Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 24(2), 255-259, 2018

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Polimerik kaplamalı kumaşlarda görüntü işleme ile niceleme ve karakterizasyon uygulaması

Application of image processing for quantization and characterization of fabrics with polymeric coatings

Kazım YILDIZ[1*], *Zehra YILDIZ*[2]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
kazim.yildiz@marmara.edu.tr

[2]Tekstil Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
zehra.yildiz@maramara.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 14.07.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 31.05.2017
doi: 10.5505/pajes.2017.90767
* Yazışılan yazar/Corresponding author
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada gri seviye eş oluşum matrisi ile fraktal boyut kullanılarak pamuk kumaş üzerine uygulanan polimerik kaplama içerisindeki taneciklerin dağılımı incelenmiştir. Kumaş yüzeyine farklı miktarlarda nano boyutta tanecik içeren kaplama formülasyonları uygulanmış daha sonra kumaşın termal gravimetrik yöntem (thermo gravimetric analysis-TGA) ile yanmazlık özellikleri incelenmiştir. Kaplanan kumaş yüzeyleri üzerinden optik mikroskop ile görüntüler elde edilmiş ve bu görüntüler gri seviye ve fraktal boyut özellik çıkarımında kullanılmıştır. Farklı miktarlarda nano tanecik içeren kaplı kumaşların mikroskop görüntüleri, görüntü işleme tekniği ile analiz edilerek nicelendirme ve sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Görüntü işleme ile elde edilen sonuçlar TGA ile bulunan deneysel bulgularla mukayese edilmiştir. Görüntü işleme tekniği ile özellik çıkarılarak en iyi kaplama kalitesine sahip numunenin, %5 montmorillonit (MMT) içeren örnek olduğu tespit edilmiştir. Numuneler arasındaki ortalama sınıflandırma başarısı %92,5 olarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Görüntü işleme, Fraktal analiz, Pamuk kumaş, Polimerik kaplama, Nano tanecik

Abstract

In this study, the dispersion quality of particles on polymeric coating formulations from cotton fabric surfaces was investigated by using gray level co-occurrence matrix and fractal dimension. Coating formulations with various nano particle inclusions were applied on cotton fabrics. The flame retardant property of coated fabrics were examined by thermal gravimetric analysis (TGA). Images from the coated fabric surfaces were obtained by using optical microscopy and then these images were used in gray level and fractal dimension feature extraction processes. The microscopic images of the coated fabrics in various particle amounts were analyzed by using the image processing technique, and then classification and quantization processes were performed. The results of the image processing were compared to the results of TGA. The sample containing 5% montmorillonite (MMT) was found as having the best coating quality level by using feature extraction method in image processing. The average classification performance among all the samples was found as 92.5%.

Keywords: Image processing, Fractal analysis, Cotton fabric, Polimeric cover, Nano particle

1 Giriş

Kumaş kaplama işleminde kaplama formülasyonlarına, çeşitli özelliklere sahip nano/mikro taneciklerin eklenmesi, kumaşa güç tutuşurluk [1], anti bakteriyellik [2], su/yağ iticilik [3],[4], elektriksel iletkenlik [5] gibi bazı özellikler kazandırarak, kumaşın kullanım alanını belirlemektedir. Bu proseste kaplamadaki optimum tanecik miktarının ürün performansını düşünerek en iyi şekilde seçilmesi temel hedeftir. Kaplama malzemesi içerisindeki taneciklerin kumaş yüzeyindeki homojen dağılımı ürün performansını, dolayısıyla kaplama kalitesini belirlemektedir.

Kaplanan kumaşların yüzeyinden elde edilen mikroskobik görüntüler katı taneciklerin dağılımı ve agglomerasyonu gibi bazı morfolojik özelikler hakkında bilgi vermektedir. Mikroskop görüntülerinden görüntü işleme yöntemleri ile elde edilen morfolojik ve gri seviye özellikler, kaplama kalitesinin sınıflandırılması ve nicelendirilmesi işlemlerinde fikir sahibi olunmasını sağlamaktadır. Literatürde birçok çalışmada belirtilen özellikler ile ilgili ve malzeme içyapısı hakkında bilgi edinmek için taramalı elektron mikroskobu (scanning electron microscopy-SEM), optik mikroskop gibi farklı tiplerdeki görüntüleme cihazları kullanılarak malzemenin yüzey karakterizasyonu gerçekleştirilmektedir. Yapılan bir çalışmada sayısal görüntü isleme teknikleri kullanılarak kompozit malzemelerin SEM görüntülerindeki mikro çatlak ve yıpranma kaybı arasındaki ilişki incelenmiştir [6]. Yine SEM görüntüleri kullanılarak eşikleme işlemleri ile kompozit malzemelerdeki nano tanecik içeriği tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile deneysel olarak bulunan değerler iyi bir korelasyon göstermektedir [7]. Tanaka yüksek düzenli polimerlerin optik mikroskop görüntülerinden faz ayrımı ve kristalizasyon gibi farklı fiziksel özelliklerin, dijital görüntü analizi kullanarak çıkarılması ile ilgili çalışmalar yapmıştır [8]. Ananyev ve arkadaşları nikel içeren anot örnekleri arasındaki elektrik iletkenliğini incelemişlerdir. Örneklerdeki nikel dağılımı SEM görüntüleri ile analiz edilmiş ve maskeleme ve segmentasyon ile elde edilerek nikel dağılımı karakterize edilmiştir [9]. Re çalışmasında gözenek boyutu dağılımının analizi için yeni bir sayısal görüntü işleme tekniği geliştirmiştir. Çalışmada farklı yapılar içeren SEM görüntüleri kullanılarak yarı otomatik segmentasyon işlemi ile gözenek boyut dağılımı incelenmiştir [10].

Başka bir çalışmada ise gri seviye eş oluşum matrisi [11], yüzey üzerinden görüntü özelliklerinin elde edilmesinde kullanılmıştır. Optik ince filmler SEM ile karakterize edilmiştir. Yüzey düzgünlüğünün elde edilmesinde gri seviye eş oluşum

matrisi ve entropy değerleri kullanılmıştır [12]. Çalışmada elde edilen özellikler ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Fraktal analiz, düzensiz olan yüzeylerin incelenmesinde oldukça etkili bir yöntemdir. Yüzey özelliklerinin çıkarılmasında oldukça önemli olup birçok farklı uygulama alanında kullanılmaktadır [13]-[15]. Manganez ve krom bimetal malzemelerin fraktal boyut analizinde SEM görüntülerinden yüzey bilgisi edinme amacıyla özellik çıkarma metodu olarak kullanılmıştır [16].

Montmorillonit (MMT) genel olarak, iki oktahidral silikat katmanı arasına bir oktahidralamüminat tabakası bulunan, çok katmanlı, inorganik, aşındırıcı olmayan, doğal, zehirsiz, geri dönüştürülebilir, ekonomik bir mineral türüdür. Kaplama formülasyonlarına MMT ilavesi ile malzemelere güç tutuşurluk özelliği kazandırılmaktadır [17],[18]. Bu çalışmanın amacı, kumaşların güç tutuşurluk özelliğini inceleyen TGA sonuçlarına uygun derecelendirme işleminin görüntü işleme tekniği ile de sınıflandırılabileceğini göstermektir. Bu amaçla kumaş yüzeyi dört farklı miktarda MMT nano tanecik içeren üretan akrilat bazlı kaplama malzemesi ile kaplanmış, kumaşların güç tutuşurluk özellikleri TGA ile incelenmiştir. TGA, sabit hızdaki sıcaklık artışı ile malzemelerin fiziksel ve kimyasal yapılarındaki değişimi incelemek için kullanılan bir analiz yöntemidir. Daha sonra kaplı kumaşların yüzey görüntüleri optik mikroskop ile elde edilmiş ve bu görüntülerden gri seviye ve fraktal analiz yöntemleri kullanılarak özellik çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen özellik matrisi diskriminant analizi algoritması ile sınıflandırılarak farklı kaplama oranları gruplandırılmıştır. Ayrıca elde edilen özelliklerden en iyi kaplama kalitesine sahip MMT miktarı nicel olarak belirtilmiştir. Elde edilen görüntü işleme sonuçları ile TGA deneysel sonuçları karşılaştırılmıştır.

2 Malzeme ve yöntem

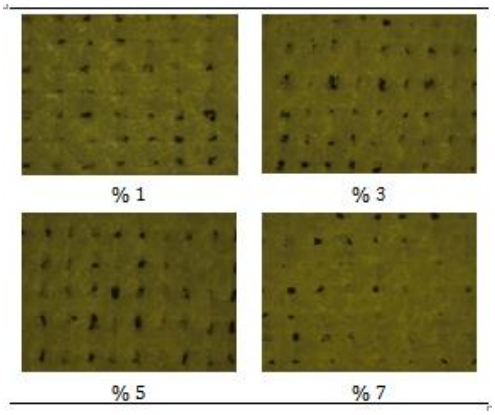
Bu kısımda çalışmada kullanılan kumaş ve kaplama malzemesi bilgileri ile kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler verilecektir.

2.1 Kumaş kaplamalarının hazırlanması ve TGA analizi

Kaplama formülasyonunu oluşturan reçinenin sentezi belirtilen şekilde gerçekleştirilmiştir: yuvarlak altlı cam balon içerisinde eşmolar 2,4-toluen diizosiyanat (TDI) ve 2-hidroksietil metakrilat (HEMA), %0.03 di-n-bütiltindilaurat (T12) kataliz ve %50 trimetilolpropantrimetakrilat (TMPTMA) reaktif seyreltici ilavesi ile 30 °C'de yarım saat, 70 °C'de 1 sa. süreyle azot altında reaksiyona sokulmuştur. Bu süre sonunda diizosiyanatın %10'u kadar polivinilbütiral (PVB) taneciklerin yüzeye daha iyi tutunmasını sağlamak amacı ile reaksiyon balonuna eklenmiş ve 90 °C'de yarım saat daha reaksiyona devam edilmiştir. Elde edilen bu reçine içerisine MMT tanecikleri %1, 3, 5 ve 7 olmak üzere dört farklı oranda ilave edilerek ultrasonik banyo ile dispers edilmiştir. 3x3 cm boyutlarında hazırlanan pamuk kumaşlar, tetrahidrofuran (THF) içerisinde reçine ile hazırlanan kaplama banyosuna daldırılarak, kumaşın reçineyi emmesi sağlanmıştır. Banyodan çıkarılan kumaşlar, etüvde 80 °C'de kurutulmuş ve UV lambası altında 2 dk. tutularak, reçinenin çapraz bağlanarak yüzey üzerinde sertleşmesi sağlanmıştır. Kaplı kumaşların TGA ölçümleri 30-600 °C aralığında, 10 °C/dk. ısıtma hızı ile, azot altında gerçekleştirilmiştir.

2.2 Optik mikroskop görüntüleri

Mikroskop görüntülerinin elde edilmesinden önce kumaşlar belirlenen seviyelerde nano tanecik içeren kaplama formülasyonları ile kaplandı. Kumaş yüzeylerinin görüntüsü Olympus CH-2 optik mikroskop ile elde edildi. Kumaş yüzeyinin farklı noktalarından farklı kaplama seviyelerine ait 25 tane mikroskop görüntüsü 2048x1544 orijinal piksel boyutunda alındı. Elde edilen mikroskop görüntüsü üzerinde tanımlanan özellik çıkarma yöntemleri uygulandı. Farklı kaplama oranlarına sahip kaplı kumaş yüzeylerinden mikroskop görüntüleri Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1: Farklı MMT miktarları içeren kaplı kumaş optik mikroskop görüntüleri.

2.3 Gri seviye eş oluşum matrisi

Gri seviye eş-oluşum matrisleri (GDEM), belli bir yönde ve aralarında belli bir uzaklık bulunan, gri seviyeli çift piksellerin birbirlerine göre oluşma sıklıklarını ifade eder [19].

Görüntü ve yüzeydeki farklı yansıma değerlerine sahip piksel kombinasyonlarının meydana gelme sıklığını belirler. Yüzey özelliklerini nitelemede kullanılan özelliklerin pek çoğu GDEM ile hesaplanmakta, bazıları ise GDEM den türetilen gri seviye fark vektörü ile elde edilmektedir. Bu çalışmada enerji ve entropi değerleri GDEM kullanılarak elde edilmiştir.

Enerji, yüzey üzerindeki tek düzeliği ifade etmektedir. Bu hücre çiftleri arasındaki tekrarlı geçişi nitelemektedir. Elde edilen yüksek enerji değeri görüntü üzerindeki gri değer dağılımının sabit ya da periyodik olarak ifade edileceği anlamına gelmektedir. Çalışmada aynı zamanda bu değer nicelendirme işleminde kullanılmıştır. Enerji değeri denklem (1)'deki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i,j} p(i,j)^2 \tag{1}$$

Sabit bir imge için değer 1 olarak bulunmaktadır. GDEM'deki i ve j değerleri imgedeki piksel konumlarını ifade etmektedir. Elemanların karesel toplamlarını ifade etmektedir.

Entropiise görüntüdeki rastgeleliğin bir ölçüsüdür. Görüntü doku olarak tek düze şeklinde ise GDEM'indeki çoğu eleman yüksek değerlere sahip olacaktır. Bu durumda düşük entropi değeri elde edilmiş olacaktır. Denklem (2)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$\sum_{i,j=0}^{N-1} p_{i,j}(-lnp_{i,j}) \tag{2}$$

2.4 Fraktal analiz

Öklid geometrisi kullanılarak tanımlanması zor olan doğal yapıların özelliklerini karakterize etmede kullanılan düzensiz

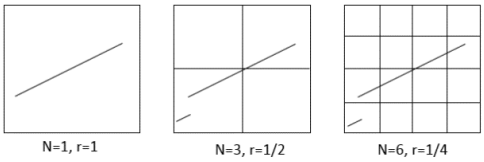
geometrik yapılara fraktal adı verilir [20]. Bu özelliğinin yanında fraktal boyut olarak adlandırılan matematiksel parametreye sahiptir. Fraktal boyut pek çok tanımlayıcı özelliği nicelleştirmede kullanılır. Bunlar nesnenin ya da yüzeyin benzerlik, düzensizlik, heterojenlik tekrarlanma gibi özelliklerini içerir [21]. Bu özelliklerinden dolayı, fraktal boyut birçok medikal, malzeme ve metal kaplama ve biyolojik doku özelliklerini yorumlamakta kullanılan bir özellik aracı olmuştur [22].

2.4.1 Kutu sayma metodu

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan fraktal boyut hesaplama yöntemlerinden kutu sayma kullanılmıştır. Yüzey veya görüntü belli büyüklükteki kutularla kaplanarak, farklı ölçekteki kutular ile sürekli yüzeyin parçasının bulunduğu kutu sayıları hesaplanır. Ardından kutu ölçekleri ile dolu olarak bulunan kutu sayılarına log-log en küçük kareler yöntemi uygulanır. Buradaki denklemin eğimi fraktal boyutu ifade etmektedir. Fraktal boyut denklem (3)'teki gibi ifade edilmektedir.

$$\log\big(N(s)\big) = \log(K) + D\,\log(\frac{1}{s}) \qquad (1)$$

K sabittir ve N(s) ise $(\frac{1}{s})^{-D}$ ile orantılıdır ve benzer özellikli kutu sayılarını, D eğimi ifade etmektedir. Bu işlem r küçültülerek devam eder. Her r değeri için kutu sayısı bulunur. Bulunan kutu sayılarına göre grafik çizilerek, elde edilen eğim yüzeyin fraktal boyutunu ifade eder [23]. Bu sayede benzer veya farklı özelliğe sahip yüzeylerin ayırt edici özelliklerinin elde edilmesinde oldukça kolaylık sağlamaktadır [24]. Şekil 2'de kutu sayma analizinin işleyişi görülmektedir. Şekil ilk önce tek bir kutu gibi düşünülüp içini dolduran noktalara bakılır. İkinci adımda her kenarı iki eşit parçaya bölünüp dolu kutular sayılır. Ardından dört eşit parçaya bölünüp kutular sayılır. Bu işleyiş belirlenen limit değerine kadar devam eder. Ardından elde edilen değerlerin koordinat düzlemindeki eğiminden fraktal boyut elde edilir.



Şekil 2: Kutu sayma metodu çalışma prensibi.

2.5 Diskriminant analizi

Diskriminant fonksiyonu kullanılarak birbirine en çok benzeyen grupları belirleme amaçlanır. Bu grupların ortak özelliklerinin belirlenmesine imkân sağlamaktadır. Sınıflandırılma amacıyla grup karakteristiğini ortaya koyan değişkenler diskriminant olarak adlandırılır. Yani iki veya daha fazla sınıf farklılıklarının diskriminant değişkenler vasıtasıyla ortaya konmasıdır [25].

Farklılığın en fazla olarak hangi değişkenlerde yoğunlaştığı ve sınıflama farklılıklarının ortaya çıkarılmasında etkili olan değişkenlerin belirlenmesini sağlar. Ayrıca analiz sonucunda elde edilen sınıflar ile orijinal üyeliklerin karşılaştırılması, hali hazırdaki fonksiyonun test edilmesine olanak sağlamaktadır [26]. Doğrusal ve karesel olarak kullanılabilen diskriminant analizi fonksiyonları bu iki grup için denklem (4)'teki gibi elde edilmektedir [27].

$$S = \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{n_1 + n_2 + 2} \qquad (1)$$

İki grup doğrusal diskriminant analizinde grupların kovaryans matrisleri eşittir ($S_1 = S_2$). n1 ve n2 sırasıyla birinci ve ikinci gruptaki birim sayılarını ifade etmektedir. Ortak kovaryans matrisi (S) hesaplandıktan sonra her gruba ilişkin sınıflama fonksiyonu (Yi);

$$Y_i = b_{i0} + b_{i1}X_1 + b_{i2}X_2 + \cdots + b_{ip}X_p \qquad (1)$$

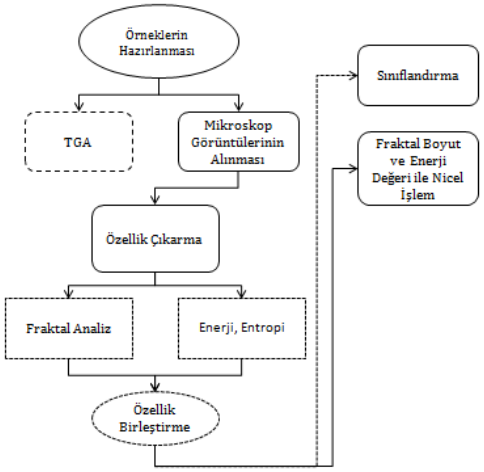
Denklem (5)'teki gibi elde edilir. i, sınıf sayısını, b_{i0} sabit değeri, p değişken sayısını ifade etmektedir. X ise grup ortalama vektörünü tanımlar. Çalışmada doğrusal diskriminant analizi ile sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.6 Önerilen yöntem

Çalışmada ilk olarak örneklerin hazırlanmasından sonra TGA deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ardından kaplama seviyelerinin sınıflandırılması ve nicelendirilmesi için mikroskop görüntüleri alınmıştır.

Her bir seviyeye ait mikroskop görüntüleri, fraktal analiz ve gri seviye eş oluşum matrisi ile analiz edilerek özellik çıkarım işlemi yapılmıştır. Fraktal boyut ile gri seviye eş oluşum matrisine ait enerji ve entropi değerleri elde edilmiştir. Özelliklerin sınıflandırılması esnasında bu özellikler birleştirilerek kullanılmıştır. Diskriminant analizi yardımıyla sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir.

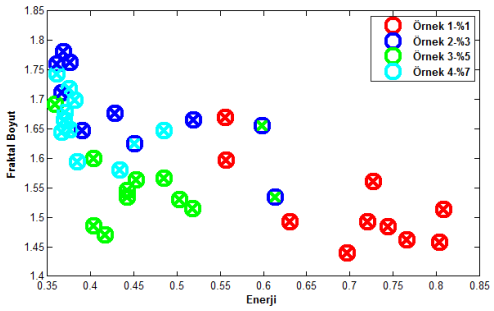
TGA sonuçları ile korelasyonu göstermek amacıyla fraktal boyut ile enerji değerleri kullanılarak nicelendirme işlemi yapılmıştır. Bu işlem sonucunda fraktal boyut ve enerji değerleri ortalama olarak yüksek bulunan örnek en iyi kaplama seviyesini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar TGA analizi ile karşılaştırıldığında iyi bir korelasyon olduğu görülmektedir. Şekil 3'te önerilen yönteme ait diyagram görülmektedir.



Şekil 3: Geliştirilen görüntü işleme tabanlı sınıflama ve niceleştirme uygulaması.

3 Sonuçlar

Yüzdelik olarak ifade edilen kumaş yüzeyindeki kaplama miktarını ifade etmektedir. Dört farklı kaplam seviyesi için Örnek 1, Örnek 2, Örnek 3 ve Örnek 4 kullanılmıştır. Sınıflama işleminde toplam 100 adet mikroskop görüntüsü kullanılmıştır. Her bir seviyeye ait 25 adet görüntü kullanılmıştır. Bunlardan 15'er tanesi eğitim, 10 tanesi de test verisi olarak kullanılmıştır. Şekil 4'te bu örneklere ilişkin sınıflama başarısına ait görsel yer almaktadır.



Şekil 4: Diskriminant analizi ile farklı kaplama seviyelerinin sınıflandırılması.

Bu 4 farklı örneğin sınıflandırılması ile elde edilen doğruluk oranı %92.5 olarak gerçekleşmiştir. Tablo 1'de elde edilen sınıflama başarısı sonuçları görülmektedir.

Tablo 1: Farklı kaplama seviyelerindeki ortalama sınıflama başarısı ve TGA değerleri

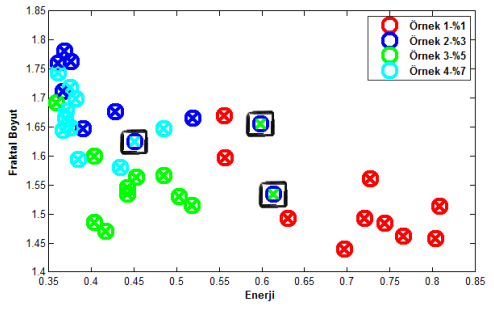
MMT (%)	TGA-Kül Miktarı (%)	Sınıflama	Doğruluk
1	9,4	Örnek 1	%100
3	11.2	Örnek 2	%70
5	13.1	Örnek 3	%100
7	8.2	Örnek 4	%100
		Genel Doğruluk	%92.5

Tablo 2'de elde edilen sınıflama başarısına ait karmaşıklık matrisi yer almaktadır. Örnek 2'deki 3 farklı kumaş yüzeyinden 2 tanesi Örnek 1, bir tanesi de Örnek 4 olarak sınıflandırılmıştır. Bunda kaplama değerleri olarak 3 ve 5 yüzdelerinin nicelik olarak birbirlerine çok yakın olması ve kaplama başarılarının görsel olarak birbirine yakın olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 2: Kaplama örneklerine ilişkin karmaşıklık matrisi.

	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4
Örnek 1	10	0	0	0
Örnek 2	0	7	2	1
Örnek 3	0	0	10	0
Örnek 4	0	0	0	10

Şekil 5'te yanlış olarak sınıflandırılan örneklere ait görüntü yer almaktadır. Örnek 2 olmasına rağmen iki adet görüntü Örnek 3 olarak, yine Örnek 2 olmasına rağmen 1 adet görüntünün Örnek 4 olarak sınıflandırıldığı görülmektedir.

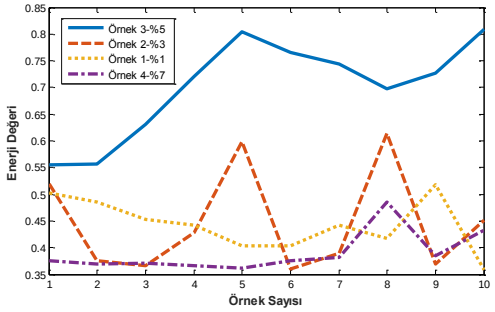


Şekil 5: Sınıflandırma işleminde yanlış gruplandırılan veriler.

3.1 Sonuçların nicelendirilmesi

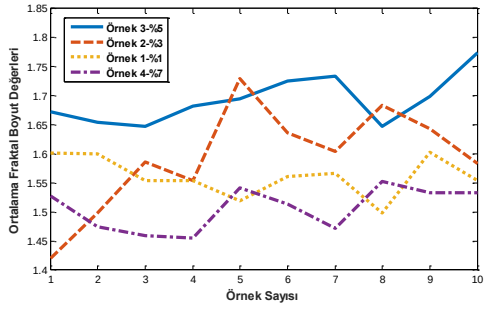
Dört farklı MMT miktarı içeren kaplı kumaşların TGA sonuçları Tablo 1'de görülmektedir. Kül oranı, 600 °C'de malzemede yanmadan kalan, ayrışan kısmı ifade eder ve numunenin ilk ağırlığının toplam kütlesine göre % olarak verilir. Kül miktarının artması demek kumaşın güç tutuşur özelliğinin de artması demektir. Buna göre en fazla kül miktarı %13.1 ile %5 MMT içeren numunede bulunmuştur. Diğer bir tabir ile en güç tutuşur numune %5 MMT içeren numunedir. MMT oranı arttıkça kül oranı yani güç tutuşurluğun artması beklenirken %7 MMT içeren numunede bu değerler azalmaktadır. Bu sonuç, katı taneciklerin %7 MMT içeren numune içerisinde düzgün dağılmadığı, agglomere olduğu ifadeleriyle açıklanabilir. Şekil 1'de, %7 MMT içeren numunede yer yer agglomere olmuş tanecikler görülmektedir.

GDEM ve fraktal analiz ile elde edilen değerlerden enerji ve fraktal boyut kaplama seviyelerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Şekil 6'da her bir örneğe ait enerji değerleri görülmektedir. Elde edilen seviye değerlerine göre en yüksek ortalama değer %5 nano tanecik içeren kumaşta bulunmuştur. Böylece diğer seviyeler ile karşılaştırıldığında en iyi güç tutuşur değeri için bu seviyenin uygun olduğu tahmin edilmiştir.



Şekil 6: Farklı kaplama seviyelerindeki her bir örneğe ilişkin enerji değerleri.

Şekil 7'de ise tüm test değerlerine ait ortalama fraktal boyut değerleri görülmektedir. En yüksek ortalama değer yine %5 nano tanecik değeri ile kaplamada oluşturulan kumaş üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 7: Farklı kaplama seviyelerindeki her bir örneğe ilişkin ortalama fraktal boyut değerleri.

Belirtilen iki özellik değerine göre en yüksek değerin %5 seviyede olacağı nicel olarak ifade edilmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlarda bu kaplama değerinin en uygun değer olduğu bulunmuştur. Deneysel sonuçlar ile geliştirilen özellik çıkarım tabanlı sonuçlar iyi bir korelasyon göstermektedir.

4 Tartışma

Bu çalışmada, gri seviye ve fraktal özelliklerin, tekstil yüzey kaplamalarının sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde etkili olduğu görülmüştür. Fraktal analizin, tanımlayıcı ve belirleyici özelliklerin elde edilmesinde oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Yine gri seviye eş oluşum matrisinden elde edilen değerler ile tekstil yüzey kaplamalarının değerlendirilmesinde faydalı olduğu görülmüştür.

Dört farklı miktarda nano MMT tanecik içeren formülasyon ile kaplanmış kumaş numunelerinin güç tutuşurluk özellikleri TGA ile incelenmiştir. En yüksek kül miktarı diğer bir deyişle en güç tutuşur numune %5 MMT içeren numunedir. Kumaş yüzeylerinden elde edilen optik mikroskop görüntülerinden özellik çıkarımı ile ayırt edici ve betimleyici nicel değerler elde edilmiştir. Özellik matrisi diskriminant analizi algoritması ile sınıflandırılarak yüksek oranda başarı elde edilmiştir. Yine gri seviye ve fraktal özellikler yardımı ile hangi kaplama seviyesinin daha etkili olduğu değerlendirilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki %5 MMT içeren numunenin en iyi yanmazlık özelliğine sahip olduğu hem TGA hem de görüntü işleme tekniği ile bulunmuştur. Dolayısı ile kumaşların güç tutuşur sıralaması, TGA analizi olmaksızın yalnızca görüntü işleme tekniği kullanılarak yapılabilecektir. Bulunan bu tutarlı sonuçlar, gelecek çalışmalarda numunedeki tanecik miktarının ve buna göre TGA sonrası kül miktarının tespitinin ve değerlendirilmesinin, görüntü işleme algoritmaları ile yapılabileceği yönünde umut vericidir.

5 Kaynaklar

[1] Li YC, Schulz J, Mannen S, Delhom C, Condon B, Chang S, Zammarano M, Grunlan JC. "Flame retardant behavior of polyelectrolyte-clay thin film assemblies on cotton fabric". *Acs Nano*, 4(6), 3325-3337, 2010.

[2] Lee H, Yeo S, Jeong S. "Antibacterial effect of nanosized silver colloidal solution on textile fabrics". *Journal of Materials Science*, 38(10), 2199-2204, 2003.

[3] Hoefnagels H, Wu D, De With G, Ming W. "Biomimetic superhydrophobic and highly oleophobic cotton textiles". *Langmuir*, 23(26), 13158-13163, 2007.

[4] Yu M, Gu G, Meng WD, Qing FL. "Superhydrophobic cotton fabric coating based on a complex layer of silica nanoparticles and perfluorooctylated quaternary ammonium silane coupling agent". *Applied surface science*, 253(7), 3669-3673, 2007.

[5] Babu KF, Dhandapani P, Maruthamuthu S, Kulandainathan MA. "One pot synthesis of polypyrrole silver nanocomposite on cotton fabrics for multifunctional property". *Carbohydrate polymers*, 90(4), 1557-1563,2012.

[6] Zhou Y, Pervin F, Jeelani S, Mallick P. "Improvement in mechanical properties of carbon fabric-epoxy composite using carbon nanofibers". *Journal of Materials Processing Technology*, 198(1), 445-453, 2008.

[7] Kundu S, Jana P, De D, Roy M. "SEM image processing of polymer nanocomposites to estimate filler content". *IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, Coimbatore, India, 5-7 August 2015.

[8] Tanaka H, Hayashi T, Nishi T. "Application of digital image analysis to pattern formation in polymer systems". *Journal of Applied Physics*, 59(11), 3627-3643, 1986.

[9] Ananyev M, Bronin D, Osinkin D, Eremin V, Steinberger-Wilckens R, De Haart L, Mertens J. "Characterization of Ni-cermet degradation phenomena I. Long term resistivity monitoring, image processing and X-ray fluorescence analysis". *Journal of Power Sources*, 286, 414-426, 2015.

[10] Re GL, Lopresti F, Petrucci G, Scaffaro R. "A facile method to determine pore size distribution in porous scaffold by using image processing". *Micron*, 76, 37-45, 2015.

[11] Haralick R M,Shanmugam K. "Textural features for image classification". *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, (6), 610-621, 1973.

[12] Tien CL, Lyu YR, Jyu SS. "Surface flatness of optical thin films evaluated by gray level co-occurrence matrix and entropy". *Applied Surface Science*, 254(15), 4762-4767, 2008.

[13] Milne BT. "Measuring the fractal geometry of landscapes". *Applied Mathematics and Computation*, 27(1), 67-79, 1988.

[14] West BJ, Goldberger AL. "Physiology in fractal dimensions". *American Scientist*, 75(4), 354-365,1987.

[15] Du CJ, Sun DW. "Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation". *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 230-249, 2004.

[16] Lashgari A, Ghamami S, Shahbazkhany S, Salgado-Morán G, Glossman-Mitnik D. "Fractal dimension calculation of a manganese-chromium bimetallic nanocomposite using image processing". *Journal of Nanomaterials*, 2015, 1-9, 2015.

[17] White LA. "Preparation and thermal analysis of cotton-clay nanocomposites". *Journal of Applied Polymer Science*, 92(4), 2125-2131, 2004.

[18] Apaydin K, Laachachi A, Ball V, Jimenez M, Bourbigot S, Toniazzo V, Ruch D. "Polyallylamine-montmorillonite as super flame retardant coating assemblies by layer-by layer deposition on polyamide". *Polymer Degradation and Stability*, 98(2), 627-634, 2013.

[19] Demirhan A, Güler İ. "Özörgütlemeli harita ağlari ve gri düzey eş oluşum matrisleri ile görüntü bölütleme". *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(2), 285-291, 2010.

[20] Toraman S. "Karar ağaçları ve fraktal analiz kullanarak histopatolojik imgelerin sınıflandırılması". *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 22(4), 753-758, 2007.

[21] Jelinek F, Jones CL, Warfel MD. "Is there meaning in fractal analyses". *Complex Systems Conference*, Cambridge, UK, 1998.

[22] Bauer W, Mackenzie CD. "Cancer detection via determination of fractal cell dimension". Michigan State University, USA, Report CL-980, 1995.

[23] Foroutan-Pour K, Dutilleul P, Smith D. "Advances in the implementation of the box-counting method of fractal dimension estimation". *Applied mathematics and computation*, 105(2), 195-210, 199.

[24] Gürsakal N, Oğuzlar A, Şentürk A. "Döviz kuru grafiklerinin fraktal boyutlarının belirlenmesi". *III. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Bildirileri,* Bursa, Türkiye, 29-30 Mayıs 1997.

[25] Klecka WR. *Discriminant Analysis*, Oaks, USA, Sage,1980.

[26] Erdoğmuş B. Bankalarda Mali Başarısızlıkların Önceden Tespitinde Erken Uyarı Sistemi ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2010.

[27] Özdamar K. *Paket Programları ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler).* 4. Baskı, Eskişehir, Türkiye, Kaan Kitabevi, 2002.