

**KIVIRCIKLANDIRILMIŞ HALI İPLİKLERİNİN GEOMETRİK
PARAMETRELERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE BELİRLENMESİ**
DETERMINATION OF THE CRIMPED CARPET YARN'S GEOMETRIC
PARAMETERS WITH IMAGE PROCESSING

Burcu KÜÇÜKOĞLU^{1*}, Ali KILIÇ², Sadettin KAPUCU²

¹Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Muş/Türkiye
²Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep/Türkiye

ÖZET

Halı üretiminde genel olarak polipropilen iplikler kullanılmaktadır. Fakat son zamanlarda halı endüstrisinde, frizeli iplik adı verilen bir iplik türü kullanılmaya başlanmıştır. Frizeli iplikler, polipropilen Bulk Continuous Filament (BCF) halı ipliklerinin belirli işlemlerden geçirilmesi ile elde edilir. Polipropilen BCF halı iplikleri fikse işleminden önce buharla birlikte silindirler arasından geçirilirler. Daha sonra yığma kutusunda basınçla sıkıştırılıp kıvrım özelliği kazandırılırlar. Bu işlemden sonra kıvrım özelliğinin sabitlenmesi için fikse işlemi uygulanır. Polipropilen BCF halı iplikleri bu aşamalardan geçtikten sonra frizeli halı ipliği olarak adlandırılır. Halı üretiminde bu ipliklerin tercih edilmelerinin nedeni, üretimde kazandırılan kıvrım yapılarının üzerlerine düşen ışığı farklı açılarda yansıtarak halıya yanardöner efekt vermeleridir. Frizeli halı ipliği üretiminde kazandırılan kıvrımlı yapılar ışığın yansımalarını etkilediğinden dolayı sayıları ve geometrik şekilleri önem kazanmaktadır. Fakat frizeli halı iplikleri yığma kutusunda basınçla sıkıştırıldıklarından dolayı kıvrım yapıları aynı şekil ve geometride olmamaktadır. Kıvrım yapılarının düzensiz oluşu ve halı endüstrisinde kıvrım yapılarının üreticiler tarafından gözle öznel olarak değerlendirilmesi kabul edilen kıvrım yapıları arasında farklılıklar oluşmasına neden olmaktadır. Bazı üreticiler kıvrım olarak sayarken bazı üreticiler aynı yapıyı kıvrım olarak saymamaktadır. Bu durum ipliğin üzerinde gerçekte kaç kıvrımlı yapı olduğu konusunda tartışmalara neden olmaktadır. Bu nedenle, kıvrımlı yapıların nesnel olarak değerlendirilmesi ve sınıflandırılması için bir görüntü işleme düzeneği kurulmuştur. Kıvrımlı yapıların belirlenmesinde kullanılacak yöntemlerden biri olan Mandelbrot tarafından keşfedilen kırıklı geometri ve başka bir yöntem olan sınır tanımlayıcıları metodu öne çıkmaktadır. Bu çalışmada kırıklı geometri ve sınır tanımlayıcıları olarak iki farklı yöntem üzerine çalışılmıştır ve sonuçlar karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Frizeli halı ipliği, Kırık geometri, Sınır tanımlayıcıları, Görüntü işleme

ABSTRACT

Polypropylene yarns have been commonly used in the carpet industry. However, in the carpet industry frieze carpet yarns have been used recently. Frieze yarns are obtained from polypropylene Bulk Continuous Filament (BCF) carpet yarns through a variety of treatments. Before the fixing treatment, polypropylene BCF carpet yarns are passed between the rollers with steam. After that treatment, polypropylene carpet yarns are compressed into the stuffer-box, thus gives the crimp structure to the yarns. After the stuffer-box step, fixing treatment is applied to fixation the crimp structure. After these treatments, polypropylene BCF carpet yarns are called as the frieze carpet yarns. The reason why frieze carpet yarns are preferred in the production of carpet is that these yarns reflect the light that is reflected on the crimp structure of yarns in the production from different perspectives in order to give an opalescent effect to the carpet. Since the crimp structures that are obtained in the production of yarn affect the reflection of light, the amount and geometrical shapes of crimp structures become important. Since frieze carpet yarns are compressed into the stuffer-box, the crimp structures of frieze carpet yarns do not have same forms and geometrical shapes. The irregular feature of crimp structures and the assessment of crimp structures in carpet industry by visually and subjectively cause the differences among the accepted crimp structures. Many manufacturers accept a crimp, on the other hand, many of them do not accept the same structure as a crimp. This situation causes an argument about yarn has how much crimp structure actually. Therefore, an image processing mechanism is set up to evaluate and classify the crimp structure objectively. Fractal geometry which was invented by Mandelbrot and boundary representation methods are prominent among the methods that are used to determine crimp structures. In this study, two methods are studied as fractal geometry and boundary representation and the results are presented comparatively.

Key Words: Frieze carpet yarn, Fractal geometry, Boundary representation, Image process

*Sorumlu Yazar / Corresponding author: Burcu Küçüköğlü, Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 49250 Muş, b.kucukoglu@alparslan.edu.tr

1.GİRİŞ

Halı üretiminde son yıllarda artan rekabet nedeniyle piyasa şartları üreticileri farklı halı tipleri üretmeye itmiş ve polipropilen halı ipliği yerine, polipropilen ipliğin birkaç aşamadan geçmesiyle elde edilen frizeli halı iplikleri kullanılmaya başlanmıştır. Frizeli halı iplikleriyle üretilen halıların tüketicilere çekici gelmesinin sebebi ise halının üzerine düşen ışığın, iplik üzerinde bulunan kıvrım yapılarının düzensiz yapıda olmasından dolayı farklı açılarda yansması ve halıya farklı, yanardöner bir görünüm kazandırmasıdır. Kıvrım yapılarının iplik üzerinde çok veya az sayıda olması yanardöner görünümü etkilemektedir. Bu nedenle bu etkiyi standart ve hesaplanabilir hale getirebilmek ve iyi bir halı üretimi için görünümü etkileyen kıvrım yapılarının geometrisini ve sayılarını ölçmek veya hesaplamak gerekmektedir. Frizeli halı ipliklerinin kıvrım yapıları polipropilen BCF halı ipliklerinin yığma kutusunda basınçla sıkıştırılması ile elde edildiğinden şekilleri düzensiz yapıda olmaktadır. Bu nedenle kıvrım yapılarının geometrilerini belirlemek için düzensiz yapıda olan nesnelerin geometrilerini belirlemede kullanılan yöntemler tercih edilmektedir. Düzensiz yapıda olan nesnelerin geometrilerini belirlemek için genelde kırıklı geometri kullanılmaktadır. Kırıklı yapıya ek olarak sınır tanımlayıcıları yöntemi de kıvrım özelliklerini belirlemede kullanılan yöntemler arasında öne çıkmaktadır.

Kırıklı geometri 1975 yılında Mandelbrot [1] tarafından bütün olan nesnelerin parçalara ayrıldıkça sürekli tekrarlanan ve neredeyse bütün olan nesne ile aynı görüntüyü vermesi üzerine bu özellikteki nesnelerin yapılarını belirlemek amacıyla ortaya atılmıştır. Kırıklı geometri kullanılarak düzensiz şekillerin uzunlukları belirli bir ölçekte belirlenebilmektedir. Kırıklı geometri birkaç farklı dala ayrılmıştır. Bunlardan yaygın olarak kullanılan ikisi; kutucuk sayma metodu ile eşit aralıklara bölme metodudur. Bu yöntemler kıvrımlı yapıya sahip ipliklerin uzunluklarını belirlemek için kullanılmıştır. Sınır tanımlayıcıları yönteminde ise nesnelerin sınır özellikleri görüntü işleme yardımı ile belirlenip sınır şekilleri ortaya çıkarılmaktadır. Bu işlem kıvrımlı yapıların geometrilerini net olarak

ortaya çıkardığından kıvrım yapılarının geometrik özellikleri kolaylıkla belirlenebilmektedir. Kutucuk sayma metodu, eşit aralıklara bölme metodu ve sınır tanımlayıcıları yöntemleri ve bu metodlarla kullanılan görüntü işleme değişik araştırmacılar tarafından kıvrım özelliğini belirlemek amacıyla kullanılmışlardır. Kang ve arkadaşları [2] eşit aralıklara bölme metodunu kıvrım yapısını belirlemek için kullanmışlar ve bu yöntemin güvenilir olduğunu açıklamışlardır. Muraoka ve arkadaşları [4] kutucuk sayma metodunu kullanarak kıvrımlı liflerin kırıklı yapı ölçümünü belirlemiş ve kıvrımlı yapıların ölçümlerinin bu yöntemle yapılabileceğini belirtmişlerdir. Lee ve arkadaşları [5] kırıklı geometrinin dalı olan kutucuk sayma metodunu kullanarak filament ipliklerin üç boyutlu yapısını belirlemişlerdir. Kutucuk sayma metodunun kolay uygulanabilir olduğunu ve kesin sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Yang [6] liflerin kıvrım morfolojilerini ve boyutlarını belirlemek amacı ile kırıklı yapının dalı olan kutucuk sayma metodunu kullanmıştır. Dadgar ve arkadaşları [10] frizeli ipliklerin kıvrım yapıları oluşturulurken kullanılan ısıtma işlemi esnasında farklı zaman ve sıcaklık parametreleri kullanmış ve kıvrım yapılarının stabiliteelerini ağırlık asma yöntemi ile belirlemiştir. Daha sonra bulanık mantık (fuzzy logic) ile stabilite derecelerini sınıflandırmışlardır. Sibus ve arkadaşları [7] kıvrımlı yapının geometrisini görüntü analizi ile incelemiş ve kıvrımlı yapıya ilişkin 11 parametre bulmuşlardır. Kıvrım özelliğini belirlemede kullanılan bir diğer yöntem ise sınır tanımlayıcılarıdır. Sınır tanımlayıcıları ile kıvrım yapılarına ait özellikler belirlenmiştir. Bu çalışmada öncelikle kıvrım yapılarının sayıları belirlenmiş daha sonra geometrik özellikleri incelenerek aynı geometride olup olmadıkları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1. Kutucuk Sayma Metodu

Kutucuk sayma metodu, düzensiz geometrilerde pratik ve yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Kutucuk sayma metodunun yaygın olarak kullanılmasının

sebebi nesnelerin boyutunu tam olarak saran kutucukların kenar boyutlarının ve sayılarının tekrarlanabilir deneylerle kolayca belirlenebilir olmasıdır [2]. Kutucuk sayma yöntemi, düzensiz nesnelerin analizinde kolayca veri toplanabilen bir yöntemdir.

Kutucuk sayma yönteminin çalışma prensibi, kenar uzunlukları belirli, nesnelerin yüzeylerini tam olarak kaplayan kutucuklarla nesnelere küçük parçalara ayırma işlemine dayanmaktadır. Kutucukların kenar uzunlukları büyütülüp küçültülerek nesne üzerindeki ayrıntılar ölçek faktörünün değişimi ile belirlenebilmektedir. Ölçek faktörü, yapısı belirlenecek olan nesnelerin boyutunun kaç kutucukla kaplandığını ve kutucuğun kenar uzunluğunun kutucuk sayısına göre değişimini logaritmik formda vermektedir. Logaritmik formdaki kutucuğun kenar uzunluğuna göre değişen kutucuk sayısını veren grafik üzerinden eğim belirlendiğinde kırıklı yapının uzunluğu belirlenmiş olur. Aşağıda görülen eşitlik 1, kutucuk sayma metodunda nesnelerin uzunluklarını belirlemek için kullanılan formülü göstermektedir.

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log N(r)}{-\log(r)} \quad (1)$$

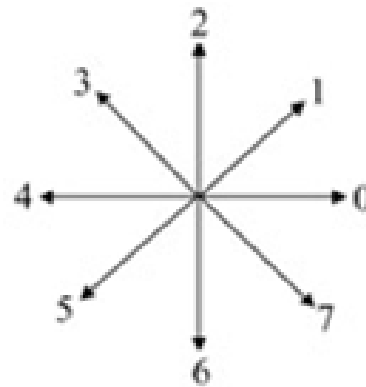
Bu eşitlikte "D" kırıklı geometrinin uzunluğunu, "N" kutucukların sayısını ve "r" kutucukların kenar uzunluklarını nitelemektedirler.

2.2. Eşit Aralıklara Bölme Metodu

Kırıklı geometrinin belirlenmesinde alternatif yöntem ise eşit aralıklara bölme yöntemidir. Eşit aralıklara bölme yönteminde, dijital forma aktarılan nesnelerin boyutları eşit aralıklı noktalara bölünerek aralık sayısı belirlenir. Nesnenin üzerinde belirlenen ilk ve son noktayı birbirine bağlayan bir çizgi çizilerek, aralık sayısına karşılık gelen uzunluk grafiği çizdirilir. Bu nedenle, eşit aralıklara bölme yönteminin ilk adımı nesnelerin kenar boyutlarının dijital forma aktarılması işlemidir [3].

2.2. Sınır Tanımlayıcıları

Sınır tanımlayıcıları yönteminde ilk olarak nesnelerin sınırları belirlenir. Belirlenen sınır özellikleri özel bir kod olan zincir kod (chain code) ile depolanır. Zincir kodları nesnelerin sınır bilgilerini zincirde tanımlı olan yön ve bu yönlere tanımlanan uzunluk ile depolamaktadırlar. Zincir kodu ile nesnelerin sınır bilgileri yön olarak belirlenirken sınırların belirlenmeye başladığı nokta ile son bulunduğu nokta aynı nokta olarak belirlendiğinde sınır depolama son bulmaktadır. Bu tür nesnelere kapalı nesne olarak nitelendirilmektedir. Zincir kodu ile sınırları belirlenmeye başlanan nesnenin başlangıç ve bitiş noktası aynı noktaya denk gelmez ise bu durumda nesne kapalı olmayan nesne olarak adlandırılır. Kapalı olmayan nesnelerin sınırları, zincir kodda belirtilen yönlerin uzunluklarına göre birbirleri üzerine eklenerek uzunluk olarak bulunur [8]. Eğer nesnelerin sınırları 1, 3, 5, 7 olarak tanımlanan yönlerde belirlenirse kapalı olmayan şekiller için sınır uzunluğu olarak alınmaktadır, bu yönlerden farklı olarak 0, 2, 4, 6 olarak tanımlanmış yönlerde belirlenirse sınır uzunluğu 1 olarak alınır. Şekil 1 zincir kodda tanımlı yönleri şematik olarak göstermektedir.



Şekil 1. Zincir kod yönlerinin şematik gösterimi

Zincir koda yönlere göre tanımlanan uzunluklarla kapalı olmayan nesnelerin uzunlukları belirlenebilmektedir. Sobus ve arkadaşları [7] zincir kodun bu özelliğinden ve görüntü analizi işleminden faydalanarak kıvrım özelliğine ait 11 parametre belirlemiştir.

2.4. Kıvrım Parametreleri

Kıvrımlı yapının tanımlanmasında kullanılan 11 parametre bu çalışmada aşağıda tanımlandıkları şekillerde belirlenebilmektedir.

1. Doğal boy C_n (piksel): İpliğin herhangi bir gerilime maruz kalmadan alınan görüntüsünün boyudur. Her iplik için aynı şekilde ipliklerin görüntüsü alınacağı ve sabit olacağı için bu parametre tanımlamada kullanılmayacaktır.

2. Kıvrım sayısı C_p : Doğal boyda olan iplik üzerinde bulunan kıvrım sayısıdır.

3. Uzatılmış boy C_u (piksel): Lif üzerindeki kıvrım yapılarının bozulmasına izin vermeden ipliğe uygulanan gerilim sonucu ipliğin ölçülen boyudur.

4. Kıvrım yüzdesi C_v : Uzatılmış boy ile doğal boy arasındaki farkın, doğal boy oranının yüzde olarak ifadesidir.

5. Kıvrım frekansı C_{sf} (1/pixel): Doğal boydaki kıvrım dalgalarının baskın olanı Fast Fourier Transform (FFT) yardımıyla belirlenir [9]. FFT işlemi sonucunda kıvrım özelliğinin dalga uzunluğu yaklaşık olarak belirlenmiş olur.

6. Kıvrımsız yapı C_{nc} (piksel): İplik üzerinde eğimin değişmediği yerlerin toplamı olarak tanımlanır.

7. Uzunluk C_h (piksel): Kıvrım yapısının zirve noktasından kıvrım yapısının sonuna kadar olan dikey uzaklık olarak belirtilmektedir. (Şekil 2)

8. Genişlik C_w (piksel): Kıvrım yapısının başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar olan yatay uzaklığı olarak belirtilmektedir. (Şekil 2)

9. Kıvrım Açısı C_a (): Kıvrım yapısının iki tarafında eğimin maksimum olduğu yerden çizilen doğruların birleşim yerindeki açı olarak belirtilmektedir. (Şekil 2)

C_a kıvrım yapısının keskinliği ile alakalı fakat keskinliği belirlemek için tek başına yeterli bir parametre olarak değerlendirilmemektedir.

10. Kıvrım şiddeti C_i :

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log N(r)}{-\log(r)} \quad (2)$$

C_{am} in eşitlik 2'de belirtilen durumlarında kıvrım şiddeti eşitlik 3'de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$0 \leq C_i = \frac{C_{am}}{h_0 + C_{am}} \leq 1 \quad (3)$$

C_{am} ; kıvrım yapısının genişliğidir, h_0 ise C_{am} in tersi olarak belirlenir ($-C_{am}$). C_i kıvrım keskinliği ile alakalıdır fakat keskinliği belirlemek için tek başına yeterli olmamaktadır.

11. Kıvrım keskinliği C_s : C_a ve C_i ile ilgilidir ve eşitlik 4'de belirtildiği gibi belirlenmektedir.

$$0 \leq C_s = \left(1 - \frac{C_a}{180}\right) C_i \leq 1 \quad (4)$$

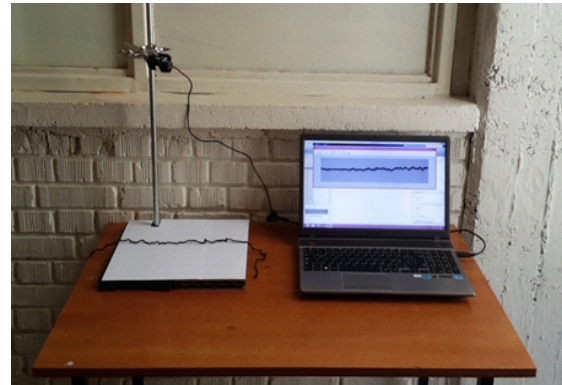
Şekil 2 yukarıda bahsedilen C_h , C_w , C_a , C_{am} , h_0 kıvrım parametrelerini kıvrım yapısı üzerinde göstermektedir.



Şekil 2. Kıvrım parametrelerinden bazılarının şematik gösterimi

3. DENEYSEL YÖNTEMLER

DeneySEL yöntem olarak kutucuk sayma metodu, eşit aralıklara bölme metodu ve sınır tanımlayıcıları metodu kullanılmıştır. DeneySEL yöntemler uygulanmadan önce ilk olarak frizeli halı ipliklerinin görüntüleri kamera ve bir düzenek yardımıyla dijital ortama aktarılmıştır. Şekil 3 kurulmuş olan düzeneği göstermektedir.



Şekil 3. Frizeli ipliklerin dijital ortama atılabilmesi için oluşturulan düzeneğin fotoğrafı

Yöntemlerin uygulanabilmesi için 9 adet frizeli halı ipliği örnekleri hazırlanmıştır.

Diğer bir örnek ise özellikle farklı kıvrım özelliklerinde fakat diğer örneklerle aynı uzunlukta hazırlanmıştır. Daha sonra örneklerin fotoğrafları kamera yardımıyla dijital ortama aktarılmıştır.

Dijital ortama aktarılan görüntülere bazı işlemler uygulandıktan sonra kırıklı geometrinin dalları olan eşit aralıklara bölme metodu ve kutucuk sayma metodu ile bir başka metot olan sınır tanımlayıcıları metodu görüntü işleme yardımıyla örneklerle uygulanmışlardır.

Dijital görüntüler ilk olarak negatif yani ters görüntüye dönüştürülmüşlerdir. Negatif görüntülerin alınmasının sebebi ise karanlık bölgelerdeki detayların negatif görüntülerde daha iyi görülebilmesidir.

Negatif görüntü alındıktan sonra görüntü üzerinde iyileştirme yapmak amacı ile 5×5 medyan filtresi kullanılarak filtreleme işlemi uygulanmıştır.

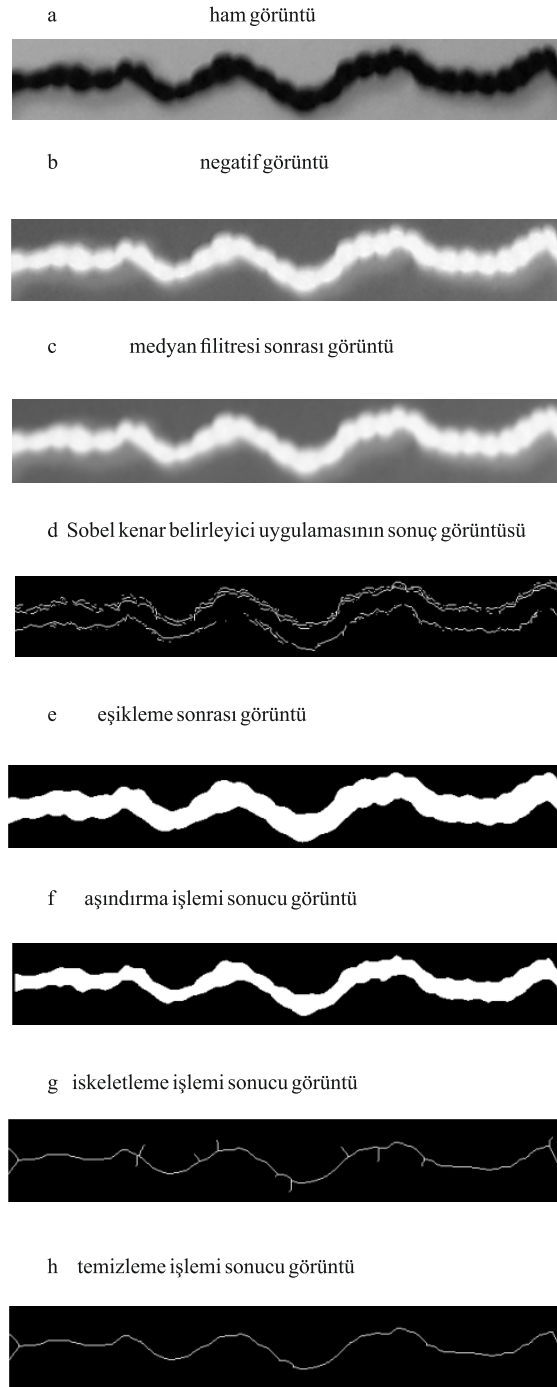
Medyan filtresinin seçilmesindeki sebep, filtreleme esnasında görüntülerin kenar çizgilerinin diğer filtreleme yöntemlerine göre daha iyi korunarak görüntülenmesidir. Bu özelliği nedeniyle medyan filtresi görüntü işleme ile yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Filtreleme işleminin ardından kıvrım yapılarının sınır görüntülerinin daha belirgin hale gelebilmesi için Sobel kenar belirleyici işlemi uygulanmıştır.

Kenar belirleme işleminden sonra bazı morfolojik işlemlerin dijital formdaki görüntüye uygulanabilmesi için görüntüler siyah-beyaz görüntü formuna çevrilmiştir.

Siyah-beyaz forma dönüştürülen görüntülere sırasıyla aşındırma (erosion), iskeletleme (skeleton) ve gereksiz çıkıntıları temizleme (spur) morfolojik işlemleri uygulanmıştır.

Rastgele seçilen bir görüntü üzerinde uygulanan bütün işlemlerin sonuç görüntüleri, işlemlerin uygulanma sırasına göre Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Sırasıyla, ^a Orijinal görüntü, ^b Negatif görüntü, ^c Sobel uygulamasının sonuç görüntüsü, ^d Medyan filtresi uygulamasının sonuç görüntüsü, ^e Siyah-beyaz forma çevrilmiş görüntü, ^f aşındırma (erosion) uygulamasının sonuç görüntüsü, ^g iskeletleme (skeleton) işleminin sonuç görüntüsü, ^h temizleme (spur) işleminin sonuç görüntüsü.

Morfolojik işlemlerden sonra kutucuk sayma, eşit aralıklara bölme ve sınır tanımlayıcıları yöntemleri uygulanmıştır. Tablo 1 ve Tablo 2 kutucuk sayma metodu uygulanması sonucu elde edilen verileri göstermektedirler. Tablo 1, kırık geometrinin uzunluğunun (D), kutucukların kenar boyutlarına (R) göre değişimini göstermektedir. Tablo 2 ise kutucuk sayma metodunda kullanılan kutucuk sayılarının (N), kutucukların kenar boyutlarına (R) göre değişimini göstermektedir.

Tablo 1. Kırıklı geometrinin (D), kutucukların kenar boyutlarına (R) göre değişimi

R	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096
D ₁	0,80	0,86	0,92	0,94	1,04	1,06	1,12	1,13	1,00	0,87	0,66	0,79	1,0
D ₂	0,82	0,87	0,96	0,98	1,00	0,98	0,82	0,76	1,27	1,25	0,66	0,79	1,0
D ₃	0,84	0,88	0,94	0,99	0,99	1,08	1,09	0,97	1,04	0,94	0,66	0,79	1,0
D ₄	0,79	0,84	0,93	0,97	1,03	0,96	0,79	0,73	1,36	1,37	0,66	0,79	1,0
D ₅	0,83	0,88	0,96	0,98	0,95	0,97	1,10	1,10	1,07	0,94	0,66	0,79	1,0
D ₆	0,81	0,87	0,94	0,97	1,03	1,03	0,91	0,78	1,19	1,21	0,66	0,79	1,0
D ₇	0,81	0,86	0,95	0,99	0,99	0,93	0,90	0,82	1,24	1,25	0,66	0,79	1,0
D ₈	0,80	0,86	0,94	0,97	1,02	1,07	0,96	0,90	1,16	1,06	0,66	0,79	1,0
D ₉	0,83	0,88	0,93	0,98	0,96	0,84	0,79	0,82	1,38	1,33	0,66	0,79	1,0
D ₁₀	0,88	0,92	0,96	0,95	1,06	1,10	0,97	0,93	1,04	0,94	0,66	0,79	1,0

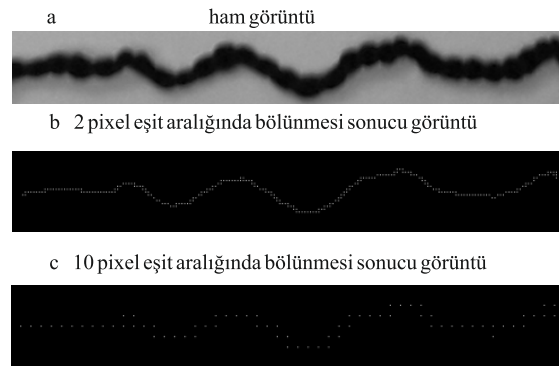
Tablo 2. Kullanılan kutucukların kenar boyutlarının (R), kutucuk sayılarına (N) göre değişimi

R	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096
N1	2517	1446	768	402	209	95	48	20	10	5	3	2	1
N2	2481	1405	742	369	190	91	49	29	17	5	3	2	1
N3	2474	1386	735	375	187	95	42	21	11	5	3	2	1
N4	2542	1472	797	407	208	98	55	33	20	5	3	2	1
N5	2490	1401	739	371	191	100	50	22	11	5	3	2	1
N6	2483	1414	746	385	195	92	47	26	16	5	3	2	1
N7	2501	1424	759	384	192	97	53	28	17	5	3	2	1
N8	2505	1439	761	389	197	95	45	25	13	5	3	2	1
N9	2470	1388	734	383	190	101	59	34	19	5	3	2	1
N10	2474	1341	694	353	185	81	40	21	11	5	3	2	1

Tablo 1 ve Tablo 2'de verilen kutucuk kenar boyutları (R) örneklere ait görüntülerin görüntü işleme ile bölüdüğü kutucukların kenar boyutlarını piksel olarak göstermektedir. Tablo 1 örneklere ait kırıklı geometrilerin değerlerini göstermektedir. D₁₀ ve N10 ile belirtilen örnek kıvrım yapısı farklı olan örneği göstermektedir.

Örneklerin kırıklı geometri sonuçları 0,73 ile 1,37 arasında değişkenlik göstermektedir. Kırıklı geometri sonuçları kıvrım yapılarının benzerliğini belirlemek için önemlidir. Ancak Tablo 1'den de görüldüğü üzere kullanılan 10 örnek için kırıklı geometri sonuçları birbirlerine yakın değerdedir. Örnekler arasında sınıflandırma yapılabilmesi için yeterli değildir. Tablo 2'de gösterilen örneklerin kutucuk sayıları (N), örneklerin dijital görüntülerinin görüntü işleme yardımı ile kutucuklara bölünmesi ve dijital görüntü ile dolu olan kutucukların sayılması ile elde edilmişlerdir. Kutucuğun kenar boyutu büyütüldükçe dolu olarak sayılan kutucukların sayıları azalmaktadır. Tablo 2'de ilk sütunda gösterilen 1 sayısı kutucukların kenar boyutlarının 1 piksel olarak alınmasıyla elde edilen kutu sayısını belirtmektedir, bu kutuların sayısı aynı zamanda dijital görüntünün piksel olarak uzunluk değerini vermektedir. Bu sütundaki verilerden yararlanılarak örneklerin gerçek değerleri cm veya mm cinsinden hesaplanabilmektedir. 2450 piksel uzunluğu 40 cm olarak hesaplanmıştır, buradan cm veya mm ye düşen piksel değerleri bulunarak dijital görüntüsü alınan ipliklerin gerçek uzunlukları bulunabilmektedir. Örneğin, N1 ile gösterilen iplik örneğinin gerçek uzunluk değeri yaklaşık olarak 41 cm olarak hesaplanmıştır.

Eşit aralıklara bölme metodunda ise morfolojik işlemlerden sonra bölünen aralık sayısı belirlenmiş ve bu noktaların arasındaki uzaklık belirlenmiştir. Belirlenen uzaklık, kırıklı geometri sonucu bulunan uzunluğu vermektedir. Şekil 5 aynı örneğe ait farklı aralık sayısı ile kırıklı geometrinin uzunluğunun nasıl belirlendiğinin görüntüsünü göstermektedir. Tablo 3 eşit aralıklara bölme metodu sonucu elde edilen uzunlukların sonuçlarını göstermektedir. Tablo 4 dijital görüntülerin eşit piksel aralıklarına bölünmesi ile elde edilen aralık sayılarını göstermektedir.



Şekil 5. Sırasıyla,^a orijinal görüntü, ^b 2 piksel aralığı ile eşit aralıklara bölünme sonucu elde edilen görüntü, ^c 10 piksel aralığı ile eşit aralıklara bölünme sonucu elde edilen görüntü.

Tablo 3. Eşit aralıklara bölme sonucu bulunan uzaklıklar.

r	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048
L1	3007455	1503115	749120	372725	183338	88694	42616	19669	7408	2046	1023
L2	2953119	1474744	735558	365966	181186	88820	42684	19706	7421	2048	1024
L3	2961119	1477521	735741	364857	180666	88572	42676	19704	7423	2047	1023
L4	3013639	1504938	750593	373753	183822	90927	44692	19552	7353	2022	1004
L5	2953784	1476252	736322	365149	180798	88653	42570	19705	7420	2048	1022
L6	2973227	1483643	740647	368485	181212	88822	42698	19708	7423	2047	1022
L7	2992981	1493437	744891	369400	182869	88454	42495	19624	7392	2041	1019
L8	3001144	1498729	747511	371918	182935	84491	42514	19620	7386	2038	1018
L9	2952871	1474633	735510	365943	181167	88807	42672	19701	7422	2047	1023
L10	2941826	1467887	730911	363641	178821	86466	40385	17536	7424	2048	1024

Şekil 5 'de görüldüğü üzere ham görüntüyü eşit aralıklarla bölen piksellerin aralık sayısı arttıkça, sayılan aralık değerleri azalmaktadır. Görüntü işleme yardımı ile 2 piksel aralıklarla bölündüğünde elde edilen aralık sayısı 892 ile 1015 arasında değişirken aynı görüntü 10 piksel eşit aralığı ile bölündüğünde aralık sayıları 247 ile 285 arasında değişim göstermektedir. Bu durum elde edilen uzunlukları doğru orantılı olarak etkilemektedir.

Tablo 4. Eşit aralıklara bölme sonucu bulunan aralık sayıları

r	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048
S1	978	603	340	182	93	47	26	10	6	3	2
S2	939	570	326	176	87	42	20	10	10	3	2
S3	941	579	329	171	93	49	21	10	7	3	2
S4	1015	635	358	186	97	45	20	10	12	3	2
S5	935	586	324	165	90	47	26	10	7	3	2
S6	956	585	333	177	96	48	20	10	10	3	2
S7	972	599	336	177	96	41	20	10	11	3	2
S8	996	602	338	179	98	47	20	10	9	3	2
S9	949	580	334	175	96	41	20	10	11	3	2
S10	892	548	304	161	77	42	20	10	6	3	2

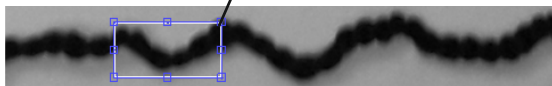
Tablo 3'te gösterilen uzunluklar, piksel aralıklarına (r) göre eşit aralıklara bölünerek pikseller arasındaki bulunan uzaklıklardır. Tablo 4 örneklere ait dijital görüntülerin görüntü boyunca eşit piksel aralıklarına bölünmesiyle elde edilen aralık sayılarını göstermektedir. Sonuç olarak bulunan uzunluklar elde edilen aralık sayılarına bölündüklerinde örneklerin uzunlukları piksel olarak bulunmaktadır. Örnekler için eşit aralıklara bölme işlemi sonucu bulunan uzaklık değerleri ilk 9 örnek için yakın değerdedir. S10 ile gösterilen kıvrım yapısı farklı olan örnek için 2, 4, 8, 16 piksel eşit aralıklarına bölünme sonucu elde edilen uzaklıklar diğer örneklere yakın değerlerde bulunmuştur. 32, 64, 128, 256 piksel eşit aralıklarına bölünme sonucu bulunan uzunluklar ise diğer örneklerden farklı değerdedirler.

Eşit aralıklara bölünme işleminde uzaklık hesaplanırken bölünen aralığın denk geldiği pikselin satır ve sütun pozisyonu değişebilmektedir. Örneğin bölündüğü eşit aralık değeri büyüdükçe, kıvrım yapısının denk geldiği uzunluk hesaplamak için kullanılan piksel sayıları azalmaktadır. Buna bağlı olarak bulunan uzaklık değeri azalmaktadır. S10 örneğinde 2, 4, 8, 16 piksel eşit aralıklarına bölünme sonucu bulunan uzaklıkların diğer 9 örnek için bulunan uzaklıklara yakın olmasının nedeni, bölünen aralık değerinin küçük olması ve uzaklık hesaplamak için alınan piksel sayılarının yakın değerde olmasıdır. 32, 64, 128, 256 piksel eşit aralıklarına bölünme sonucu elde edilen uzaklıkların farklı olmasının nedeni ise bölünen eşit aralık değerinin büyümesi ile kıvrım yapısının denk geldiği uzaklık hesaplamak için kullanılan piksel değerlerinin daha az olmasındandır. Kıvrım yapısının eşit aralıklara bölünmesiyle elde edilen pikseller arasındaki uzaklık ipliğin düz, kıvrımsız olan yerlerinin eşit aralıklara bölünmesiyle elde edilen piksel değerleri arasındaki uzaklıklardan daha fazla olmaktadır. Bu değerlerden S10 örneğinin kıvrım yapısının diğer 9 örneğe göre daha düz yapıda olduğu belirlenebilir.

128 piksel ile 2048 piksel aralığına kadar eşit aralıklara bölünerek bulunan aralık sayısı bütün örnekler için yaklaşık olarak aynı değerleri vermektedir. S10 ile gösterilen örneğin kıvrım yapısı diğer 9 örneğe göre daha düz yapıda olduğu daha önce belirlenmiştir. S10 ile gösterilen örnek için 2, 4, 8, 16, 32 piksel aralıklarıyla eşit aralıklara bölünme sonucu bulunan aralık sayıları diğer 9 örneğe göre farklılık göstermektedir. Kıvrım yapısı daha keskin olan örneklerin eşit aralıklara bölünme sonucu bulunan aralık sayıları fazla olmaktadır. S10 örneği için bulunan değerler kıvrım yapısının farklı diğer örneklere göre daha az keskin olduğunu göstermektedir. Örneklerin gerçek uzunlukları cm veya mm ye düşen piksel sayısından hesaplanabilmektedir. Alınan görüntülerden 40 cm ye 2450 piksel düştüğü hesaplanmıştır. S1 aralık sayısı ve L1 uzunluğu ile gösterilen örneğin dijital görüntü boyu eşit aralıklara bölme işlemi sonucu elde edilen uzunluk ile bölünen adım sayısı oranı sonucu ipliğin uzunluğu 3075 piksel yani 50,2 cm olarak belirlenmiştir.

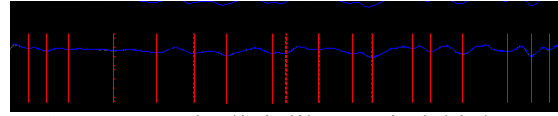
Sınır tanımlayıcıları yöntemi ile öncelikle örneklerin dijital görüntülerinin zincir kod yardımıyla sınırları belirlenmiştir. Şekil 6 dijital görüntüsü alınan örneğin bir bölümünün sınırlarının zincir kod ile gösterimini sergilemektedir. Zincir kod ile sınırları belirlendikten sonra daha önce Sobus ve arkadaşları [6] tarafından belirlenen parametreler görüntü işleme yardımı ile belirlenmiştir. İlk olarak frizeli iplik üzerindeki kıvrım sayıları belirlenmiştir. Şekil 7 örneğe ait kıvrım sayısının gösterimini sergilemektedir. Tablo 5 bütün parametrelerin örnekler için bulunan değerlerini göstermektedir.

```
7007007070707707770777077077070707007
0000000000000010001001010101011010110
1020100101
```



Şekil 6. Dijital görüntünün sınırlarının zincir kod ile gösterimi

belirlenen kıvrım sayısı



Şekil 7. Frizeli iplik üzerindeki kıvrım sayısının gösterimi

Şekil 6'da görülen zincir kod genellikle 7, 0 ve 1 numaralarından oluşmaktadır. Zincir kod belirlenirken başlangıç noktası önemlidir, başlangıç noktasına bağlı olarak zincir koda aktarılan yön değerleri değişebilmektedir. Bu dijital görüntüde soldan sağa doğru zincir kod belirlenmeye başlandığından 7, 0, 1 numaralarının gösterdiği yönlerin yoğunlukta olması normal durumdadır. Şekil 7'de gösterilen örneğin kıvrım sayısı 18 olarak belirlenmiştir. Kırmızı çizgiler kıvrım yapısının tepe noktasından çizilmiş olup her biri kıvrım yapısını nitelemektedirler.

Tablo 5 . Örneklerin 11 parametre sonuçlarının gösterimi.

Örnek Num.	C_{nl}	C_{el}	$C_{\%}$	C_{nc}	C_p	C_a	C_i	C_s	C_h	C_w	C_{sf}
No 1	2417	2710	12,1	631	18	158,02	0,360	0,055	9,64	57,79	0,0029
No 2	2417	2642	9,3	647	14	153,35	0,479	0,071	18,32	136,79	0,0029
No 3	2417	2637	9,1	608	18	117,17	0,478	0,172	22,69	82,00	0,0037
No 4	2417	2790	15,4	472	22	123,52	0,326	0,101	21,00	107,38	0,0028
No 5	2417	2650	9,7	537	17	119,78	0,468	0,192	21,88	86,59	0,0029
No 6	2417	2664	10,2	564	20	132,17	0,447	0,121	11,69	47,62	0,0004
No 7	2417	2688	11,2	624	20	148,31	0,419	0,076	10,27	57,20	0,0012
No 8	2417	2712	12,2	527	21	151,01	0,407	0,069	10,24	64,23	0,0025
No 9	2417	2642	9,3	608	19	134,40	0,465	0,121	17,00	62,38	0,0004
No 10	2417	2549	5,5	1001	21	140,66	0,454	0,106	11,91	43,09	0,0050

^a C_{nl} = doğal boy, C_{el} = uzatılmış boy, C_p = kıvrım sayısı, $C_{\%}$ = kıvrım yüzdesi, C_{nc} =iplik üzerinde eğimin değişmediği yerlerin toplamı, C_a =kıvrım açısı, C_s =kıvrım keskinliği, C_i =kıvrım şiddeti, C_h =kıvrım uzunluğu, C_w = kıvrım genişliği, C_{sf} = baskın kıvrım uzunluğu Tablo 5'te No10 ile gösterilen örnek kıvrım yapısı farklı olarak alınan örneği nitelendirmektedir.

Tabloda görüldüğü üzere C_{nl} bütün örnekler için aynı değer bulunduğu için kıvrım yapısını değerlendirmek için kullanılamamaktadır. C_i kıvrım şiddetini, C_s kıvrım keskinliğini göstermektedir ve kıvrım yapısı farklı olan örnek için belirlenen değer diğer 9 örnek için belirlenen değerler arasında olduğundan kıvrım yapısını değerlendirmek için yeterli değildir. C_a kıvrımın kenarları arasındaki açıyı belirtmektedir, kıvrım yapısı farklı olarak alınan örnek için belirlenen C_a değeri diğer 9 örnek için belirlenen değerler arasında olduğundan bu parametrede kıvrım farklılığını belirlemek için yeterli değildir. $C_{\%}$ değeri hesaplanırken doğal boy ile uzatılmış boy oranı kullanılmaktadır. Doğal boy bütün örneklerde aynı olmasına rağmen uzatılmış boy değeri farklı olduğu için farklı yüzde değerleri bulunmuştur. Bu nedenle kıvrım yüzdesi $C_{\%}$ kıvrım yapısını sınıflandırmada kullanılabilir bir parametre olarak görülmüştür. Kıvrım yapısı farklı olan örnek için belirlenen C_h ve C_w değerleri diğer örnekler için bulunan değerler arasında bir değer bulunduğu için bu iki parametrede kıvrım yapısını sınıflandırmak için yeterli değildir. C_{sf} kıvrımlar arasında baskın olan kıvrımı belirlediğinden tek başına kıvrımları sınıflandırmak için yeterli bir parametre olarak görülmemiştir. C_p değeri sadece kıvrım sayısını belirlemektedir, kıvrım yapısının sayısının bilinmesi açısından önemlidir fakat kıvrım yapısını sınıflandırmak için yeterli bir parametre olarak görülmemiştir. C_{nc} değeri kıvrım yapısı farklı olarak alınan örnek için diğerlerinden farklı bir değer olarak bulunmuştur. No10 ile gösterilen bu örneğin kıvrım yapıları daha düz yapıdadır dolayısı ile diğer örneklere göre eğimin değişmediği yerler daha fazladır. Bu nedenle C_{nc} eğimin değişmediği yerlerin toplamı olarak verildiğinden kıvrım yapılarını sınıflandırmada kullanılabilir bir parametre olarak görülmüştür. Aynı şekilde, C_{el} değeri No10 ile gösterilen örnek için diğerlerinden farklı değerde bulunmuştur. Uzatılmış boy olarak geçen C_{el} değeri kıvrım yapısı bozulmadan ölçülen boydur. Kıvrım yapısı daha düz olduğundan dolayı bu değer No10 örneği için farklı çıkması normaldir. Bu nedenle C_{el} değeri kıvrım yapısını sınıflandırmada kullanılabilir bir parametre olarak görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Frizeli ipliklerin kıvrım özelliklerini belirlemek ve sınıflandırmak için görüntü işleme yardımı ile kutucuk sayma yöntemi, eşit aralıklara bölme yöntemi ve sınır tanımlayıcıları yöntemi uygulanmıştır. Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5 sırasıyla yöntemler sonucunda elde edilen verileri göstermektedir. Tablolardaki ilk 9 örnek aynı lot ile üretilmiştir. Son örnek ise farklı kıvrım özelliklerindedir. Kırıklı geometrinin dallarından olan kutucuk sayma metodu ve eşit aralıklara bölme metodu kolay uygulanabilen, hızlı sonuçlar veren yöntemlerdir. Bu çalışmada kıvrımlı ipliklerin arasındaki farkların belirlenmesi amacıyla kırıklı geometri metotları uygulanmıştır. Bu yöntemlerden kutucuk sayma metodu sonuçları bütün örnekler için yakın sonuç verdiği için kıvrım yapıları arasındaki farkı belirlemek için kutucuk sayma metodu yararlı görülmemiştir. Kırıklı geometrinin diğer bir dalı olan eşit aralıklara bölme metodu ise kıvrım yapıları arasındaki farkı belirlemede yardımcı olmuştur. Sınır boyutlarını belirleme metodu ise kıvrım yapılarının sınıflandırılması için uygulanmıştır. Daha önce bulunan kıvrım yapılarına ait 11 parametre kıvrım yapılarını sınıflandırmak amacıyla örnekler üzerinde sırasıyla belirlenmiştir. Tablo 5 bu verilerin sonuçlarını göstermektedir. Tablo 5'te görüldüğü üzere No10 örneği için C_{el} , $C_{\%}$, C_{nc} ve C_{sf} değerleri diğer 9 örneğe göre farklı değerdedirler. C_{el} , $C_{\%}$ ve C_{nc} parametreleri kıvrım yapısını sınıflandırmada kullanılabilir parametreler olarak görülmüştür.

C_{sf} değeri No10 örneği için farklı olmasına rağmen iplik üzerinde bulunan kıvrım yapıları arasında sadece baskın olan kıvrım yapısını belirlediğinden dolayı tek başına kıvrım yapısını sınıflandırmak için yeterli bir parametre olarak görülmemiştir. Sonuç olarak halı sektöründe üreticiler tarafından öznel olarak değerlendirilen iplik üzerinde bulunan kıvrımlı yapıların sayıları görüntü işleme yardımı ile nesnel olarak belirlenebilmiş, farklılıklar belirlenerek sınıflandırma yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1].Mandelbrot, B. B., The Fractal Geometry of Nature, Freeman, NY, 1983, pp. 14-43.
- [2].Kang, T.J., Lee, J.Y., Kwansoo, C. and Lee, S. Evaluating Yarn Crimp With Fractal Geometry, *Textile Res. J.*, 69(7), 527-534, 1999.
- [3].Brian H. Kaye, Powder Mixing, Powder Technology Series 10. book, pp. 91-95
- [4].Muraoka, Y., Inoue, K. Tagaya H., and Nishizawa, K., Fiber Crimp Analysis By Fractal Dimension, *Textile Res. J.* 65(8), 454-460, 1995.
- [5].Kang, T.J. and Lee, J.Y., Filament Crimp In Three Dimensions Measured By Image Analysis and Fractal Geometry, *Textile Res. J.* 71(2), 112-116, 2001.
- [6].Yang, X., Fractal Approach to Fiber's Crimped Morphology, *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 11, 287-290, 2010.
- [7].Sobus, J., Xu, B., Pourdeyhimi B., Characterizing Fiber Crimp by Image Analysis: Definitions, Algorithms, and Techniques, *Textile Research J.*, 62(2), 73-80, 1992.
- [8].Jabay, R., O., Sleit, A., T., A Chain Code Approach For Recognizing Basic Shapes, 2006.
- [9].Brigham, E.O., The Fast Fourier Transform and Its Applications, Prentice Hall, Inc., 1988, pp. 89-117,
- [10]. Sobus, J., Xu, B., Pourdeyhimi B., Characterizing Fiber Crimp By Image Analysis: Definitions, Algorithms, and Techniques, *Textile Research J.* 62(2), 73-80, 1992.
- [11].Dadgar, M., Varkiani, H.M.S., Merati, A.A., Sarkheyli, A., Comparison of Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference System in Prediction of Residual Frieze Effect of Frieze Carpet Yarns., *Tekstilna Industrija*, 61(2), 16-25, 2013.