

Modifiye Bitüm Görüntülerinde Gabor Öznitelikleri ile Doku Analizi

Texture Analysis on Modified Bitumen Images using Gabor Features

Şevket Gümüştekin¹, Ali Topal², Burak Şengöz²

1. Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
sevketgumustekin@iyte.edu.tr

2. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Dokuz Eylül Üniversitesi
{ali.topal,burak.sengoz}@deu.edu.tr

Özetçe

İnşaat sanayinde, özellikle ulaşım uygulamalarının vazgeçilmez bir malzemesi olan bitüm, gelişmekte olan malzeme teknolojilerinin de katkısı ile daha dayanıklı ve güvenilir yol ve yapıların yapılabilmesi için öncelikli bir araştırma konusu olmuştur. Çeşitli polimer katkı maddelerinin bitüme eklenmesi standart bir uygulama haline gelmiştir. Yapım sırasında kalite kontrolünün sağlanması ve denetlenmesi için modifiye bitümlerin test edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada mekanik yöntemlere alternatif olan yeni bir yöntem sunulmuştur. Gabor öznitelikleri kullanılarak modifiye bitüm görüntülerinin dokusal özellikleri incelenmiş; bitüme eklenen katkı maddelerinin ve bu maddelerin hangi oranda eklendiğinin algılanmasının büyük ölçüde mümkün olduğu görülmüştür.

Abstract

The bitumen which is an irreplaceable material of construction industry, especially in transportation, has become a primary field of research with the improvements in material science technologies, in order to build more robust and reliable roads and buildings. It has become a standard procedure to add several types of materials into the bitumen. Testing the modified bitumen is extremely important to maintain high quality and to inspect malpractice during construction. In this work a new method is presented which is an alternative to mechanical methods. Textural properties of modified bitumen images are investigated, and it was observed that it is possible to identify what type of material is added to the bitumen at what percentage.

1. Giriş

Görüntülerin ya da görüntü içindeki alt bölgelerin dokusal özelliklerinin tanımlanması ve çeşitli uygulamalar için doku örneklerinin sınıflandırılması yaygın bir çalışma alanı durumuna gelmiştir [1]. Bu amaçla kullanılan en önemli yöntemlerden biri görüntülerin Gabor süzgeçlerinden [2] geçirildikten sonra, farklı ölçek ve yöne karşılık gelen süzgeç tepkilerinin dokuyu tasvir eden öznitelikler olarak kullanılmasıdır. Gabor süzgeçlerinin kullanıldığı çok

sayıdaki doku analizi çalışmaları arasında içerik tabanlı görüntü çıkarma, uzaktan algılama, hata sezme, biometrik tanıma, tıbbi görüntü analizi, nesne tanıma, yazı görüntüsü işleme gibi farklı uygulamalar yer almaktadır. Bizim çalışmamızda farklı katkı maddelerinin farklı oranda bitüme eklenmesi ile ortaya çıkan görüntülerin özellikle dokusal yönden karakteristik özellikler içermesi ele alınmıştır. Bu özelliklerin Gabor süzgeçlerinden elde edilen özniteliklerin yardımıyla kullanılması ve bu sayede farklı katkı maddelerinin ve katkı oranlarının sadece görüntülerin kullanılmasıyla sınıflandırılması hedeflenmiştir. EBA (EBA-3427), EVA (EVA-2805, EVA-4170) ve SBS (KRATON-1101, SOLTENE-6302) polimerlerinin farklı oranlarda katıldığı bitümlerin ince kesitlerinin mikroskop altında 4X, 10X ve 40X yaklaştırma derecesiyle görüntüleri kaydedilmiş, bunların dokusal özellikleri incelenmiştir.

2. Gabor Filtreleri ile Doku Tanımlanması

Gabor filtreleri yönlendirilebilir ve ölçeklenebilir Gauss filtrelerinden oluşmaktadır. İki yönde farklı bir değişim gösteren iki boyutlu bir Gauss fonksiyonu şu şekilde ifade edilebilir:

$$g_{\sigma}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)} \quad (1)$$

İki boyutlu Gabor fonksiyonu Gauss fonksiyonu ile bir karmaşık üstel fonksiyonun çarpımı şeklinde elde edilir:

$$G(x, y) = g_{\sigma}(x, y)e^{-2\pi jWx} \quad (2)$$

Burada W modülasyon frekansı ($= \frac{1}{\lambda}$), (σ_x, σ_y) de Gauss fonksiyonunun büyüklüğünü belirleyen ölçek değişkenleridir.

$G(x, y)$ 'nin Fourier dönüşümü şu şekilde elde edilir:

$$G(u, v) = e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{(u-W)^2}{\sigma_u^2} + \frac{v^2}{\sigma_v^2}\right]} \quad (3)$$

Uzamsal bölgedeki ve frekans bölgesindeki ölçek değişkenleri arasında $\sigma_u = \frac{1}{2}\pi\sigma_x$, $\sigma_v = \frac{1}{2}\pi\sigma_y$ şeklinde bir ilişki olduğu görülür.

Yönlendirilebilir ve ölçeklenebilir Gauss filtrelerinden oluşan Gabor filtrelerini frekans uzayını düzenli ve ayırık bir şekilde kapsayacak şekilde, [3]te sunulduğu gibi tasarladığımızda filtre değişkenleri şu şekilde bulunur:

$$a = (U_h / U_l)^{\frac{1}{S-1}}, \quad \sigma_u = \frac{(a-1)U_h}{(a+1)\sqrt{2\ln 2}}, \quad (4)$$

$$\sigma_v = \tan\left(\frac{\pi}{2k}\right) \left[U_h - 2\ln\left(\frac{2\sigma_u^2}{U_h}\right) \right] \left[2\ln 2 - \frac{(2\ln 2)^2 \sigma_u^2}{U_h^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Burada $U_l, U_h (=W)$ kullanılan Gabor filtreleri arasında en düşük ve en yüksek merkez frekans değerini ifade etmektedir. S farklı ölçek ve K farklı yöndeki filtreler şu şekilde türetilebilir:

$$G_{mn}(x, y) = a^{-m} G(\bar{x}, \bar{y}) \quad (5)$$

$$\bar{x} = a^{-m} (\cos\theta + y \sin\theta), \quad \bar{y} = a^{-m} (-x \sin\theta + y \cos\theta)$$

$$m = 0, 1, \dots, S-1$$

$$\theta = \frac{n\pi}{K}, \quad n = 0, 1, \dots, K-1$$

Gabor filtreleri NxM büyüklüğündeki imge üzerinde uygulandığında:

$$I_{mn}(x, y) = \sum_p \sum_q I(x-p, y-q) G_{mn}^*(x, y) \quad (6)$$

(m,n) ölçek ve yönüne karşılık gelen Gabor dönüşümü gerçekleştirilir. Burada (*) karmaşık eşlenik anlamında kullanılmıştır. Şekil 1'de %6 EBA-3427 katkılı bitüm görüntüsünün 3 farklı ölçek ve 4 farklı yön için 12 farklı dönüşüm sonucu ortaya çıkan imgelerin genlik boyutları yer almaktadır.

2.1. Gabor Öznitelikleri

S x K (ölçek sayısı x yön sayısı) farklı görüntünün ortalama ve değişinti değerleri dokuların ifade edilmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır [3][4]:

$$\mu_{mn} = \frac{\sum_x \sum_y |G_{mn}(x, y)|}{MN}, \quad \sigma_{mn} = \sqrt{\frac{\sum_x \sum_y (|G_{mn}(x, y)| - \mu_{mn})^2}{MN}} \quad (7)$$

Ortalama ve değişinti değerlerinin kaydedilmesi ile dokuyu tanımlayan öznitelik vektörü elde edilir:

$$\{\mu_{00}, \sigma_{00}, \mu_{01}, \sigma_{01}, \dots, \mu_{0K}, \sigma_{0K}, \dots, \mu_{SK}, \sigma_{SK}\} \quad (8)$$

Aynı Gabor tepkisine karşılık gelen ortalama ve değişinti değerleri kompleks sayıların gerçel ve sanal kısımları şeklinde ifade edildiğinde öznitelik vektörü aşağıdaki gibi ortaya çıkar:

$$F = \{\mu_{00} + i^* \sigma_{00}, \mu_{01} + i^* \sigma_{01}, \dots, \mu_{0K} + i^* \sigma_{0K}, \dots, \mu_{SK} + i^* \sigma_{SK}\} \quad (9)$$

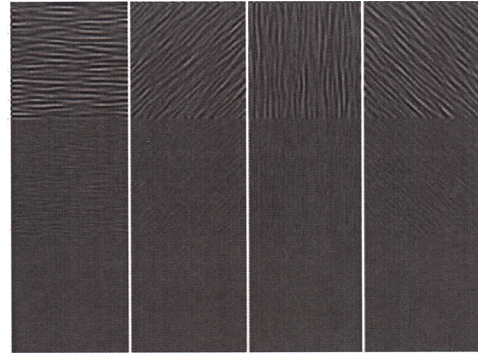
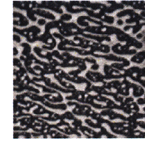
2.2. Öznitelik vektörleri arasındaki uzaklık

İki farklı doku örneğinden elde edilen $F^{(i)}$ ve $F^{(j)}$ öznitelik vektörlerinin arasındaki mesafe şu şekilde tanımlanabilir:

$$d(i, j) = \sum_t |F_t^{(i)} - F_t^{(j)}|, \quad t = 0, 1, \dots, SxK \quad (10)$$

Bu şekilde elde edilen özniteliklerin diziliminin doku örneğinin yönü ile doğrudan ilintili olduğu açıkça görülmektedir. Şekil 1'de orijinal imgedeki dokunun yönüne

karşılık gelen yöndeki filtre tepkileri incelendiğinde bu yönlerde (sağ ve sol uçtaki sonuçlar) enerjinin daha yüksek olduğu görülebilir. Birçok doku analizi uygulamasında bu istenmeyen bir durumdur. Doku örnekleri farklı şekillerde yönlendirilmiş te olsalar, çıkartılan özniteliklerin yönden bağımsız olması gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli yöntemler ele alınmıştır [4][5][6][7][8][9]. Bunlar genel olarak özniteliklerin farklı bir uzaya aktarılması (Fourier dönüşümü vb. ile) ya da öznitelik vektörünün dairesel kaydırma işlemleri ile yeniden organize edilmesine dayanmaktadır. Burada kullandığımız yöntemde ([4] gibi) öznitelik vektörü oluşturulduğunda ortalamının (enerjinin) en yüksek olduğu yön tespit edilmiş ve bu yöne karşılık gelen öznitelikler her bir ölçek için en başta yer alacak şekilde vektör üzerindeki değerlerin rotasyonu gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında uyguladığımız diğer bir yöntemde öznitelik vektörlerinin karşılaştırılması sırasında vektörlerden birine bütün alternatif dairesel kaydırma işlemleri uygulanmış ve ortaya çıkan vektörlerden diğer vektöre en yakın olanı kullanılmıştır.



Şekil 1. EBA-3427 (%6) katkılı bitüm üzerinde 3 farklı ölçek ve 4 farklı yön için Gabor süzgeç sonuçları

3. Modifiye Bitüm Görüntülerinde Doku Analizi

Bu çalışmada Katkısız, ve katkılı (EBA-3427, EVA-2805, EVA-4170, KRATON-1101, SOLTENE-6302) bitüm örnekleri mikroskop altında incelenmiş, üç farklı yakınlaştırma faktörü için (40X, 10X, 4X) üç farklı yöntemle (A,B,C) Gabor özniteliklerinin bitüm görüntülerini ne kadar iyi ifade ettiği test edilmiştir. A,B ve C yöntemleri şu şekilde tanımlanabilir:

Yöntem A: Gabor öznitelikleri olduğu gibi kullanılmıştır.

Yöntem B: Öznitelik vektörü oluşturulduğunda ortalamının (enerjinin) en yüksek olduğu yön tespit edilmiş ve bu yöne karşılık gelen öznitelikler her bir ölçek için en başta yer alacak şekilde vektör üzerindeki değerlerin rotasyonu gerçekleştirilmiştir

Yöntem C: Öznitelik vektörlerinin karşılaştırılması sırasında vektörlerden birine bütün alternatif dairesel kaydırma işlemleri uygulanmış ve ortaya çıkan vektörlerden diğer

vektöre en yakın olanı kullanılmıştır. Her bir yakınlaştırma faktörü için, katkısız bitüm örneklerinden ve farklı katkı maddelerinin farklı oranlarda eklenmesiyle elde edilen örneklerden 12şer adet görüntü alınmıştır. 256x256 boyundaki bu görüntülerin 4 farklı ölçek ve 8 farklı yöne karşılık gelen öznelikleri hesaplanır. Her bir görüntüden elde edilen bu öznelıklar ideal olarak aynı gruba ait diğer 11 görüntüye çok yakın olmalıdır. Öznelıkların performansının değerlendirilmesi için 3 farklı test yapılmıştır:

Test 1: Katkılı örneklerde EBA-3427, EVA-2805, EVA-4170, KRATON-1101, SOLTENE-6302 grupları içinde farklı katkı oranlarına dair alt gruplara ait 12 görüntüden her birine ait öznelik vektörü sırayla sorgulama amacıyla kullanılır. Aynı yakınlaştırma derecesinde (40X, 10X veya 4X) görüntülenen tüm farklı katkı oranlı görüntülerden elde edilen öznelıklar sorgulamada kullanılır. Örneğin EBA-3427 10X için 60 görüntü sorgulamada kullanılır. Sıralamada ilk 11'e giren görüntüler içinde doğru sınıfta olan görüntülerin oranı kaydedilir. O sınıfa ait 12 görüntünün ortalama başarısı sınıfın ortalama başarısı olarak kaydedilir.

Tablo 1-5 içinde farklı katkı maddeleri için bu testin sonuçları görülmektedir. Bu tablolarda farklı katkı oranları için A,B ve C yöntemlerinin farklı yakınlaştırma durumundaki etkisi yer almaktadır. En yüksek başarı oranı değeri ve onun yaklaşık %10 komşuluğundaki diğer değerler tablolar içinde işaretlenmiştir. EVA-4170 dışındaki örneklerde oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Uygun yakınlaştırma derecesi ve yöntem seçildiği takdirde çok büyük bir olasılıkla (%60-%100 arası) sorgulama sonucu doğru grubun bulunduğu görülmektedir.

Test 2: Katkısız ve katkılı tüm görüntüler içinden (her bir yakınlaştırma derecesi için toplam 300 görüntü arasından) her bir görüntü için sorgulama yapılır. Sıraya sokulan görüntüler içinde ilk 11'e giren görüntüler içinde doğru sınıfta olan görüntülerin oranı kaydedilir. O sınıfa ait 12 görüntünün ortalama başarısı sınıfın ortalama başarısı olarak kaydedilir.

Tablo 6 içinde bu testin sonuçları görülmektedir. Bu tablolarda farklı katkı maddeleri ve oranları için A,B ve C yöntemlerinin farklı yakınlaştırma durumundaki etkisi yer almaktadır. En yüksek başarı oranı değeri ve onun yaklaşık %10 komşuluğundaki diğer değerler tablolar içinde işaretlenmiştir. Uygun yakınlaştırma derecesi ve yöntem seçildiği takdirde büyük bir olasılıkla (%30-%100 arası) sorgulama sonucu doğru grubun bulunduğu görülmektedir.

Test 3: Katkısız ve katkılı tüm görüntüler ana gruplarda birleştirilir ve (Katkısız, EBA, EVA ve SBS) her bir görüntü için sorgulama yapılır. Sıraya sokulan görüntüler içinde sorgulanan gruptaki görüntü sayısı N olmak üzere ilk (N-1)'e giren görüntüler içinde doğru grupta olan görüntülerin oranı kaydedilir. O gruba ait N görüntünün ortalama başarısı grubun ortalama başarısı olarak kaydedilir.

Tablo 7 içinde bu testin sonuçları görülmektedir. Bu tablolarda farklı katkı grupları için A,B ve C yöntemlerinin farklı yakınlaştırma durumundaki etkisi yer almaktadır. En yüksek başarı oranı değeri ve onun yaklaşık %10 komşuluğundaki diğer değerler tablolar içinde işaretlenmiştir. %51-%74 arasında bir başarı gözlenmiştir.

4. Sonuçlar

Tablo 1: EBA-3427 Grubu içindeki sorgulama sonuçları (%)

	40X-A	40X-B	40X-C	10X-A	10X-B	10X-C	4X-A	4X-B	4X-C
EBA-3427 %3	99.24	97.73	99.24	99.24	100	99.24	100	100	100
EBA-3427 %4	68.94	67.42	67.42	81.06	81.06	65.15	100	100	99.24
EBA-3427 %5	51.52	50.76	50.76	53.79	50.76	54.55	62.88	64.39	63.64
EBA-3427 %6	28.79	68.94	65.91	34.85	62.12	59.85	36.36	37.12	33.33
EBA-3427 %7	66.67	65.15	66.67	53.03	70.45	67.42	84.85	90.91	65.15
Ortalama başarı	63.03	70.00	70.00	64.39	72.88	69.24	76.82	78.48	72.27

Tablo 2: EVA-2805 Grubu içindeki sorgulama sonuçları (%)

	40X-A	40X-B	40X-C	10X-A	10X-B	10X-C	4X-A	4X-B	4X-C
EVA-2805 %2	81.06	68.94	74.24	50.00	50.00	50.00	58.33	58.33	62.88
EVA-2805 %3	87.88	78.03	70.45	58.33	59.09	56.82	43.94	43.94	43.94
EVA-2805 %4	64.39	60.61	59.85	68.18	87.88	86.36	51.52	84.09	59.09
EVA-2805 %5	66.67	62.88	62.12	52.27	85.61	86.36	90.15	89.39	89.39
EVA-2805 %6	99.24	99.24	99.24	84.09	79.55	81.06	99.24	100	100
Ortalama başarı	79.85	73.94	73.18	62.58	72.42	72.12	68.64	75.15	71.06

Tablo 3: EVA-4170 Grubu içindeki sorgulama sonuçları (%)

	40X-A	40X-B	40X-C	10X-A	10X-B	10X-C	4X-A	4X-B	4X-C
EVA-4170 %0.5	40.91	40.91	40.91	31.82	31.82	31.82	59.09	59.09	59.09
EVA-4170 %1	46.21	46.21	46.21	57.58	51.52	51.52	31.82	31.82	31.82
EVA-4170 %1.5	34.09	31.06	34.09	51.52	51.52	51.52	77.27	77.27	77.27
EVA-4170 %1.75	69.70	69.70	69.70	36.36	36.36	22.73	77.27	77.27	77.27
Ortalama başarı	47.73	46.97	47.73	44.32	42.80	39.39	61.36	61.36	61.36

Tablo 4: Kraton-1101 Grubu içindeki sorgulama sonuçları (%)

	40X-A	40X-B	40X-C	10X-A	10X-B	10X-C	4X-A	4X-B	4X-C
KRATON-1101 %2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
KRATON-1101 %3	54.55	56.06	56.06	42.42	41.67	42.42	53.03	62.12	62.12
KRATON-1101 %4	51.52	55.30	55.30	62.12	73.48	72.73	68.94	65.91	65.91
KRATON-1101 %5	46.97	48.48	48.48	24.24	25.76	24.24	83.33	83.33	83.33
KRATON-1101 %6	88.64	84.09	85.61	62.88	61.36	62.12	70.45	66.67	68.94
Ortalama başarı	68.33	68.79	69.09	58.33	60.45	60.30	75.15	75.61	76.06

Tablo 5: Soltene-6302 Grubu içindeki sorgulama sonuçları (%)

	40X-A	40X-B	40X-C	10X-A	10X-B	10X-C	4X-A	4X-B	4X-C
SOLTENE-6302 %2	31.06	30.30	30.30	84.85	81.06	81.06	76.52	71.21	72.73
SOLTENE-6302 %3	42.42	40.91	41.67	68.94	68.18	68.18	50.76	48.48	50.00
SOLTENE-6302 %4	53.79	53.03	53.03	79.55	78.03	78.03	40.91	42.42	41.67
SOLTENE-6302 %5	30.30	30.30	30.30	73.48	75.00	75.00	41.67	43.94	40.15
SOLTENE-6302 %6	31.06	45.45	45.45	75.76	72.73	75.00	55.30	55.30	55.30
Ortalama başarı	37.73	40.00	40.15	76.52	75.00	75.45	53.03	52.27	51.97

Tablo 6: Tüm bitüm görüntülerinden sorgulama sonuçları (%)

	40X-A	40X-B	40X-C	10X-A	10X-B	10X-C	4X-A	4X-B	4X-C
KATKISIZ	47.73	44.70	46.21	74.24	73.48	73.48	25.00	25.00	25.00
EBA-3427 %2	99.24	97.73	99.24	99.24	100	99.24	95.45	95.45	95.45
EBA-3427 %3	62.12	60.61	59.85	75.00	73.48	61.36	100	100	99.24
EBA-3427 %4	50.00	50.00	50.00	26.52	31.82	30.30	60.61	59.85	59.85
EBA-3427 %5	28.03	68.94	65.91	18.18	32.58	34.09	31.82	34.09	24.24
EBA-3427 %6	54.55	56.06	56.06	31.82	57.58	50.76	28.03	36.36	26.52
EVA-2805 %3	52.27	51.52	52.27	45.45	45.45	45.45	33.33	33.33	33.33
EVA-2805 %4	46.97	46.97	34.85	46.21	46.97	44.70	31.82	32.58	30.30
EVA-2805 %5	59.85	57.58	58.33	53.03	87.12	84.09	43.18	77.27	51.52
EVA-2805 %6	32.58	41.67	42.42	40.15	81.82	82.58	37.88	40.91	41.67
EVA-2805 %7	40.15	36.36	34.09	31.06	52.27	52.27	53.79	67.42	65.91
EVA-4170 %0.5	40.91	40.91	40.91	31.82	31.82	31.82	50.00	45.45	47.73
EVA-4170 %1	44.70	44.70	44.70	51.52	51.52	51.52	22.73	18.18	16.67
EVA-4170 %1.5	21.97	21.97	21.97	51.52	51.52	51.52	68.18	68.18	68.18
EVA-4170 %1.75	69.70	69.70	69.70	31.82	31.82	18.18	68.18	68.18	68.18
KRATON-1101 %2	51.52	52.27	51.52	34.09	34.09	34.09	44.70	55.30	55.30
KRATON-1101 %3	40.15	43.18	43.18	34.09	49.24	46.21	44.70	45.45	45.45
KRATON-1101 %4	28.03	29.55	31.82	9.85	11.36	10.61	23.48	24.24	24.24
KRATON-1101 %5	81.06	72.73	72.73	40.91	40.15	43.18	53.03	50.76	52.27
KRATON-1101 %6	54.55	54.55	56.82	45.45	45.45	45.45	100	100	100
SOLTENE-6302 %2	22.73	21.21	21.21	59.09	54.55	55.30	75.76	71.21	71.97
SOLTENE-6302 %3	31.82	27.27	28.79	48.48	56.82	51.52	37.88	35.61	34.85
SOLTENE-6302 %4	45.45	37.88	40.15	60.61	59.85	61.36	27.27	30.30	27.27
SOLTENE-6302 %5	25.76	28.03	27.27	56.82	56.06	58.33	19.70	23.48	20.45
SOLTENE-6302 %6	27.27	43.18	42.42	49.24	36.36	42.42	51.52	50.76	50.00
Ortalama başarı	46.36	47.97	47.70	45.85	51.73	50.39	49.12	51.58	49.42

Tablo 7: Tüm görüntülerinden sınıf sorgulama sonuçları (%)

	40X-A	40X-B	40X-C	10X-A	10X-B	10X-C	4X-A	4X-B	4X-C
KATKISIZ	47.73	44.70	46.21	74.24	73.48	73.48	25.00	25.00	25.00
EBA	49.29	51.24	50.68	27.46	30.37	29.27	29.72	30.25	29.04
EVA	59.68	59.59	59.57	51.36	52.72	52.70	50.81	51.32	51.03
SBS	52.46	51.99	52.05	62.12	60.58	60.97	53.17	52.88	53.84
Ortalama başarı	52.29	51.88	52.13	53.80	54.28	54.11	39.68	39.86	39.72

Tablo 1-7’de uygun bir yöntem ve yakınlaştırma faktörü seçilmesi durumunda her bir örneğe karşılık gelen sorgulama sonuçlarının oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

Üç farklı test uygulanmış, birinci testte her bir katkı maddesinin farklı oranlarda eklendiği grup içinde dokusal özelliklerin katkı oranını tespit etmek için ne kadar faydalı olduğu araştırılmıştır. Bazı katkı türleri ve yakınlaştırma faktörleri için bu testin %100’e yakın doğru sonuç verdiği görülmüştür. İkinci testte bütün katkı maddeleri ve katkı oranları birlikte incelenmiş, bazı durumlar için dokusal özelliklerin çok ayırıcı olduğu görülmüştür. Son olarak üçüncü test katkı sınıflarının birbirinden ne kadar ayırık olduğunu göstermektedir. Bu testin sonucu çok belirgin olmasa da doku özelliklerine dayanarak katkı sınıfına dair bir çıkarım yapılabileceğini gösterir.

Gabor öznelikleri kullanılarak modifiye bitüm görüntülerinin dokusal özellikleri incelendiğinde bitüme eklenen katkı maddelerinin ve bu maddelerin hangi oranda eklendiğinin algılanmasının büyük ölçüde mümkün olduğu görülmüştür. Bunun en iyi şekilde yapılabilmesi için farklı yöntemler ve yakınlaştırma faktörlerinin sonuçlara etkisi incelenmiştir.

5. Destekler

Bu çalışma 104M559 Nolu proje çerçevesinde Tübitak tarafından desteklenmiştir.

6. Kaynakça

- [1] M. Petrou, P.G. Sevilla, “Image Processing Dealing with Texture”, Wiley 2006
- [2] D. Gabor, “Theory of communications”, J. Inst. Elec. Eng., Vol.93, 429-457, 1946
- [3] B.S. Manjunath, W.Y. Ma, “Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data”, IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol:18, No:8, 837-842, 1996
- [4] S. Arivazhagan, L. Ganesan, S.P. Priyal, “Texture Classification using Gabor Wavelets based rotation Invariant Features”, Pattern Recognition Letters, Vol 27, 1976-1982, 2006
- [5] J.K.Kamarainen, V.Kyrki, H.Kalviainen, “Invariance properties of Gabor filter-based features-overview and applications”, IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 15, Issue 5, 1088-1099, 2006
- [6] J.Han, K.K.Ma “Rotation-invariant and scale-invariant Gabor features for texture image retrieval”, Image and Vision Computing, Vol. 25, Issue 9, 1474-1481, 2007
- [7] F.Lahajnar and S.Kovacic, “Rotation-invariant texture classification”, Pattern Recognition Letters, Vol.24, Issues 9-10,1151-1161, 2003
- [8] G.M.Haley, B.S.Manjunath, “Rotation-invariant texture classification using a complete space-frequency model”, IEEE Trans. on Image Processing, Vol.8, Issue 2, 255-269, 1999
- [9] R.Porter, N.Canagarajah, “Robust rotation-invariant texture classification: wavelet, Gabor filter and GMRF based schemes”, Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings- Vol.144, Issue 3, 180-188, 1997