

Özyineli En Kısa Kapsayan Ağaç Algoritmasında Bölgesel ve Sınırsal Bilginin Birleştirimi ile İmge Bölütleme

Image Segmentation With Unified Region and Boundary Characteristics within Recursive Shortest Spanning Tree

E. Esen^{1,2} ve Y. K. Alp³

¹TÜBİTAK UZAY, Ankara

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh., Ankara

³Bilkent Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh., Ankara

ersin.esen@uzay.tubitak.gov.tr

yalp@ug.bilkent.edu.tr

Özetçe

Bölgesel bilgiye dayalı imge bölütleme algoritmalarında sınırsal bilgi eksikliği vardır. Bu nedenle, imge bölütlemeye başarıyı artırmak için birbirini tamamlayan sınırsal ve bölgesel bilgiyi birleştiren birçok karma yöntem önerilmiştir. Bu amaçla, Özyineli En Kısa Kapsayan Ağaç (RSST) algoritması dahilinde bölgesel ve sınırsal özellikleri birleştiren yeni bir yöntem öneriyoruz. Ana fikir, sınırsal bilgiyi RSST algoritmasındaki uzaklık ölçüyle, algoritmada en az değişiklik yaparak, birleştirmek ve RSST'nin basit ama güçlü yapısından yararlanmaktır. Sonuçlar, önerilen algoritmanın RSST algoritmasına olan üstünlüğünü göstermektedir. Nesne sınırlarının başarılı bir şekilde tespiti, önerilen algoritmanın nesne sınırlarının devinim alanı sınırları ile çakıştığı video nesnesi bölütleme konusunda da kullanılabilecek bir aday olduğunu göstermektedir.

Abstract

The lack of boundary information in region based image segmentation algorithms resulted in many hybrid methods that integrate the complementary information sources of region and boundary, in order to increase the segmentation performance. In compliance with this trend, we propose a novel method to unify the region and boundary characteristics within the canonical Recursive Shortest Spanning Tree algorithm. The main idea is to incorporate the boundary information in the distance metric of RSST with minor changes in the algorithm. Additionally, we still benefit from the simple yet powerful structure of RSST. The results indicate the superiority of the proposed algorithm with respect to the conventional RSST. The object boundaries are successfully preserved. Therefore, the proposed algorithm is a candidate for video object segmentation where object boundaries coincide with motion field boundaries.

1. Giriş

İmge bölütleme oldukça eski bir konu olmasına rağmen hala etkin bir araştırma alanıdır. Bu konunun halen faal bir alan olması, problemin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Literatürde bugüne kadar yayımlanmış yüzlerce farklı yöntem vardır [1] ve halen de yeni yöntemler önerilmektedir [2]. Problemin karmaşıklığı, sorunun tam manasıyla mükemmel bir çözümünün olmamasından kaynaklanır. Hiç bir kısıtlama olmadığında, imge bölütlemeye hedef tamamıyla öznel olan insansal algılamaya ulaşmak olabilir. Bu amaç doğrultusunda, önerilen ilk yöntemler imgenin ya bölgesel ya da sınırsal

özelliklerine dayanan ölçütleri kullanmaktadır. Fakat son zamanlarda, bir imgenin bölgesel ve sınırsal özelliklerinin birbirini tamamlayan ölçütler olduğundan yola çıkılarak imge bölütlemeye bu iki özelliği birleştirmeye yönelik yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır.

Yalnızca bölgesel bilgiye göre bölütleme yapan algoritmalarından biri de RSST'dir [3]. Çizge teorisine dayalı olup, basit fakat güçlü bir yöntemdir. Bölgelerin daha önceden belirlenen bölgesel bir özelliğe göre türdeş alanlar olarak tanımlandığı ve bu bölgelerin özyineli bir şekilde birleştirildiği bir algoritmadır. Bölgesel özelliği ise o bölgedeki imgecik sayısı ve ortalama renk şiddeti (ortalama imgecik değeri) belirler. Bu nedenle algoritma bölütleme işlemini sınırsal bilgiyi kullanmaksızın yapmaktadır. RSST, halen imge bölütlemeye çokça kullanılan bir yöntemdir ve geliştirilmektedir [4,9].

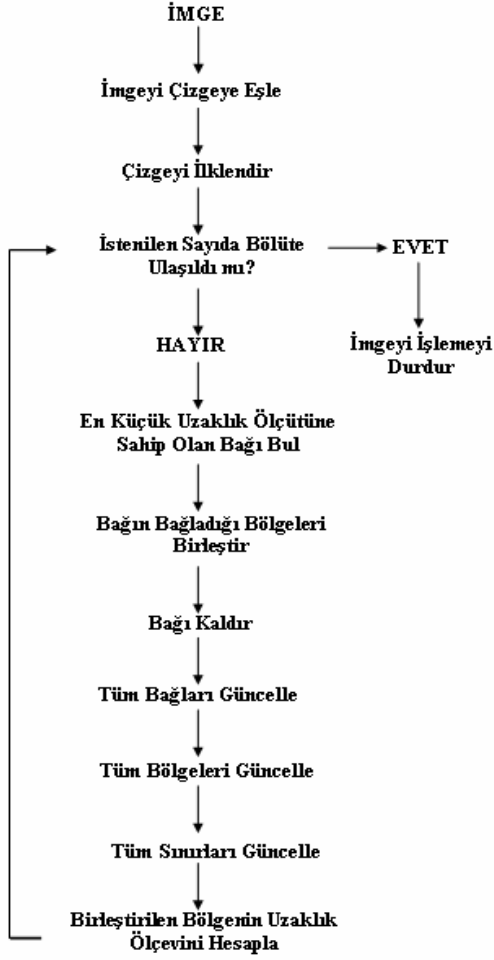
Son zamanlarda imge bölütlemedeki yönelim, sınırsal ve bölgesel özelliklerin aynı anda kullanımı hususunda olmuştur. Pavlidis, basit bir parçala-birleştir algoritması ile imgeyi bölütlemekte, sonuçta orijinal imgede olmayan bölgeler oluşmaktadır [10]. Daha sonra, oluşan bölgelerin sınırları, kontrast ile sınırsal düzlük, imge gradyanının sınırdaki değişimi ve veri yapısını imleyen kriteri birleştiren bir ölçüte göre düzeltilmekte ya da kaldırılmaktadır. Haddon, imgeyi türdeş bölgelere ayıran ve yeniden-olagelme matrisini kullanarak ayrıt haritası oluşturan bir yöntem önermiştir [11].

Hem bölgesel ve hem de sınırsal bilgiye dayanan bu yeni bölütleme yöntemi RSST algoritmasına uygulanmıştır [12]. Zeng, [12]'de önce imgeyi RSST algoritması ile bölütlemiş ve kontrast gradyanı ile çevrit imgeciklerin geometrik özelliğini kullanarak bölge çevritlerinin çıkıntı haritasını oluşturmuştur. Daha sonra, bölgelerin çıkıntı ağırlıklarına bakarak gerçekte olmayan bölgelerin sınırlarını ortadan kaldırmıştır. Sonuçta, önce imge bölgesel bilgiye göre bölütlenmiş, sonra sınırsal bilgiye göre düzeltmeler yapılmıştır. Oysa sınırsal ve bölgesel bilgi, bölütleme sırasında bir arada kullanılırsa daha iyi sonuçlar alınabilir. Bundan dolayı, bu çalışmadaki temel amacımız RSST algoritmasında bu iki özelliği aynı anda kullanmaktır.

Önerilen yöntem 2. kısımda anlatılmaktadır. Deney sonuçları 3. kısımda, varyantlar ise 4. kısımda verilmektedir.

2. Önerilen Yöntem

Yeni uzaklık ölçü ve yeni oluşan bölgesel veri yapıları gibi küçük değişikliklerle, RSST algoritmasında bölgesel ve sınırsal bilgiyi birleştirmektedir.



Şekil 1: Önerilen yöntemin akış çizeneği.

Şekil 1’de görüldüğü gibi, algoritmanın iklendirme kısmında imgedeki bütün imgecikler çizgedeki düğümlerle eşlenmektedir. Bütün düğümler bölgeleri, düğümler arasındaki bağlantılar da bağları oluşturmaktadır.

Bölgeler 4-komşulu olarak tanımlanmıştır. Bölgeler arasındaki bağlantının uzunluğu, uzaklık ölçütü, (1)’de tanımlanan fonksiyon ile hesaplanmaktadır ki önerdiğimiz algoritmayı alışılmış RSST algoritmasından ayıran ana fark da budur.

Her bir döngüde, en küçük uzaklık değerine sahip olan bağ bulunur ve bu bağın bağladığı bölgeler birleştirilir. Sonra, her bölge ve bağ güncellenir. Daha sonra, yeni oluşturulan bölgenin diğer bölgelerle olan bağlarının uzaklık değeri hesaplanır. İstenilen sayıda bölgeye ulaşıldığında döngü durdurulur.

2.1. Uzaklık Ölçevi

R_1 ve R_2 bölgelerini birleştiren bağın uzaklık ölçevi d ,

$$d = \frac{N_1 \cdot N_2}{len(B_1) \cdot N_1 + len(B_2) \cdot N_2} \sum_{(n,m)} (p_{1n} - p_{2m})^2 \quad (1)$$

	0	1	2	3	4	5	6	7
0								
1					24			
2			11	10	41	32		
3			25	28	3	17	14	
4			36	44	165	24	11	
5				34	56	18		
6								
7								

Şekil 2: Örnek ara döngü.

olarak tanımlanır. Burada, N_1 ve N_2 sırasıyla R_1 ve R_2 bölgelerindeki imgecik sayılarını, $len(B_1)$ sınırdaki imgeciklerden R_1 'e ait olanların sayılarını, $len(B_2)$ sınırdaki imgeciklerden R_2 'e ait olanların sayılarını, (p_{1n}, p_{2m}) ise sınırdaki sırasıyla R_1 ve R_2 bölgelerine ait olan imgecik iktelini gösterir.

8x8’lik bir imgedeki döngünün ara basamağı Şekil 2’de gösterilmektedir. R_1 bölgesi gri tonla, R_2 bölgesi siyah tonla çerçevelenmiştir. Ayrıca imgeciklerin yeşillik değeri de Şekil 2 üzerinde belirtilmiştir. Diyelim ki $p_{i,j}$ imgenin i . satırı ve j . sütunundaki imgeciğin yeşillik değerini gösterebilir. Bu durumda, R_1 ve R_2 ’nin sınırdaki imgecik iktellerinin listesi $\{(p_{2,3}, p_{2,4}), (p_{3,4}, p_{2,4}), (p_{3,4}, p_{3,5}), (p_{3,4}, p_{4,4}), (p_{4,3}, p_{4,4}), (p_{4,3}, p_{5,3})\}$ olur. Burada $len(B_1)$ üç, $len(B_2)$ dört, N_1 yedi, N_2 ise 11’dir. İmgecik değerlerini de (1)’de tanımlanan fonksiyonda yerlerine koyduğumuzda, bu iki bölgenin uzaklık değerini 5166 olarak hesaplarız.

(1)’de verilen uzaklık fonksiyonun bu şekilde tanımlanmasındaki ana nedenler şöyle sıralanabilir:

i-Sınırdaki imgeciklerin yeşillik değerleri arasındaki fark çok azsa, bu iki bölge büyük ihtimalle aynı bölüme aittir. Dolayısıyla bu iki bölgeyi birleştir.

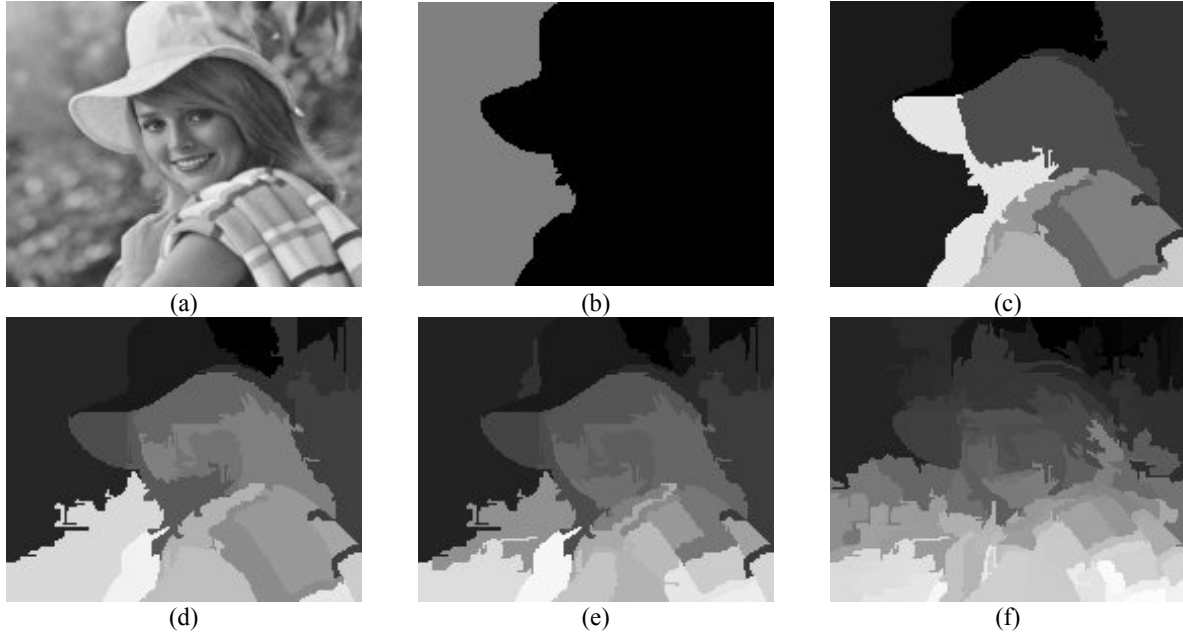
ii-Eğer her iki bölgede bulunan imgecik sayısı çok fazlaysa, bu iki bölge büyük ihtimalle farklı bölümlere aittir. Dolayısıyla bu iki bölgeyi birleştirme.

iii-Eğer sınırdaki imgecik sayısı çok fazlaysa, bu iki bölge büyük ihtimalle aynı bölüme aittir. Dolayısıyla bu iki bölgeyi birleştir.

3. Deneysel Sonuçları

RSST algoritmasını ve önerdiğimiz algoritmayı C++ dilinde gerçekleştirilmiştir. 2.42 GHz merkez işlem birimine sahip bir bilgisayarda, 176x144’lük gri ölçekli bir imgenin RSST algoritmasına göre işleme zamanını 3.6 dakika, önerdiğimiz algoritmaya göre işleme zamanını 4.8 dakika olarak tespit ettik. Bu sonuçlar, her iki algoritmanın da gerçekleştirilmesinde herhangi bir eniyilemeye gidilmeksizin elde edilmiştir. Aradaki fark, RSST algoritmasına göre önerdiğimiz algoritmada daha karmaşık bir uzaklık ölçütünün kullanımından kaynaklanmaktadır.

İlk olarak, bölüt sayısına göre önerilen yöntemin evrimi tek bir deneysel imgesi üzerinden gösterilmektedir. Ardından,



Şekil 3: Farklı sayıda bölgeler için örnek bölütleme sonuçları: (a) öz imge, (b, c, d, e, f) öz imgenin önerilen yöntem ile sırasıyla 2, 10, 20, 30, 100 bölgeye bölütlenmiş hali.

RSST ile önerilen yöntemin bölütleme sonuçları üç deney imgesi üzerinden karşılaştırılmaktadır.

Şekil 3'te öz imge, Elaine, önerilen yönteme göre değişik sayıda bölütlere ayrılmıştır. Sonuçlardan da görüldüğü gibi imgenin az sayıda bölütlere ayrıldığı durumlarda, nesne sınırları başarılı bir şekilde korunurken, bölüt sayısının fazla olduğu durumlarda sahte sınırlar oluşmuştur.

Şekil 4'te farklı imgeler RSST algoritmasına ve önerilen yönteme göre bölütlere ayrılmıştır. Şekil 4-(a1)'deki öz imge, Elaine, RSST algoritmasına göre ve önerilen yönteme göre ikiye bölütlenmiş, sonuçlar sırasıyla Şekil 4-(b1) ve Şekil 4-(c1)'de gösterilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi RSST algoritması imgedeki önplan ile arkaplanı birleştirmiştir çünkü bölütleme sadece imgedeki ortalama kontrast değerine göre yapılmaktadır. Halbuki önerdiğimiz yöntem bölgesel bilgiye ilaveten sınırsal bilgiyi de kullandığı için Elaine'in sol sınırını arkaplandan ayırt edebilmiştir. Şekil 4-(a2) de verilen öz imgenin bölütleme sonuçlarına bakıldığında, yine önerdiğimiz yöntem RSST'ye nazaran önplandaki nesneyi daha iyi yakalamıştır. RSST saatin sol tarafını arka plan ile birleştirirken, önerilen yöntem ile saatin sınırları başarıyla korunmuştur. Şekil 4-(a3)'de verilen imge ise önerdiğimiz yöntemin RSST ile olan farkını vurgulamak için hazırlanmış yapay bir imgedir. Şekil 4-(b3) ve 4-(c3)'de görüldüğü gibi, önerdiğimiz yöntem öz imgedeki ağacı bulabilirken, RSST öz imgeye göre anlamsız sonuçlar vermiştir.

4. Sonuçlar

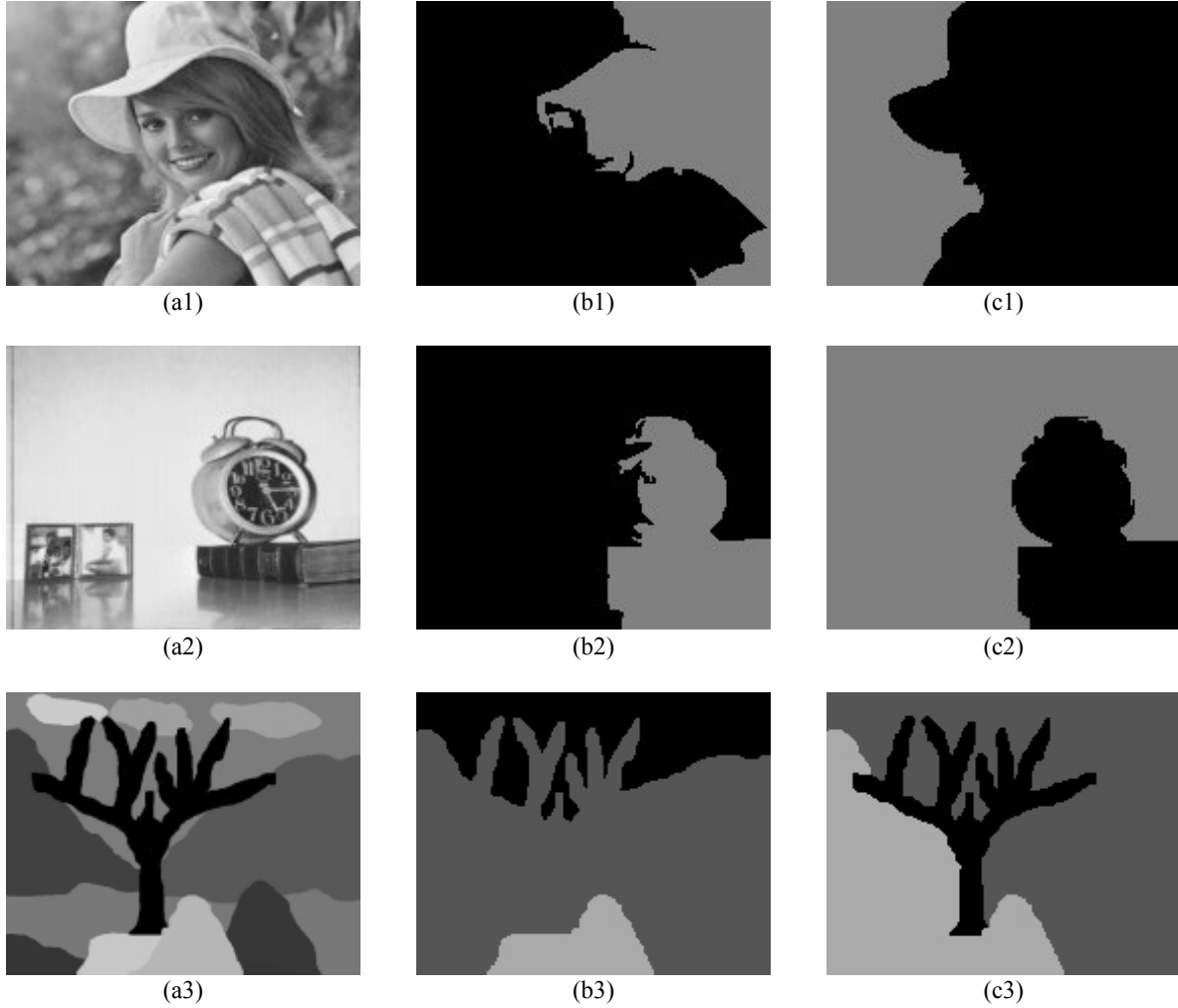
Bu çalışmada, imge bölütlemeye hem RSST algoritmasını kullanıp hem de bölgesel ve sınırsal özelliklerden aynı anda faydalanabilen bir yöntem önerilmiştir. Yöntemimizin özgünlüğü, RSST algoritmasındaki uzaklık ölçütü üzerinde yapılan değişiklikle, birbirini tamamlayan sınırsal ve bölgesel bilginin aynı anda imge bölütleme işleminde kullanımınıdır. Ayrıca, yaptığımız değişiklik ile RSST algoritmasının

yapısını bozmadığımızdan dolayı, önerdiğimiz algoritma halen kolayca gerçekleştirilebilir. Deney sonuçlarında görüldüğü gibi, önerdiğimiz algoritma bölgesel bilginin yanında sınırsal bilgileri de kullandığından dolayı alışlagelmiş RSST algoritmasına göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Yine de, imgenin önerdiğimiz algoritma ile yüksek sayıda bölütlere ayrıldığı durumlarda gerçekte olmayan sınırların oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca, imgenin önerdiğimiz yönteme göre işleme zamanı RSST'ye göre daha fazladır.

Önerdiğimiz yöntem gösteriyor ki, imgenin az sayıda bölütlere ayrıldığı durumlarda, imge işleme zamanının daha fazla olmasına rağmen, bölgesel bilginin yanında sınırsal bilginin de kullanımını sadece bölgesel bilgiye dayalı bölütlemeye göre daha iyi sonuçlar vermektedir.

5. Kaynakça

- [1] N. R. Pal and S. K. Pal, "A review on image segmentation techniques," in *Pattern Recognition*, pp. 1277-1294, 1993.
- [2] J. Freixenet, "Yet Another Survey on Image Segmentation: Region and Boundary Information Integration," in *Proc. ECCV 2002: 7th European Conference on Computer Vision*, Copenhagen, Denmark, May 28-31, 2002, pp 408-422.
- [3] O. J. Morris M. de J. Lee and A. G. Constantinides, "Graph theory for image analysis: An Approach based on the shortest spanning tree.," *proc. IEE*, 133 Part F:146:152, Apr. 1986.
- [4] S. H. Kwok and A. G. Constantinides, "A fast recursive shortest spanning tree for image segmentation and edge detection," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 6, no. 2, pp. 328-332, Feb. 1997.



Şekil 4: Önerilen yöntemin RSST algoritması ile karşılaştırılması: (a1, a2, a3) öz imgeler, (b1,b2,b3) RSST algoritmasının sonuçları, (c1,c2,c3) önerilen yöntemin sonuçları.

- [5] X. Munoz, "Strategies for image segmentation combining region and boundary information," in *Pattern Recognition Letters*, vol. 24, pp. 375-392, 2003.
- [6] J. Le Moigne and J. C. Tilton, "Refining image segmentation by integration of edge and region data," in *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 33, pp. 605-615, May 1995.
- [7] E. Saber, A. M. Tekalp, G. Bozdagi, "Fusion of color and edge information for improved segmentation and edge linking," in *Proc. IEEE ICASSP 96*, Atlanta, GA, May 1996, pp. 2176-2179.
- [8] Chen-Chau Chu and J. K. Aggarwal. "The Integration of region and edge based segmentation," in *Proc. 3rd International Conference of Computer Vision*, Osaka, Japan, Dec. 4-7, 1990, pp. 117-120.
- [9] E. Esen and L. Onural, "Supervised Segmentation for Video Applications", *Proc. of 16th International Symposium on Computer and Information Sciences*, Nov.5-7, 2001, Antalya Turkey, pp.576-583
- [10] T. Pavlidis and Y.-T. Liow, "Integrating region growing and edge detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 12, pp.225-233, Mar. 1990.
- [11] J. Haddon and J. Boyce, "Image segmentation by unifying region and boundary information," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 12, 929-948, 1990.
- [12] Z. Yongqin and A. G. Constantinides, "Perceptual saliency weighted segmentation algorithm," in *7th Int. Conf. Image Processing and Its Applications*, 1999, pp. 562-566.