pp} ve d_c parametrelerinin Bağmtı (2) ve (3)'de kullanılmasıyla 1077.3 tur/m olarak belirlenmektedir.

Kilit ipliklerini oluşturan liflerin oryantasyon açısı $\varphi_{cf} = \varphi_{pp} - \varphi_{cy}$ bağıntısından hesaplanabileceğinden ÇAGTE ile bulunan φ_{pp} açısının 41.082° ve TAGTE ile bulunan φ_{cy} açısının 31.8724° değeri bu bağıntıda kullanıldığında, φ_{cf} açısı 9.2096° olarak belirlenir. Kilit ipliklerinin kesitinin dairesel olduğu yaklaşımı yapıldığında kilit ipliğinin büküm derecesi (T_{cy}):

$$\tan\varphi_{cf} = \pi d_c T_{cy} \quad (8)$$

bağıntısından 200.36 tur/m olarak hesaplanabilir. Tablo 3.'de incelenen Ch örneklerinin ve bu örneklerdeki kilit ipliklerinin önerilen metotlarla hesaplanan büküm değerleri ve oryantasyon açıları verilmiştir.

Tablo 3. Uster Twist Tester 5 cihazı sonuçları ile TAGTE ve ÇAGTE sonuçlarına ait T parametreleri.

SN	TAGTE	ÇAGTE	TAHRİBATLI		
	ϕ_{cy} (°)/ TD_{cy}	d_c (μm)	ϕ_{pp} (°)/ BY	T_{cy}/T (tur/m)	T_{cy}/T_{act} (tur/m)
1	145.162/Z	262.499	135.260/S	211.678/1201.170	200/1000
2	31.872/S	257.587	41.082/Z	210.509/1077.300	200/1120
3	24.144/S	263.351	37.992/Z	297.963/944.074	300/960
4	19.357/S	247.426	35.388/Z	369.647/928.320	380/900
5	16.716/S	310.774	39.916/Z	438.990/856.909	450/850
6	163.912/Z	251.163	147.633/S	370.102/803.257	380/820
7	12.364/S	258.664	30.915/Z	412.990/736.978	400/800
8	15.745/S	323.026	35.916/Z	362.000/713.746	350/750
9	9.198/S	258.383	29.414/Z	453.658/694.554	460/700

6. Sonuçlar

Bir tek kilit ipliği görüntüsü içeren imgenin kullanıldığı ÇAGTE metodu ile elde edilen oryantasyon açısı ve çap verileri Chenille ipliği için önerilen eliptik kesitli helisel modele ait parametrik bağıntıda kullanıldığında, Chenille ipliğinin büküm dereceleri başarılı şekilde belirlenmektedir. Çalışmada, TAGTE metodu ile kilit ipliklerini oluşturan liflerin oryantasyon açısının belirlenmesi Chenille ipliği bileşenlerinden olan kilit ipliklerinin de büküm seviyesinin tahribatsız yöntemle elde edilmesini sağlamaktadır. Geleneksel olarak halen kullanılmakta olan doğrudan ölçüm yöntemi, ipliğin bükümünün açılarak büküm derecesinin belirlendiği tahribatlı bir metot olmasının yanı sıra, bu yöntemin uygulanması sırasında liflerin kayması, büküm torku yüksekliği nedeniyle fazladan dönen tur mekanizmasının büküm derecesinde yanılmaları sebep olabilmesi gibi dezavantajlara sahiptir. Bu yöntemle Chenille ipliğinin büküm ölçümünde kilit ipliği büküm seviyesinin yüksek olmasının bir sonucu olan sıkışma etkisine bağlı olarak şıtapel hav liflerinin ölçüm sırasında konum değiştirmesi ve kayması ölçüm duyarlılığını düşürmektedir. Geliştirilen algoritmik kontrollerle hassas ölçüm sağlayan bilgisayarla görü metodu ucuz, hızlı ve otomatik bir ölçüm sonucu elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Tahribatlı metotla büküm varyasyonları belirlenememekte ve iplik örneğine ait kümülatif bir büküm seviyesi değeri elde edilebilirken bilgisayarla görü yöntemi olarak önerilen ölçüm algoritmaları, ipliğin her bölümüne uygulanarak büküm varyasyonlarının belirlenebilmesine ve ipliğin orijinal formunu kaybetmeksizin ölçüm yapılabilmesine imkan tanımaktadır. Yöntem tekrarlı yapıdaki diğer fantazi ipliklerin karakteristiklerinin ve büküm seviyelerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

Kaynaklar:

- [1] The International Organization for Standardization, ISO 2061, Textiles- Determination of twist in yarns- Direct counting method, pp. 1-12.
- [2] http://www.uster.com/fileadmin/customer/Instruments/Yarn_Testing/Zweigle_by_Uster/Twist_Tester/TWIST_TESTER_5_TechData.pdf

- [3] https://www.gester-instruments.com/electronic-yarn-twist-tester-gt-a08_p57.html
- [4] Physical testing of textiles, B. P. Saville, March 24, 1999 | ISBN-10: 0849305683 | ISBN-13: 978-0849305689 | Ed: 1, pp. 89-92, Woodhead Publishing, CRC Press, Cambridge.
- [5] Jaouadi, M., Msahli, S., Sakli, F. "Contribution to measurement of real yarn diameter." *The Journal of The Textile Institute*, 100(2) 2009 158-164.
- [6] Ozkaya, Y. A., Acar, M., Jackson, M. R. "Yarn twist measurement using digital imaging." *The Journal of The Textile Institute*, 101(2) 2010 91-100.
- [7] Süle, İ., "The determination of the twist level of the Chenille yarn using novel image processing methods: extraction of axial grey-level characteristic and multi-step gradient based thresholding." *Digital Signal Processing* 29 (2014): 78-99.
- [8] Süle, İ., Süle C. "Investigation of the production properties of fancy yarns using image processing method." *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2015 23th. IEEE, 2015.
- [9] Nixon, M. S., Aguado, A. S., *Feature Extraction and Image Processing*, 2nd Edition, Academic Press Publishing, pp. 88–90, 2008.
- [10] Solomon, C., and Breckon, T., *Fundamentals of Digital Image Processing*, John Wiley & Sons, Ltd, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, U K, p.56, pp.92-93, pp.106-109 2011.
- [11] Qureshi, S., *Embedded Image Processing on the TMS320C6000™ DSP*, ISBN 0-387-25280-0, Springer Science Business Media, Inc., New York, NY 10013, USA, pp.214–215, pp.220, p.226, 2005.