

BULANIK C-ORTALAMA (FCM) ALGORİTMASINA DAYALI YENİ GÖRÜNTÜ BÖLÜTLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet BULUT* Ayhan İSTANBULLU**

*Elektrik Üretim A.Ş.Genel Müdürlüğü, İstatistik ve Veri Değerlendirme Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

**Muğla Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Muğla, Türkiye

ÖZET

Görüntü bölütleme, görüntü işlemede en önemli ve temel bir tekniktir. Bölütleme işlemi, görüntüyü gri seviyesi, renk bilgisi ve bunun gibi bazı özelliklere göre anlamlı bölgelere ayırma işlemidir. Bu çalışmada Bulanık- C Ortalamaları tabanlı yeni bir görüntü bölütleme sistemi önerilmektedir. Önerilen algoritma da toplama üyelik fonksiyonları, görüntü gri seviye histogramı'ndan belirlenir. Bu çalışmada toplanacak nesne olarak görüntünün piksel gri seviye değerleri alınmıştır. Geliştirilen sistem, çeşitli görüntülere uygulanmış ve görüntülerin bölütlenmesinde kullanılan geleneksel Bulanık C-Ortalama yöntemlerinden daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Bulanık C-Ortalama, Bölütleme

DEVELOPMENT OF A NOVEL IMAGE SEGMENTATION SYSTEM BASED ON FUZZY C-MEANS (FCM) ALGORITHMS

ABSTRACT

Image segmentation is one of the most important techniques in image processing. Image segmentation is to divide an image into meaningful areas according to some characteristics such as level of gray, color information, etc. In this paper a new Fuzzy-C Means based image segmentation procedure is proposed. In the proposed algorithm, cluster membership functions are determined by looking at the gray level histogram. In this study image's pixel gray level values are used as the cluster object. The system is applied to various images and results show proposed Fuzzy C-Means algorithm provides better results than traditional Fuzzy C-Means algorithms in image segmentation.

Key Words: Image processing, Fuzzy C- Means (FCM), Segmentation

1. GİRİŞ

Bölütleme, görüntü tanınmanın bir işlem basamağıdır. Görüntü tanıma (otomatik görü, robotik görü) sürecinde bölütleme işleminin performansı, görüntü tanıma başarısını önemli şekilde etkiler. Bölütleme, görüntüyü özel bir uygulama alanına göre anlamlı bölgelere ayırma işlemidir. Bu anlamlı bölgeler birbirleri ile örtüşmemeli ve kendi içlerinde belirleyici bir özelliğe göre süreklilik göstermelidir. Bölütleme sonucu ortaya çıkan bu bölgeler bölüt (segment) adını alır. Bu yüzden bölütlemenin iyileştirilmesi otomatik görü için büyük önem taşımaktadır. Toplama (clustering) analizi, görüntünün işlenmesinde bölütleme işlemi ile aynı özellikler taşır. Bundan dolayı toplama analizinde kullanılan yöntemler görüntü bölütlemeye de kullanılabilir.

Görüntü bölütlemeye belirleyici özellik olarak grilik seviyesi, doku özelliği, renk bilgisi, çizgililik ve süreklilik alınabilir. Bu çalışmada grilik seviyesi kullanılmıştır. Eğer RGB (Red_Green_Blue) renkli alınırsa işlemler üç defa tekrarlanmış olur. Oysa ki bir görüntü için grilik seviyesi yeterince bilgi verebilmektedir [1]. Görüntü bölütleme işlemi topak analizi olarak ele alınabilir. Bu durumda bir görüntüdeki herbir nesne ve

arkaplan birer topak gösterirler. Topaklama algoritmaları görüntülere uygulanarak bölütlenmeleri sağlanabilir. Topaklama algoritmaları, topak nesnelere düzenleyerek nesnelere arasındaki etkileşimi belirlemeye çalışır. Öyle ki bir topaktaki nesnelere, farklı toplamlara ait olan nesnelere daha fazla bir birine benzemektedirler. Bu yaklaşım Kohonen, Bezdek, Tou ve Gonzales tarafından ortaya atılmıştır [2-6].

Dulyakarn ve Rangsanseri ise çalışmalarında, FCM topaklama ile gelişmiş bölütleme sonuçlarını almak için uzaysal ön bilgi ilave etmişlerdir. Bununla uzaysal alandaki komşu piksellerin üyelik derecelerine bağlı herbir piksel konumu FCM basamağı iterasyon esnasında güncelleyerek FCM ile topaklama işlemi esnasında uzaysal alana ile görünümsel alan arasında değiş tokuş (takas) yapmışlardır [7].

Bölütleme işlemi otomatik görünümün her alanında kullanılmaktadır. Yaman ve diğerleri, Ankara Hızlı Raylı Sisteminde istasyonlardan alınan görüntüleri kullanarak tren sefer aralıklarının optimizasyon işlemlerine giriş verisi sağlamışlardır. İstasyonda bekleyen yolcuların, sistemde güvenlik amaçlı kullanılan kameralar vasıtasıyla algılanan gri seviye görüntüleri, bilgisayar ortamına aktarılmış, daha sonra, görüntü bölütleme işlemleri ile nesnelere arka plandan ayrılmıştır. Ayrılan nesnelere ait görüntüler, görüntü güçlendirme metotları ile belirginleştirilerek görüntü histogramından istasyondaki yolcu sayısını belirlemişlerdir [8].

FCM iyi bilinen bir eğitimsiz (unsupervised) topaklama tekniğidir ve eğitimsiz görüntü bölütlemeye kullanılabilir. Eğitimsiz bir bulanık topaklama tekniğinden elde edilen ölçüm verisi, yalnız benzer görünüm özelliklerine sahip bölgelerdeki görüntü bölütlerini ve verinin yapısını ortaya çıkarmak için kullanılır. Bundan dolayı bu metot uzaysal alandaki pikseller arasında bir ilişkiye sahip değildir [9]. Bu çalışmada, bulanık topaklama (FCM) algoritmasına dayanan yeni bir görüntü bölütleme sistemi geliştirilmiştir. FCM algoritmasında bölüt sayısı, algoritma başında ön bilgi olarak verilmesine rağmen bu teknikte görüntü histogram bilgileri kullanılarak hem bulanık kümeler belirlenmiş hem de histogramdan görüntünün kaç bölütten oluşabileceği çalışması yapılmıştır. Otomatik görü açısından insan bakışı bir değerlendirme aracı olarak kullanılır. Geliştirilen yöntem ile geleneksel FCM algoritmasının sonuçlarına oranla daha belirgin özellikli bölütler elde edilerek, göz ile değerlendirilebilecek kadar iyileştirilmiş sonuçlar alınmıştır.

Sistemin kullanım alanları olarak, robotik görmeye dayalı tüm alanlar sayılabilir. Malzemenin görüntüsü üzerinde kalite kontrolü, otomatik tanıma ve benzeri alanlarda yardımcı bir basamak olarak kullanılabilir. Geliştirilen sistem için Mathworks firmasının Matlab programlama kodları kullanılmıştır [10]. Bu çalışmada hazır araç kutuları yerine, istenilen amaca ulaşılması için program kodları kullanılarak algoritma ve sistem fonksiyonları geliştirilmiştir.

2. GÖRÜNTÜDE BELİRSİZLİK VE BULANIK KÜME

Bir makine görme sistemi içinde yapay algılayıcılar kullanılabilir. Algılayıcı x-y düzleminde bulunan bir imgenin gri seviyelerini x-y düzleminde gri seviye kesitlerine dönüştürmektedir. Burada her kesit anlamlı bir bölge olmalıdır. x-y düzleminde gri seviye kesitlerine dönüşüm, bir kümeye aitliği şüpheli olan nesnelere kümesi olarak ifade edilebildiğinden dolayı bulanık küme teorisi kullanılarak yapılabilir. Bulanık küme teorisinde kümeler normal küme teorisinde olduğu gibi (ait ise üyelik derecesi 1, ait değilse üyelik derecesi 0) kesin olarak tanımlanmazlar. Bunun yerine bulanık küme teorisi [0,1] aralığında tanımlanan üyelik dereceleri alabilen kümeler ile gösterilir. Bir bulanık küme [0,1] aralığında kısmi üyelikleri kabul eder.

$X=\{x\}$ evrensel küme olsun. $A (A \in X)$ bulanık kümesi

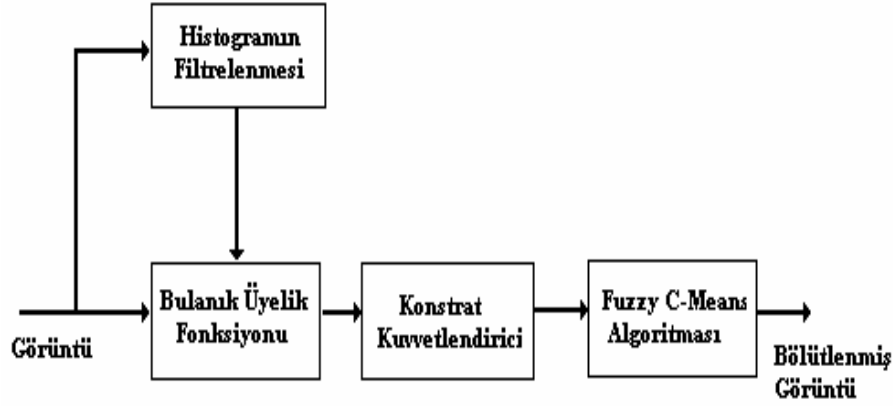
$$A=\{x, \mu_A(x)\}, x \in X \quad (1)$$

Burada $\mu_A(x)$, A'da x'in üyelik derecesi olarak adlandırılır. $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu A bulanık kümesini [0,1] aralığına transfer eder. Bir başka deyişle, $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu "algılayıcı"nın kuvvetini göstermektedir. Eğer $\mu_A(x)=1$ ise kesin olarak x A'nın bir üyesidir ve $\mu_A(x)=0$ ise o zaman kesin olarak x A'nın üyesi değildir. $0 < \mu_A(x) < 1$ aralığında x'in durumu için bir belirsizlik vardır. Yani x'in A'nın üyesi olma derecesi $\mu_A(x)$ ile verilir.

3. YENİ GÖRÜNTÜ BÖLÜTLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu kısımda ikinci bölümde anlatılan üyelik fonksiyonları ve FCM yöntemini kullanan bir görüntü bölütleme sistemi araştırılmıştır. Bu sistemin fonksiyonel diyagramı Şekil 1'de verilmektedir. İlk olarak görüntü için piksellerin her bir bölütteki üyelik derecesini bulmak için histogram üzerinde bulanık üyelik fonksiyonları

tespit edilmektedir. Bu amaçla görüntünün filtreden geçirilmiş düzgün histogramı kullanılarak görüntü histogramını gri seviye kesitlerine ayırmak için histogram vadilerinde, $x_{cq}, q=0,1..k$, uygun noktaları bulunmaktadır. Buna göre histogram $(k+1)$ tane gri seviye kesitine ayrılmaktadır. İkinci basamakta bu x_{cq} noktaları kullanarak görüntü S ve Π üyelik fonksiyonlarının birleşimi olan $\Phi(x)$ çoklu-bölge üyelik fonksiyonuna göre herbir pikselin $[0,1]$ arasında üyelik değeri bulunmaktadır.



Şekil 1. Geliştirilen Görüntü Bölütleme Sistemi İçin Fonksiyonel Blok Diyagram

Geliştirilen bölütleme sisteminde yapılan işlemler Şekil 1'deki blok diyagramda gösterilmiştir. Buna göre her piksel bir üyelik değerine sahip olmaktadır. 0-255 arası olan grilik seviyesini $[0,1]$ aralığına taşıdığımızda (map) bu aralıkta tam net 0.5 değeri oluşmamaktadır. Böylece görüntünün hiçbir pikseli 0.5 net değerini alamayacaktır. Burada $[0..... 0.4941 0.4980 0.5020 0.50591]$ aralığı elde edilmektedir [11-12].

Daha sonra piksellerin üyelik değerini maksimum belirsizlik değeri olan $\mu=0.5$ den kesin değerler olan 0 veya 1'e yakınlaştırmak için her piksel bir kontrast kuvvetlendirici fonksiyonu kullanılmaktadır. Kontrat kuvvetlendiricide imgenin gri seviye belirsizliği azaltılmakta, böylece imgede bir iyileştirme sağlanmaktadır. Son basamakta ise elde edilen imgeler normalize edilmekte ve bölütlenmek için bulanık topaklama algoritmasından geçirilmektedir. Normal bulanık topaklama algoritması yüksek hesaplama zamanı aldığından, bu çalışmada histogram temelli algoritma kullanılmıştır. Bu yaklaşımda algortmada görüntü yüzeyi yerine görüntü histogramı kullanılmaktadır. Bu da hesaplama zamanının azaltılması açısından büyük bir kazanç sağlamaktadır. Kullanılan imgelerin arkaplan ve nesneden oluştuğu kabul edilerek topak sayısı $c=2$ olarak alınmıştır.

3.1 Gri Seviyelerin Birçok Bölgeye Ayrılması

$[x_m, x_M]$ aralığı üzerinde değişik gri seviyelere sahip bir görüntü alınsın. Bu görüntü Şekil 2'teki gibi k -tip seviye kesitine sahip olsun. Bu histogram kullanılarak, histogramdaki her bir tepeye karşılık gelen belirli k gri seviyesi bulunabilir. İmge $x_1, x_2, \dots, x_q, \dots, x_k$ gri seviyelerinin birleşimi olarak histogram kesitleri alınabilir. Bu gri seviye kesiti bulanık mantıkta şu şekilde tanımlanır:

“ $[x_m, x_M]$ gri seviye aralığı üzerinde, görüntü gri seviyeleri $(x_1, x_2, \dots, x_q, \dots, x_k)$ kümesinin bir bileşimidir”.

Yukarıdaki ifadede x_q , $q=1..k$, gri seviyeleri bulanık sayıların bir kümesini oluşturmaktadır. Bu gri seviyelerin ayrı ayrı olarak kendi kümelerindeki üyelik derecesi 1 olarak tanımlanır ve histogramın tepelerinde maksimum kesinlik miktarı oluşur, halbuki vadilerde yani x_{c1}, x_{c2} noktalarında bu gri seviyelerin hangi komşu bölgeye ait olduğu belli değildir. Mesela x_{c1} vadisinde gri seviye, eşit olarak x_{c1+1} gri seviyeye veya x_{c1-1} gri seviyesine, $\mu=0.5$ üyelik derecesi ile alınabilir.

Histogram tepelerinde maksimum kesinlik miktarı (belirsizlik yok $\mu=1$) ve vadilerde maksimum belirsizlik miktarı ($\mu=0.5$) oluşur. Bundan dolayı $\mu=0.5$ olan geçiş noktalarında $[x_m, x_M]$ aralığı R_0, R_1, \dots, R_k gibi bölgelere ayrılabilir. Her bir bölge maksimum belirsizlik noktalarıyla ayrılmaktadır. Böylece $[x_m, x_M]$ aralığı üzerinde verilen ve k vadiye sahip görüntü histogramı, x_{cq} noktalarından $(k+1)$ bölgeye ayrılmaktadır.

3.2 Histogram Temelli Bulanık Çoklu-Bölge Fonksiyonu

Bir gri seviye görüntüde bölüt belirlemede ana sorun, herhangi iki komşu gri seviye topaklarını birbirinden ayırmaktır. İki komşu gri seviye topaklarının ayrılması, bir bölgenin gri seviyesini 0 (karanlık veya siyah ve diğer bölgeyi 1 (tam aydınlık veya beyaz) olarak adlandırılarak yapılabilir. Yani iki komşu bölgenin ayrılması işlemi, iki farklı gri seviyeye ayrılarak yapılabilir. Bölgenin gri seviyesi olarak bölgedeki gri seviyelerin yoğunlaştığı nokta olarak alınabilir. Gri seviye kesitleri kullanarak, bir bulanık çoklu-bölge üyelik fonksiyonu tanımlanmaktadır.

$$\Phi(x) = \prod_{q=0}^k M_q(x) \quad (2)$$

Burada $M_q(x)$, görüntünün x . Pikselinin q kesitindeki bulanık üyelik fonksiyonu ile bulunan üyelik derecesini göstermekte olup, $q=0,1,\dots,k$ olup her bir kesit için ayrı üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır,

(i) R_0 uç sol bölge için tanımlanan bulanık üyelik fonksiyonu,

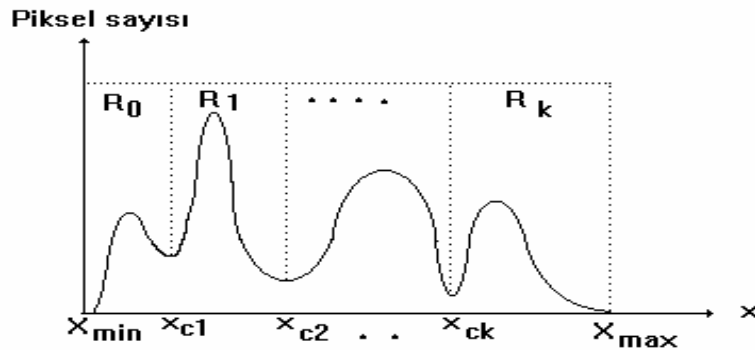
$$M_0(x) = \sin^2\left(\frac{\pi}{4} \frac{x - x_m}{x_{c1} - x_m}\right), \quad x_m \leq x \leq x_{c1} \quad (3)$$

(ii) R_1 'den R_{k-1} 'a kadar olan bölgeler için tanımlanan bulanık üyelik fonksiyonu ve $x_{cq} \leq x \leq x_{cq+1}$ olmak üzere

$$M_q(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(1 + \sin^2\left(\pi \frac{x - x_{cq}}{x_{cq+1} - x_{cq}}\right)\right), & q = \text{tek} \\ \frac{1}{2} \left(1 - \sin^2\left(\pi \frac{x - x_{cq}}{x_{cq+1} - x_{cq}}\right)\right), & q = \text{çift} \end{cases} \quad (4)$$

(iii) R_k uç sağ bölge için tanımlanan bulanık üyelik fonksiyonu,

$$M_k(x) = \begin{cases} 1 - \sin^2\left(\frac{\pi}{4} \frac{x_M + x - 2x_k}{x_M - x_k}\right), & k = \text{çift} \\ \sin^2\left(\frac{\pi}{4} \frac{x - x_{cq}}{x_{cq+1} - x_{cq}}\right), & k = \text{tek} \end{cases} \quad (5)$$



Şekil 2. Bir Gri Seviye Görüntünün Gri Seviye Kesitleri

3.3 Kontrast Kuvvetlendirme

Bir görüntünün değişik gri seviye bölgelerine değişen düşük [0,0.5] ve yüksek [0.5,1] değerlerinin atanması, birçok komşu bölgeleri değişik gri seviyelere ayıran Φ üyelik fonksiyonu ile yapılmaktadır. Birbirinden ayrılan bu bölgeler, her bir piksel üzerinde kontrast kuvvetlendirme işlemleri kullanarak iyileştirilmektedir. Bu işlemi yapmak için bu çalışmada sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır.

$$\text{sig}(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-0.5)}}, 0 \leq x \leq 1 \quad (6)$$

Bu fonksiyon ile [0,0.5] aralığındaki piksel değerleri 0'ya yakın daha düşük değerlere ve [0.5,1] aralığındaki değerleri 1'e yakın daha yüksek değerlere aktarmaktadır. Böylece bu fonksiyon ile imgedeki belirsizlik azaltılmış olur.

3.4. Bulanık – C Ortalamaları (Fuzzy C-Means) Algoritması

Bulanık C-Ortalamaları toplama (FCM) algoritması görüntü bölütleme için yaygın kullanılan bir algoritmadır [2-5]. FCM, görüntüdeki pikseller ile görüntüyü oluşturan her bir bölüt merkezi arasında bir ağırlıklı benzerlik ölçütünü temel alan bir nesnel fonksiyon kullanır. Bu nesnel fonksiyonun iteratif olarak optimuma ulaşması kullanılarak, görüntüdeki piksellerin bölütlere üyelik dereceleri belirlenir. Bu algoritmanın kullandığı nesnel fonksiyonun yerel extramumları, algoritmanın giriş verisinin optimal topaklarını (bölütlerini) gösterirler.

$$W_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^m (d_{ik})^2 \quad (7)$$

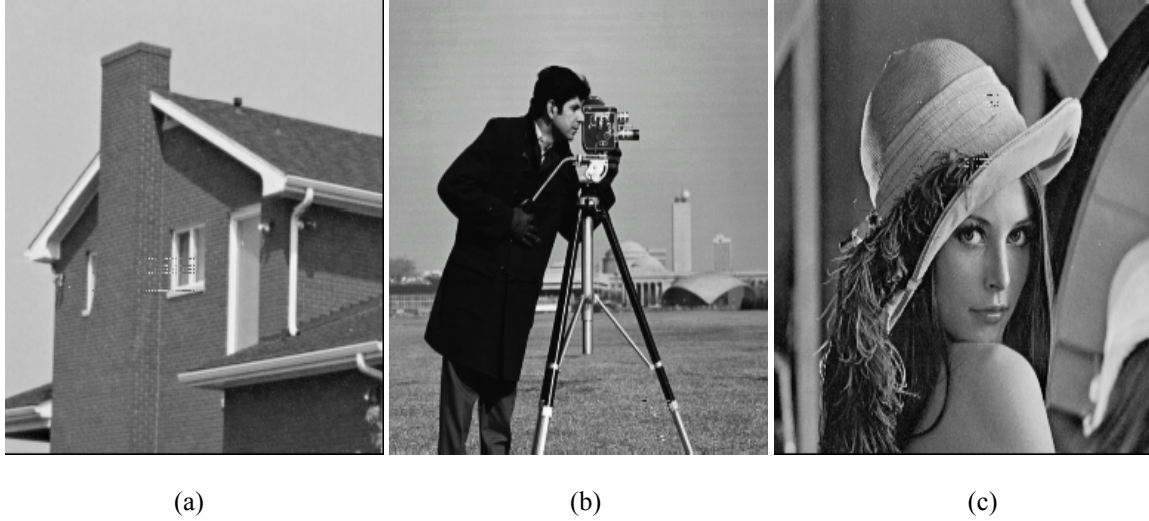
Burada μ_{ik} i.ci topaktaki k.ci pikselin bulanık üyelik değeri, d_{ik} k.ci pikselin i.ci topak merkezinden olan uzaklığını göstermektedir.

Bölütleme için özellik yüzeyi (uzayı) genellikle çok boyutludur. Görüntü boyutu birçok uygulamalarda yeterince büyük olmaktadır. Bulanık toplama algoritmasının hesaplanması iteratif işlem gerektirdiğinden böyle büyük veri parçaları için hesaplama çok zaman almaktadır. Bundan dolayı yapılan girişimler, FCM algoritmasını görüntü bölütleme, için kullanışlı hale getirmektedir.

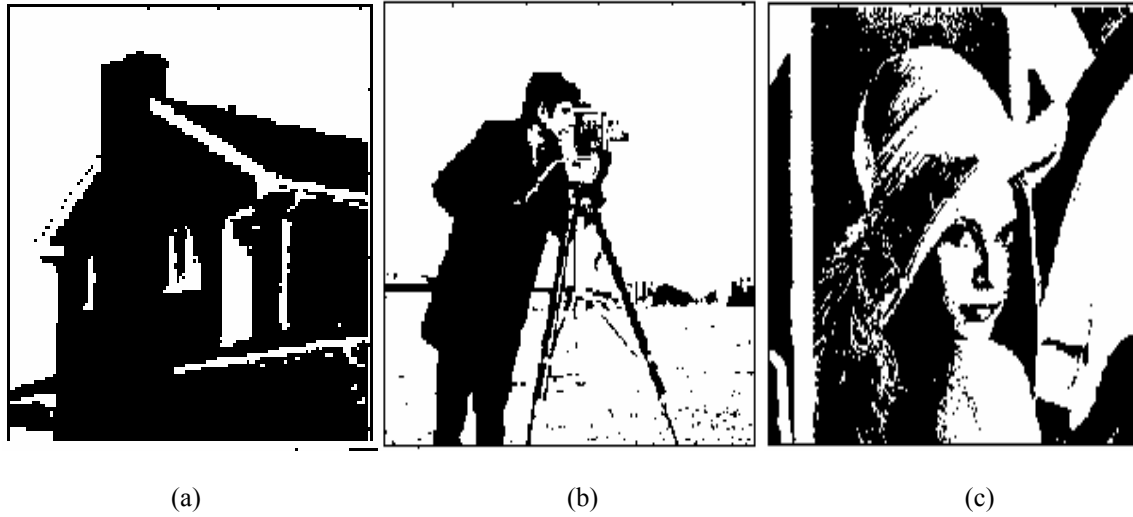
Bu çalışmada FCM algoritmasının hesaplama zamanını büyük miktarda azaltan histogram temelli algoritma kullanılmıştır. Algoritma nesne olarak görüntü yerine, görüntünün grilik fonksiyonunu almaktadır [9,10]. Bulanık kümeler ile bulanık toplama algoritmasının birlikte kullanıldığı yeni bir görüntü bölütleme sistemi geliştirilmiştir. Bulanık kümeler, görüntüdeki gri seviye belirsizliğini ortadan kaldırmak için kullanılmıştır.

4. SONUÇLAR

Geliştirilen yeni yöntem bilgisayar ortamında gerçekleşmiş ve çeşitli görüntülere uygulanmıştır. Burada kullanılan yöntemde sağlanan iyileştirme durumu, bir görüntüyü oluşturan anlamlı parçaların, yani bölütlerin daha belirgin bir şekilde gözle görülebilir düzeyde ortaya çıkmasını sağlamıştır. Elde edilen sonuçlarda, görüntüler karşılaştırılmalı olarak Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 4'te gösterilen geleneksel FCM yönteminin sonuçlarından farklı olarak yeni FCM algoritması kullanılması ile birlikte görüntülerin ayrıtlarının belirginleştirilmesi sağlanmıştır (Şekil 3-5).



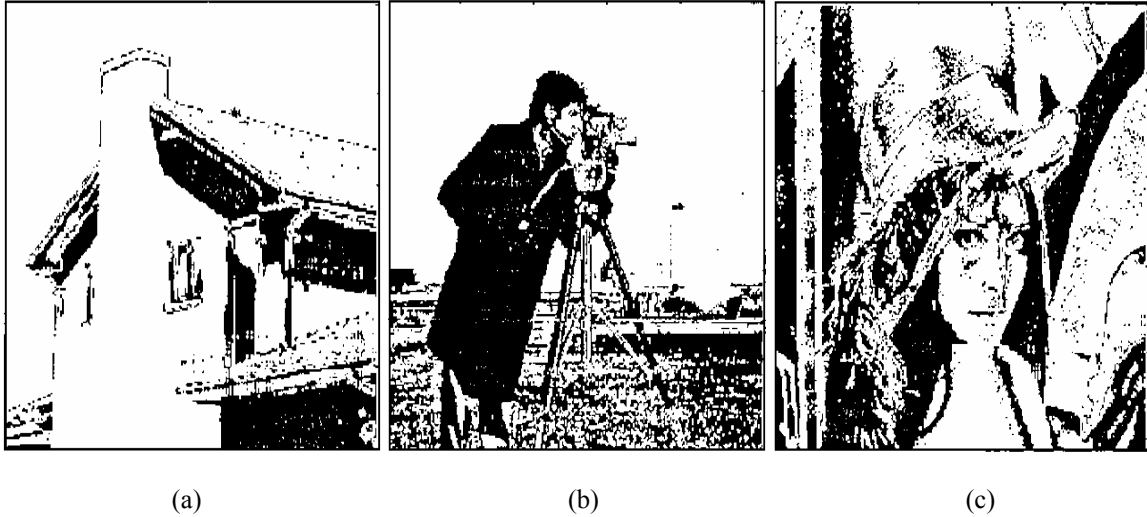
Şekil 3. Orjinal Gri Görüntülerin Durumu (256 gri ton) a) “House”, b)“Cameraman” ve c) “Lenna” .



Şekil 4. Geleneksel FCM Algoritması Kullanılarak İki Bölüt (Topak=2) İçin a) “House”, b)“Cameraman” ve c) “Lenna” Görüntülerinin Bölütlenmiş Hali.

Geliştirilen sistemin avantajları şöyle sıralanabilir. Bu sistemde görüntüler öncelikle FCM algoritmasına sokulmadan önce, görüntüdeki piksellerin hangi bölüte aitlik derecelerinde iyileştirilme sağlanmaktadır. Ayrıca FCM algoritmasında, bölüt sayısı baştan ön bilgi olarak girilmektedir. Yani algoritmanın başında görüntünün kaç bölüt olacağına karar verilmektedir. Bu sistemde kullanılan histogram temelli çoklu-bölge fonksiyonu sayesinde görüntünün kaç bölütten oluştuğu, görüntünün kendi histogram bilgisinden elde edilmektedir. Ayrıca piksellerin, bu histogram temelinde FCM algoritması kullanılarak bölütlere aitlik dereceleri belirlendiğinden daha kesin sonuçlar elde edilmektedir.

Örneğin, görüntüdeki nesneye ait bir piksel, normal FCM algoritması sonuçlarında $\mu_{\text{akaplan}} = 0.65$ olduğu için arkaplan olarak tanımlandığı halde geliştirilen sistemde $\mu_{\text{akaplan}} = 0.43$ olarak bulunduğundan bu piksel nesneye dahil edilmektedir.



Şekil 5. Geliştirilen FCM Temelli Bölütleme Sistemi İle a)“House”, b)“Cameraman” c)“Lenna” Görüntülerinin Bölütlenmiş Hali.

Bu yeni sistem ile elde edilen iyileştirmeler geleneksel FCM ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında görüntüdeki ayrıntıları ortaya çıkarmada daha başarılı olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Pal R. N., Pal S. K., “A Review on Image Segmentation Techniques”, **Pattern Recognition**, vol.26, no.9, pp. 1277-1294, 1993.
2. T. , Kohonen, “Self-Organization and Associative memory”, 3rd Ed. Berlin, 1989
3. J.C.Bezdek, “Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms”, **Plenum Press**, New York, 1981.
4. J.C. Bezdek, R Ehrlich, W.Full “FCM: the fuzzy c-means clustering algorithm” **Comput Geo Sci** 1984; 10(2):191-203
5. J. Tou, R. Gonzales, “Pattern Recognition Principles”, **Addison-Wesley, Massachusetts**, 1974
6. T. L. Huntsberger, C. L. Jacobs, R. L. Cannon, “Iterative Fuzzy Image Segmentation”, **Pattern Recognition**, vol. 8, no. 2, pp. 131-138, 1985
7. Dulyakarn and Y. Rangsanseri, “Fuzzy C-Means Clustering Using Spatial Information with Application to Remote Sensing” **22nd Asian Conference on Remote Sensing**, 5-9 November 2001, Singapore.
8. K. Yaman, A. Sarucan, M. Atak, N. Aktürk, “Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme Ve Arama Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama” **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.** Cilt 16, No 1, 19-40, 2001 Vol 16, No 1, 19-40, 2001
9. W., Pedrycz, “Fuzzy Clustering with partial supervision” **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, Part B: Cybernetics, 27(5),pp 787-795, 1997.
10. **Matlab Yazılımı**, <http://www.mathworks.com/>
11. H.Atmaca, M.Bulut, D.Demir , “Histogram Based Fuzzy Kohonen Clustering Networks For Image Segmentation”, **International Conference on Image Processing (ICIP'96)**, Switzerland, 1996.
12. H. Atmaca, M. Bulut, D. Demir, Ş. Pazar, “A New Fuzzy Kohonen Clustering Network Based on Histogram For Image Segmentation”, **International Symposium on Computer and Informations Sciences (ISCIS-XI)**, Nowember 1996, Antalya, Turkey.