



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Renkli Görüntülerin Ortalama Tabanlı Çok Seviyeli Eşiklenmesi

Recep DEMİRCİ^{a,*}, Ümit OKUR^a

^a *Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE*

** Sorumlu yazarın e-posta adresi: rdemirci@gazi.edu.tr*

ÖZET

Eşikleme görüntü sınıflandırmanın en kararlı yöntemlerinden biridir. Ancak her bir görüntü için uygun eşik seçimi hesap maliyeti açısından zorlu bir süreçtir. Ayrıca günümüze kadar önerilen yöntemler gri seviyeli görüntüler için uygulanabilmiştir. Bu çalışmada hem gri ölçekli hem de renkli görüntülerin otomatik olarak çok seviyeli eşiklenmesini sağlayan bir algoritma geliştirilmiştir. Sayısal görüntülerin her bir kanalına ait histogram bilgileri ve tekrarlı ortalama yaklaşımı temel alınmıştır. Öncelikle görüntünün genel ortalaması bulunmuş ve takip eden aşamalarda önceki basamakta bulunan ortalama bilgileri tekrar kullanılmıştır. Böylece her bir aşamada elde edilen eşik sayısı artmıştır. Başka bir ifade ile tespit edilen eşik sayısı kullanılan aşama sayısı ile orantılı hale gelmiştir. Her bir kanal için elde edilen eşik bilgileri yardımıyla kırmızı, yeşil ve mavi renk uzayı (Red, Green, Blue:RGB) alt prizmalara bölünmüş ve ilgili prizma içerisinde kalan pikseller aynı sınıfa atanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Renkli görüntü, Çok seviyeli eşikleme, Sınıflandırma, Tekrarlı ortalama*

Tresholding of Color Images Based on Means

ABSTRACT

Thresholding is one of the most stable methods for image clustering. Nevertheless, determination of proper thresholds for every image is difficult process in terms of computation cost. Furthermore, the methods developed so far have only been applied for gray scale images. In this study, an algorithm which works with both gray scale and color images has been developed. Histogram data of each channel and recursive means have been employed for threshold estimation. Initially, global mean was calculated. Subsequently, means determined from previous steps was reused. Thus, threshold number was increased with each step. Accordingly, the RGB color space was partitioned with the thresholds information obtained for each channel. The pixels located in each sub cube were assigned into the same cluster.

Keywords: *Color image, Multilevel tresholding, Clustering, Recursive mean*

I. GİRİŞ

Görüntü ayrıştırma veya kümeleme, görüntüdeki aynı veya benzer renk değerlerine sahip piksellerin gruplandırılarak nesnelerin birbirinden ve arka plandan ayrılması işlemidir. Kümeleme, özellik çıkarma ve tanıma kalitesini doğrudan etkilediğinden dolayı bilgisayarlı görme işleminin vazgeçilmez ve en önemli kısmını oluşturmaktadır. Kümeleme işlemi ne kadar doğru yapılırsa tanıma işleminin doğruluğu da aynı şekilde artacaktır. En çok kullanılan ayrıştırma yaklaşımları, kümeleme, benzerlik, eşikleme, bölge genişletme, maske ve kural tabanlı yaklaşımlar olarak gruplandırılabilir.

Kümeleme algoritmalarından K-ortalamlar[1] ve bulanık C-ortalamlar[2] genellikle tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Resimdeki her bir nesnenin yalnızca bir gruba ait olmasına izin veren K-ortalamlar yaklaşımı tekrarlı hesaplama yapısında olup, her seferinde görüntüdeki bütün piksel bilgileri kullanılmaktadır ve ayrıca görüntünün kaç tane kümeye bölüneceği bilgisini kullanıcıdan alması yönüyle ciddi bir dezavantaja sahiptir. Bulanık C-ortalamlar algoritması, K-ortalamlar yönteminin üzerine bulanık mantık prensibi eklenerek geliştirilmiştir. Temel olarak K-ortalamlar metodunda çok benzemekle beraber, en büyük avantajı, bulanık mantık yaklaşımına dayandığı için verilerin her birinin sadece bir sınıfa dâhil edilme zorunluluğunun olmamasıdır. Her iki yöntemin iteratif yapısından dolayı hesaplama maliyeti yüksektir ve gerçek zamanlı uygulamalarda yetersiz kalabilmektedirler.

Pikseller arasındaki benzerlik ölçütünün kullanılması görüntü ayrıştırması için önerilen farklı bir yaklaşımdır. İncetaş ve arkadaşları tarafından geliştirilen ve maske tabanlı otomatik bir ayrıştırma algoritması tipik bir örnektir[3]. Ayrıca Güvenç ve arkadaşları komşu piksellerin benzerlik yüzdelelerini hesaplayarak renkli görüntüler için bir ayrıştırma metodu önermişlerdir[4][5].

Diğer taraftan görüntü sınıflandırması için Otsu[6] ve Kapur[7] tarafından önerilen eşikleme esaslı algoritmalar sadece gri seviyeli görüntülerin ayrıştırılmasında başarılı olmuştur. Renkli görüntülerde uygulanamamıştır. Bununla birlikte her iki yöntem de tek seviyeli eşikleme için referans kabul edilmiştir. Ancak eşik sayısı arttığı zaman, arama uzayının boyutları büyüdüğünden hesaplama maliyeti oldukça artmaktadır. Sonuçta her iki yöntemde gerçek zamanlı uygulamalarda verimsiz olmaktadır[8]. Söz konusu yetersizlikleri gidermek için Huang ve Wang Otsu yönteminin performansını artırmak amacıyla iki aşamalı çoklu Otsu eşikleme olarak adlandırdıkları bir algoritma önermişlerdir[9]. Ayrıca Liao ve arkadaşları çok seviyeli eşiklemede Otsu algoritmasının hesaplama verimliliğini artırmak için yeni bir strateji geliştirmişlerdir[10]. Önerilen yaklaşım ile beş eşik için bir saatten daha uzun çalışan Otsu'nun çalışma süresini 107 saniyenin altına indirmişlerdir. Peng ve arkadaşları gri görüntüler üzerinde uyguladıkları farklı çok seviyeli eşikleme metodlarını sunmuşlardır[11]. Son zamanlarda Yin ve Wu hakimiyet ve çeşitlilik kriterlerine dayanan çok amaçlı parçacık sürüsü optimizasyonu ile gri ölçekli görüntüler için çok seviyeli eşikleme yöntemi önermişlerdir[12]. Diğer taraftan hesaplama sürelerini azaltmak için çeşitli optimizasyon yöntemleri Otsu ve Kapur yöntemleri ile birleştirilmiştir [12-15].

Son zamanlarda Otsu ve Kapur eşikleme algoritmaları ile RGB renk uzayı ile birleştirilerek yeni bir sınıflandırma yöntemi geliştirilmiştir [16-18]. Söz konusu çalışmada, RGB renk uzayı her bir kanal için hesaplanan tek eşik bilgisi ile 8 adet alt prizmaya ayrılmış ve her prizma içerisinde kalan pikseller aynı sınıfa atanarak kümeleme işlemi yapılmıştır. Ancak algoritmada tek eşik kullanılmasından dolayı elde edilen prizma sayısı 8 sınıf ile sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte renk uzayında oluşan alt prizmaların hacimlerinin büyüklüğünden dolayı oluşan sınıfların homojenliği düşüktür.

Bu çalışmaya öncelikle tekrarlı ortalama hesaplama yöntemi ile çok seviyeli yeni bir eşikleme algoritması önerilmiştir. Her bir kanal için bulunan eşik değerleri RGB renk uzayı ile birleştirilmiş. Böylece önerilen yöntem hem gri ölçekli hem de renkli görüntülerde çalışmaktadır. RGB renk uzayının bölümlenmesinde kullanılan eşik sayısı artırdığından elde edilen prizmaların hacimleri küçültülmüştür ve dolayısıyla oluşan bölgelerin homojenliği artırılmıştır.

II. EŞİKLEME TEKNİKLERİ

Gri seviyeli görüntüde pikseller $\{0, 1, 2, \dots, (L-1)\}$ arasında değerler aldığından, herhangi bir görüntüdeki i . seviyenin olasılığı

$$p_i = h_i / (M \times N) \quad (1)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada M ve N görüntünün boyutlarını, h_i ise i . renk tonuna sahip piksel sayısını göstermektedir. Eşikleme tekniklerinde amaç, görüntünün histogram bilgisini referans olarak eşik değerleri vasıtasıyla görüntüyü ayrıştırmaktır. Özellikle, gri ölçekli resimleri ayrıştırmak için kullanılan Otsu ve Kapur metotları en çok bilinen ve kullanılan yaklaşımlardandır[6][7]. Otsu yönteminde sınıflar arasındaki varyans değeri temel alınırken, Kapur yönteminde entropi bilgisi referans alınmaktadır. Söz konusu yöntemler çok seviyeli eşiklemeler için Sathya ve Kayalvizhi tarafından detaylı şekilde incelenmiştir[15]. Seçilecek eşik sayısı m tane olduğunda, eşikleme işlemi m boyutlu optimizasyon problemine dönüşmektedir. Başka bir ifade ile $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_m$, olmak şartıyla, (t_1, t_2, \dots, t_m) şeklindeki optimal eşikler Otsu amaç fonksiyonunu maksimum yapan değerler şeklinde hesaplanmaktadır:

$$J(t_1, t_2, \dots, t_m) = \sigma_0 + \sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_m \quad (2)$$

$$\sigma_0 = \omega_0 (\mu_0 - \mu_T)^2$$

$$\sigma_1 = \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2$$

$$\sigma_2 = \omega_2 (\mu_2 - \mu_T)^2$$

⋮

$$\sigma_m = \omega_m (\mu_m - \mu_T)^2$$

ve

$$\begin{aligned}\omega_0 &= \sum_{i=0}^{t_1-1} p_i, \mu_0 = \sum_{i=0}^{t_1-1} \frac{i p_i}{\omega_0} \\ \omega_1 &= \sum_{i=t_1}^{t_2-1} p_i, \mu_1 = \sum_{i=t_1}^{t_2-1} \frac{i p_i}{\omega_1} \\ &\vdots \\ \omega_m &= \sum_{i=t_m}^{L-1} p_i, \mu_m = \sum_{i=t_m}^{L-1} \frac{i p_i}{\omega_m} \\ \mu_T &= \sum_{i=0}^{L-1} i p_i\end{aligned}$$

Diğer taraftan sınıflar arası entropilerin toplamını maksimum yapan Kapur amaç fonksiyonu:

$$J(t_1, t_1, \dots, t_m) = H_0 + H_1 + H_2 + \dots + H_m \quad (3)$$

$$\begin{aligned}H_0 &= - \sum_{i=0}^{t_1-1} \frac{p_i}{\omega_0} \ln \frac{p_i}{\omega_0}, \omega_0 = \sum_{i=0}^{t_1-1} p_i \\ H_1 &= - \sum_{i=t_1}^{t_2-1} \frac{p_i}{\omega_1} \ln \frac{p_i}{\omega_1}, \omega_1 = \sum_{i=t_1}^{t_2-1} p_i \\ H_2 &= - \sum_{i=t_2}^{t_3-1} \frac{p_i}{\omega_2} \ln \frac{p_i}{\omega_2}, \omega_2 = \sum_{i=t_2}^{t_3-1} p_i \\ &\vdots \\ H_m &= - \sum_{i=t_m}^{L-1} \frac{p_i}{\omega_m} \ln \frac{p_i}{\omega_m}, \omega_m = \sum_{i=t_m}^{L-1} p_i\end{aligned}$$

şeklinde tanımlanmıştır. Görüldüğü gibi çok seviyeli eşikleme çok boyutlu uzayda nokta arama sürecidir ki boyut artıka hesap maliyetlide artacaktır.

III. TEKRARLI ORTALAMA TABANLI ÇOK SEVİYELİ EŞİKLEME

Otsu[6] ve Kapur[7] algoritmaları gri seviye resimleri ikili sınıflandırmada oldukça başarılı sonuçlar veren yöntemlerdir. Ancak çok seviyeli eşikleme sürecinde kullanılan amaç fonksiyonlarını maksimum yapan noktaların arama uzayında bulunması oldukça zahmetli bir süreçtir. Bu nedenledir ki bir takım

optimizasyon algoritmalarının birleştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada ise çözüm uzayında arama süreci yerine, eşik sayısı kadar tekrarlı ortalama hesaplama yapan bir yaklaşım önerilmiştir. Şekil 1 (a) gösterilen Kameraman görüntüsü ve Şekil 1 (b) gösterilen histogramı dikkate alındığında önerilen yöntemin anlaşılması daha kolay olacaktır. Gri görüntülerde renk dağılımı 0 ile 255 değerleri arasındadır. Denklem 1 de tanımlanan histogram bilgisi kullanılarak kısmi olasılık dağılımlarının toplamı: $\omega_0, \omega_1, \omega_{00}, \omega_{01}, \omega_{10}, \omega_{11}$ ve kısmi ortalamalar: $\mu_0, \mu_1, \mu_{00}, \mu_{01}, \mu_{10}, \mu_{11}$

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^{\mu_T-1} p_i, \quad \mu_0 = \sum_{i=0}^{\mu_T-1} \frac{i p_i}{\omega_0} \quad (4)$$

$$\omega_1 = \sum_{i=\mu_T}^{255} p_i, \quad \mu_1 = \sum_{i=\mu_T}^{255} \frac{i p_i}{\omega_1} \quad (5)$$

$$\omega_{00} = \sum_{i=0}^{\mu_0-1} p_i, \quad \mu_{00} = \sum_{i=0}^{\mu_0-1} \frac{i p_i}{\omega_{00}} \quad (6)$$

$$\omega_{01} = \sum_{i=\mu_0}^{\mu_T-1} p_i, \quad \mu_{01} = \sum_{i=\mu_0}^{\mu_T-1} \frac{i p_i}{\omega_{01}} \quad (7)$$

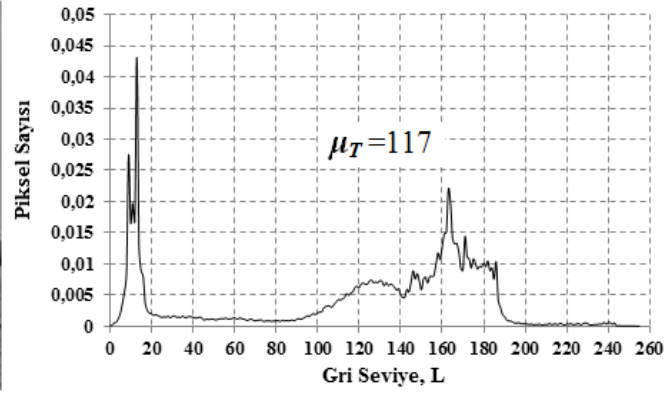
$$\omega_{10} = \sum_{i=\mu_T}^{\mu_1-1} p_i, \quad \mu_{10} = \sum_{i=\mu_T}^{\mu_1-1} \frac{i p_i}{\omega_{10}} \quad (8)$$

$$\omega_{11} = \sum_{i=\mu_1}^{255} p_i, \quad \mu_{11} = \sum_{i=\mu_1}^{255} \frac{i p_i}{\omega_{11}} \quad (9)$$

şeklinde hesaplanabilir. Görüldüğü gibi her bir aşama bir önceki aşamadan elde edilen bilgilere bağımlıdır. Burada iki kademeli bir süreç tanımlanmış ise de aynı yaklaşımla genişletmek mümkündür. Önerilen yaklaşım ile tespit edilecek eşik değerleri Tablo 2 de sunulmuştur. Tek eşiğe ihtiyaç olduğunda görüntünün genel ortalaması kullanılır iken, 2 veya daha fazla eşiğe ihtiyaç olduğunda tekrarlı ortalamalar dikkate alınmıştır. Böylece Otsu ve Kapur yönteminde istenilen şartlarda sağlanmış olacaktır: $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_m$. Bu açıdan bakıldığında Tablo 2 deki değerler ilgili şartları zaten sağlamaktır.



a)



b)

Şekil 1. Kameraman (a) Orijinal (b) Histogramı

Tablo 1.Eşik Sayısı ve Değerleri

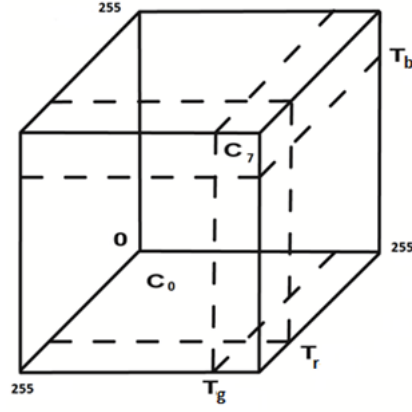
Eşik Sayısı	Atanan Değerleri
t_1	μ_T
$t_1 \quad t_2$	μ_0, μ_1
$t_1 \quad t_2 \quad t_3$	μ_0, μ_T, μ_1
$t_1 \quad t_2 \quad t_3 \quad t_4$	$\mu_{00}, \mu_{01}, \mu_{10}, \mu_{11}$
$t_1 \quad t_2 \quad t_3 \quad t_4 \quad t_5$	$\mu_{00}, \mu_{01}, \mu_T, \mu_{10}, \mu_{11}$

IV. RENK UZAYININ BÖLÜMLENMESİ

Demirci ve arkadaşları[16] tarafından geliştirilen çalışmada, Otsu ve Kapur yöntemleri yardımıyla renkli görüntüdeki her bir kanal için ayrı ayrı eşik değeri hesaplanmıştır. Daha sonra, görüntüyü ayrıştırmak için her bir kanalı tek tek eşiklemek yerine RGB renk uzayı Şekil 2 de görüldüğü gibi alt prizmalara ayrılmış ve her bir prizma içinde kalan pikseller aynı kümeye dâhil edilmiştir. Tablo 2 de tek eşik kullanılarak renk uzayını alt prizmalara bölmek için belirlenen kurallar, sınıflara atanan etiketler ve ikili kodları sunulmuştur. Ayrıca bu algoritma ile iteratif yöntemlerde karşılaşılan hesaplama maliyeti ciddi oranda azaltılmıştır. Söz konusu metotta küme sayısı, iterasyon sayısı gibi parametrelerin kullanıcıdan alınmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Renk uzayında oluşturulacak prizma sayısı,

$$C_{\max} = (m+1)^3 \quad (10)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem eşik sayısı artırılarak çok seviyeli eşikleme için genişletilebilir. Eşik sayısının artması ile birlikte oluşturulacak sınıf sayısı artacak ve aynı zamanda prizmaların hacimleri de küçültülecektir. Böylece, elde edilen sınıfların homojenliği de artırılmış olacaktır.



Şekil 2. Renk Uzayı ve Atanan Sınıflar

Tablo 2. Renk uzayının bölünmesi

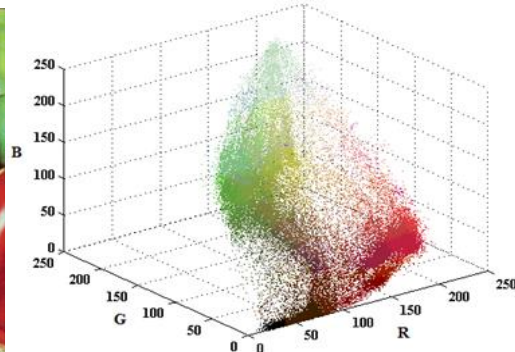
Sınıf Etiketi	Kurallar	İkili kodu
C ₀	if (R<= T _r & G<= T _g & B<= T _b)	000
C ₁	if (R<= T _r & G<= T _g & B>= T _b)	001
C ₂	if (R<= T _r & G>= T _g & B<= T _b)	010
C ₃	if (R<= T _r & G>= T _g & B>= T _b)	011
C ₄	if (R>= T _r & G<= T _g & B<= T _b)	100
C ₅	if (R>= T _r & G<= T _g & B>= T _b)	101
C ₆	if (R>= T _r & G>= T _g & B<= T _b)	110
C ₇	if (R>= T _r & G>= T _g & B>= T _b)	111

V. DENEYSSEL SONUÇLAR VE YORUMLAR

Önerilen algoritma Şekil 1(a)da gösterilen gri ölçekli Kameraman ve Şekil 3(a) da gösterilen Biber görüntüleri ile test edilmiştir. Biber görüntüsünün renk uzayındaki dağılımı Şekil 3(b) ayrıca verilmiştir. Deneylerde Otsu ve Kapur yöntemleri ile bir, iki ve üç eşik için sonuçlar alınmıştır. Ayrıca C# ortamında geliştirilen arayüz ile hesaplama zamanı da ölçülmüştür. Otsu ve Kapur metotları ile eşik hesaplamada



a)



b)

Şekil 3. Biber (a) Orijinal (b) Renk Dağılımı

doğrusal arama yöntemi kullanılmış ve çözüm bulma işleminin süresi en kötü durumda tespit edilmiştir. Böylece önerilen metodun diğer algoritmalarla karşılaştırılması mümkün olmuştur. Doğrusal aramada Denklem 3 ve 4 deki amaç fonksiyonlarını maksimum yapan eşik değerleri renk uzayı sınırları ve $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_m$ kısıtları dikkate alınarak arama yapılmıştır. Önerilen yöntemde ise Tablo 1 deki atamalar dikkate alınmıştır. Kameraman görüntüsü için elde edilen sonuçlar Tablo 3 de, Biber görüntüsü için bulunan eşikler ise Tablo 4 verilmiştir.

Tablo3. Kameraman: Eşik Değerleri ve Hesaplanma Süreleri

	Önerilen			Otsu			Kapur		
	μ_T			t_1			t_1		
Tek Eşik	117			87			191		
Süre(s)	0.382			0.507			0.540		
	μ_0	μ_1		t_1	t_2		t_1	t_2	
İki Eşik	42	158		71	145		124	192	
Süre(s)	0.495			1.224			2.188		
	μ_0	μ_T	μ_1	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3
Üç Eşik	42	117	158	46	102	150	45	103	192
süre (s)	0.845			93.192			176.767		

Tablo4. Biber: Eşik Değerleri ve Hesaplanma Süreleri

	Önerilen			Otsu			Kapur		
	μ_T			t_1			t_1		
Tek Eşik	150			146			100		
R	116			111			121		
G	67			71			117		
B	0.321			0.345			0.334		
Süre(s)	0.324			1.005			1.689		
	μ_0	μ_1		t_1	t_2		t_1	t_2	
İki Eşik	110	185		99	160		96	160	
R	44	181		78	156		68	152	
G	35	102		59	126		108	166	
B	0.328			71.312			119.986		
Süre(s)	0.328			71.312			119.986		

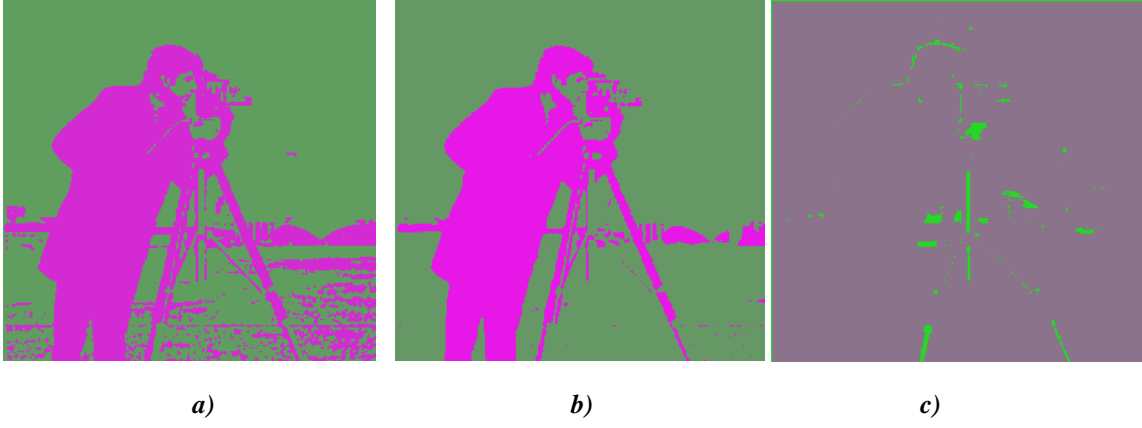
Tablo 3 de görüldüğü gibi klasik yaklaşımda hesaplama süresi eşik sayısı ile logaritmik bir artış gösterir iken, önerilen yöntemde hesaplama süresindeki artış oransal olarak çok küçük kalmıştır. Aynı durumu Biber görüntüsü için yapılan hesaplamalarda da gözlemek mümkündür. Ayrıca önerilen algoritma ile hesaplan eşik değerlerinin diğer her iki yöntemle bulunan sonuçlara yakın olduğu açıktır.

Kameraman görüntüsü üzerinde yapılan deneylerde, tek eşik için sırasıyla önerilen, Otsu ve Kapur yöntemleri uygulanmış ve sonuçlar Şekil 4(a), Şekil 4(b) ve Şekil 4(c)'de gösterilmiştir. Kapur ile elde edilen eşik değerleri diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek çıkmıştır. Dolayısıyla, diğer iki metotta yakalan bölgelerin Kapur ile yakalanamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, tek eşik ile Kapur yönteminin diğer iki yöntemden daha başarısız olduğu gözlemlenmiştir. Önerilen çalışma ile Otsu yönteminin benzer sonuçlar ürettiği görülmektedir. Kameranın ayakları ve arka plandaki binaların bir kısmı iki algoritmada da yakalanmıştır. Gökyüzü ile zeminin renk tonları birbirine çok yakın olduğundan dolayı net bir ayırım yapılamamıştır. Önerilen yöntemde, resmin sol arka planındaki ağaca benzer karartı ile zemindeki renk tonu değişimleri yakalanmıştır.

İki eşik için sırasıyla önerilen, Otsu ve Kapur sonuçları Şekil 5(a), Şekil 5(b) ve Şekil 5(c)'de gösterilmiştir. Önerilen metot ve Otsu'da zemin ile gökyüzünün büyük kısmı farklı sınıflara ayrılmış, arka plandaki binaların bir kısmı ise zemin ile, bir kısmı da gökyüzü ile aynı sınıfa atanmıştır. Kapur'da gökyüzü ile zemin ayrı sınıflara atanmasalar da, tek eşikçe göre daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Zemindeki renk tonu değişimi Kapur'da fark edilmektedir. Kameraman'ın genel hatları üç yöntemde de yakalanırken, önerilen yöntemde pantolondaki kıvrımdan dolayı oluşan renk tonu farkı ön plana çıkmıştır. Kapur ile elde edilen eşik değerleri diğer iki algoritmaya göre tek eşikte olduğu gibi daha yüksek çıkmıştır. Üç eşik için sırasıyla önerilen yöntem, Otsu ve Kapur sonuçları Şekil 6(a), Şekil 6(b) ve Şekil 6(c)'da gösterilmiştir. Üç eşik için tüm metotlar yakın sonuçlar üretmesine rağmen, Kapur'da zemin ile gökyüzü yine tam anlamıyla ayrıştırılamamıştır. Kameramanın pantolonundaki kıvrımdan dolayı oluşan renk tonu farkı üç yöntemde de görülmektedir.

Renkli Biber görüntüsü üzerinde yapılan deneylerde, tek eşik için sırasıyla önerilen, Otsu ve Kapur algoritmaları uygulanmıştır. Sonuçlar Şekil 7(a), Şekil 7(b) ve Şekil 7(c)'de gösterilmiştir. Önerilen çalışmanın ve Otsu ile benzer sonuçlar ürettiği görülmüştür. Söz konusu iki yöntemde de ortadaki büyük yeşil biberin sol alt kısmı arka plandan tam anlamıyla ayrılmamıştır. Kapur'da ise söz konusu biber arka plandan ayrılmıştır ancak sol alt kısmı kırmızı renkteki biber ile aynı sınıfa atanmıştır. Otsu ve önerilen yöntemde koyu ve açık renkli yeşil biberler farklı sınıfa atanmış olup Kapur'da bu biberler aynı sınıfa dâhil edilmiştir. Otsu ve önerilen yöntemde soldaki kırmızı biber tam anlamıyla arka plandan ayrılamamış olup, Kapur'da söz konusu biber daha iyi kümelenmiştir. Üç metotta da biberlerin üzerine vuran ışıktan dolayı parlayan kısımlar göze çarpmaktadır.

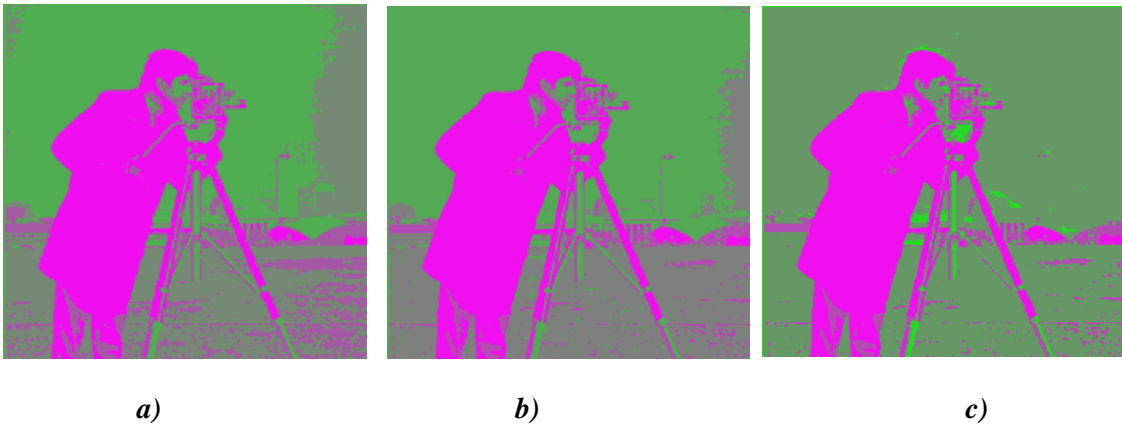
İki eşik için sırasıyla sunulan metot, Otsu ve Kapur sonuçları Şekil 8(a), Şekil 8(b) ve Şekil 8(c)'de gösterilmiştir. Eşik sayısı artırıldığı için küme sayısının artmasıyla birlikte üç yöntemde de biberlerin hatlarının netleşmeye başladığı ve tek eşikçe göre daha iyi kümeleme yapıldığı gözlemlenmiştir. Üç yöntemde de ortadaki büyük yeşil biberin hatları arka plandan ayrılarak daha net kümelenmiştir. Otsu'da söz konusu biberin sol alt tarafındaki kıvrımların belirginleştiği görülmektedir. Üç eşik için sırasıyla önerilen, Otsu ve Kapur sonuçları Şekil 9 (a), Şekil 9 (b) ve Şekil 9 (c)'da gösterilmiştir. Üç yöntemde de biberlerin hatlarının bir ve iki eşikçe göre çok daha keskin olduğu göze çarpmaktadır. Sonuçlar dikkatlice incelendiğinde açık ve koyu yeşil biberlerdeki renk değişimlerinin çok daha belirgin hale geldiği görülecektir.



Şekil 4. Tek Eşik: a) Önerilen b) Otsu c) Kapur



Şekil 5. İki Eşik: a) Önerilen b) Otsu c) Kapur



Şekil 6. Üç Eşik: a) Önerilen b) Otsu c) Kapur



a)

b)

c)

Şekil 7. Tek Eşik: a) Önerilen b) Otsu c) Kapur



a)

b)

c)

Şekil 8. İki Eşik: a) Önerilen b) Otsu c) Kapur



a)

b)

c)

Şekil 9. Üç Eşik: a) Önerilen b) Otsu c) Kapur

Üç eşik seçildiğinde söz konusu yöntemler arasındaki en önemli fark ise eşik değerlerinin hesaplanma süresi olmuştur. Önerilen çalışmanın diğer iki yöntemle oranla çok daha hızlı çalıştığı açıktır. Eşik sayısının artmasıyla birlikte, oluşturulan prizmaların sayısı artırılarak hacimleri küçültülmüş ve böylece homojenlik artırılmıştır. Dolayısıyla çok daha net bir kümeleme işlemi yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda oluşturulan bazı prizmalarda hiç piksel olmayabileceği veya anlam ifade etmeyecek kadar az sayıda piksel olabileceği görülmüştür. Bu durum görüntünün renk uzayındaki dağılımı, eşik sayısı ve değerleri ile doğrudan ilişkilidir. Görüntüyü oluşturan pikseller renk uzayında çok farklı noktalarda konumlanmışsa veya dağılım çok seyrekse, boş prizmaların oluşması kaçınılmazdır. Ayrıca eşik sayısı arttıkça oluşturulacak prizma sayısı da artacaktır. Görüntüdeki nesne sayısı oluşturulan prizma sayısından az olduğunda bazı prizmaların boş kalma ihtimali vardır.

Önerilen yöntemin en önemli avantajları küme sayısının kullanıcıdan bağımsız olması ve iteratif bir yapıda olmadığından diğer algoritmalarla oranla çok daha hızlı çalışmasıdır. Bu özellikleri algoritmanın gerçek zamanlı görüntü işleme uygulamalarında kullanılabilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca önerilen algoritmanın görüntü işlemenin en önemli adımını oluşturan kümeleme işlemini insan algısına yakın şekilde yapabildiği gözlemlenmiştir.

VI. SONUÇ

Gri ölçekli ve renkli görüntülerin çok seviyeli eşiklenerek otomatik olarak ayrıştırılmasını sağlayan yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Önerilen algoritmada her bir kanal için tekrarlı ortalama hesaplanarak, bir, iki ve üç kademeli eşikler bulunmuş ve renk uzayı alt prizmalara bölünmüştür. Her alt prizma içerisinde kalan pikseller aynı sınıfa atanmıştır. Eşik sayısı artırılarak sınıf sayısı çoğaltmak ve prizmaların hacimleri küçültmek mümkündür. Dolayısıyla sınıfların homojenliği kontrol edilebilmektedir. Tekrarlı ortalama esaslı eşik seçim işlemi geleneksel algoritmalarından daha hızlı çözüm üretmektedir.

VII. KAYNAKLAR

- [1] J. A. Hartigan and M. A. Wong, “ Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm”, Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics), vol.28, no.1, pp.100-108,1979.
- [2] J. C. Bezdek, R. Ehrlich, and W. Full ” FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm”, Computers & Geosciences, vol.10, no.2-3, pp.191-203,1984.
- [3] M. O. Incetas, R. Demirci and H. G. Yavuzcan, “Automatic segmentation of color images with transitive closure”, AEU-International Journal of Electronics and Communications, vol.68, no.3, pp.260-269,2014.
- [4] U.Güvenç, Ç. Elmas ve R. Demirci, “Renkli Görüntülerin Otomatik Ayrıştırılması”, Politeknik Dergisi,c. 11, s.1, ss.9-12,2008.
- [5] R. Demirci, “Rule-based automatic segmentation of color images”, AEU-International Journal of Electronics and Communications, vol.60, no.6,pp. 435-442,2006.

- [6] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol.9,no.1, pp.62-69,1979.
- [7] J. N. Kapur, P. K. Sahoo and A. K. Wong, "A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram", *Computer vision, graphics, and image processing*, vol.29, no.3, pp. 273-285,1985.
- [8] J. S. Weszka, "A survey of threshold selection techniques", *Computer Graphics and Image Processing*, vol.7, no.2,pp. 259-265,1978.
- [9] D. Y. Huang,, and C. H. Wang, "Optimal multi-level thresholding using a two-stage Otsu optimization approach", *Pattern Recognition Letters*, vol. 30, no.3,pp. 275-284,2009.
- [10] P. S. Liao, T. S. Chen and P. C. Chung, "A fast algorithm for multilevel thresholding", *Journal of Information Science And Engineering*, vol. 17, no.5, pp.713-727,2001.
- [11] H. Peng, J. Wang, and M. J. Pérez-Jiménez, "Optimal multi-level thresholding with membrane computing", *Digital Signal Processing*, vol.37, pp.53-64,2015.
- [12] P. Y. Yin, and T. H. Wu, "Multi-objective and multi-level image thresholding based on dominance and diversity criteria", *Applied Soft Computing*, vol. 54,pp. 62-73,2017.
- [13] R. Harrabi, and E. B. Braiek, "Color image segmentation using multi-level thresholding approach and data fusion techniques: application in the breast cancer cells images", *Eurasip Journal on Image and Video Processing*, vol.2012, no.1, pp.11, 2012.
- [14] F. A. Jassim, and F. H. Altaani, "Hybridization of Otsu method and median filter for color image segmentation", *International Journal of Soft Computing and Engineering*, vol. 3, no.2, pp. 69-74, 2013.
- [15] P. D. Sathya,, and R. Kayalvizhi, "Amended bacterial foraging algorithm for multilevel thresholding of magnetic resonance brain images", *Measurement*, vol. 44, no.10, pp. 1828-1848, 2011.
- [16] R. Demirci, U. Güvenç ve H.T. Kahraman, "Görüntülerin Renk Uzayı Yardımıyla Ayırıştırılması", *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c.3, s.1,ss. 1-8, 2014.
- [17] A , Kahraman, T. Farshi ve R . Demirci, "Renkli Görüntülerin Çok Seviyeli Eşiklenmesi ve Sınıflandırılması", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 6,s.4, ss.846-859, 2018
- [18] T. Rahkar Farshi, R. Demirci and M. R. Feizi-Derakhshi, "Image Clustering with Optimization Algorithms and Color Space", *Entropy*, vol. 20, no.4, pp.296, 2018.