

ÖLÇEK UZAYI GÖSTERİLİMİNE DAYALI RENK VE ŞEKİL TABANLI İNDEKSLER

Binnur Kurt, Muhittin Gökmen
İstanbul Teknik Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Maslak 80626, İstanbul
{kurt,gokmen}@cs.itu.edu.tr

Özetçe

İmge ve video veritabanlarının performansı indeksleme başarımları ile doğrudan ilgilidir. Önerilen indeksleme yöntemleri çoğunlukla imge ya da video çerçevelerine ait renk, şekil ve doku gibi alt düzeyli özniteliklere dayanmaktadır. Bu çalışmada, ölçek uzayı analizi ile mevcut indekslerden daha zengin ve tutarlı indeks değerlerinin elde edilebileceğini gösterdik. İmgenin ölçek-uzayındaki davranışından yararlanılarak renk ve şekil tabanlı bir indeks üretildi. Geliştirilen sorgulama sistemi sadece renk, sadece şekil ve karma sorgulamaların yapılabilmesine olanak vermektedir. Deneysel sonuçlar, tanıtılan yeni özniteliklerin imgelerin indeksleme amaçlı gösteriliminde salt renk ya da salt şekil tabanlı yöntemlere göre daha zengin olduğunu ve histogram kullanılarak indekslenemeyen imgelerin tanıtılan öznitelik kullanılarak başarıyla indekslenebildiğini göstermiştir. Ayrıca birbirinin benzeri imgeler için de diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

1. Giriş

Son yıllarda sayısal depolama ortamlarının kapasitesindeki ve işlemci gücündeki gelişmeler analog ya da sayısal kaynaklı video dizilerinin sayısal ortamlarda depolanması ve işlenmesine olanak sağlamıştır. Depolanan video dizilerine, işlemek ya da taramak amacıyla yeniden hızlı ve etkin bir şekilde erişebilmek için indekslenmeleri gerekmektedir. Bu amaçla görüntü ya da videoların analiz edilmeleri gerekmektedir. Önerilen analiz yöntemleri çoğunlukla imgenin ya da çerçevenin renk, şekil, örüntü gibi alt düzeyli uzamsal özelliklerine dayanmaktadır [1],[2],[3]. Bu çalışmada ölçek uzayı analizi ile mevcut renk ve şekil tabanlı indekslerden daha zengin ve tutarlı indeks değerlerinin elde edilebileceğini gösterdik. Önce renk tabanlı indeks, ardından şekil tabanlı indeks tanıtılacaktır.

Histogram, imge ve video veritabanlarında en çok kullanılan indekslerden biridir. İmgedeki renk düzeyi değişimleri $I(p)$,

$p \in P = \{(x_i, y_j) | i \in \{1, \dots, M\}, j \in \{1, \dots, N\}\}$ ile gösterilsin. Bu durumda normalize edilmiş renk histogramı, $h_k(I), k \in \{0, 1, \dots, L-1\}$,

$$h_k(I) = \frac{1}{|P|} \sum_{p \in P} \delta(I(p) - k)$$
$$\sum_{k=0}^{L-1} h_k(I) = 1 \quad (1)$$

biçiminde tanımlanır. Renk histogramının indeks vektörü olarak kullanılması, içerikleri farklı iki imgenin, renk

histogramlarında farklı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Ancak içerikleri farklı bazı imge çiftleri için histogram dağılımları benzer (ya da tersi) olabilmektedir. Bu durum, renk histogramı hesaplanırken rengin sıklık bilgisi ile beraber uzam bilgisinin kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. Renk histogramı hesaplanırken uzam bilgisinde dikkate alan değişik çözümler sunulmuştur. Renk iltintı diyagramı (Color Correlagram) yönteminde [4], örüntü analizinde kullanılan özyineleme matrisinin oluşturulmasına benzer bir yaklaşımla, öziltintı matrisi oluşturulur. Bu matris bir benek değerinin verilen bir uzaklık içerisinde ne kadar tekrarlandığını saymaktadır. Renk Tutarlılık Vektörü (Color Coherence Vector) yönteminde [5] ise renk uzayında demetler oluşturulur. Bu demetlerin imge üzerinde oluşturduğu öbeklerden yararlanılarak klasik renk histogramının her bir gözü tutarlı ve tutarsız olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

Bir imgenin içeriğini betimleyen özniteliklerden bir diğeri şekildir. Özellikle renk önbilgisinin olmadığı ya da benzer renk dağılımına sahip imgelerde şekil ayırt ediciliği sağlamaktadır. Görüntü indekslemede şekil tabanlı gösterimde kullanılan yöntemlerden biri imgenin ayırt haritasında yer alan ayrıtların doğrultu histogramıdır. Renk ve şekil bilgilerini birlikte kullanan Jain'in çalışmasında [7] renk histogramı ve ayrıtların doğrultu histogramı kullanılmıştır. Çalışmada, yöntemin özellikle marka imgeleri üzerinde başarılı sonuçlar verdiği rapor edilmiştir. [8]'de şekil tabanlı indeks olarak doğrultu histogramı incelenmiştir. Doğrultu histogramı, ölçek-uzayında farklı ayrıntı seviyelerine taşınarak, gürültü ve yapısal bozulmaların etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada imgenin ölçek-uzayı davranışından yararlanarak renk ve şekil tabanlı indeks vektörleri geliştirilmiştir. İkinci bölümde ölçek-uzayı analizi tanıtılacaktır. Bu bölümde ayrıca renk ve şekil tabanlı indekslerin çıkarımı yer almaktadır. Üçüncü bölümde ise renge ve şekile dayalı sorgulamaya olanak sağlayan sistem tanıtılmaktadır. Dördüncü bölümde deneysel sonuçlar verilmiştir.

2. Ölçek Uzayı Analizi

$\lambda\tau$ -uzayı gösterimi ([8],[9]) ölçek-uzayı analizinde [10] kullanılan gösterimlerden biridir. Bir imgenin $\lambda\tau$ -uzayı gösterimi, imgenin, $I(p)$, $R_{\lambda,\tau}(p)$ süzgeci ile evrişim toplamının hesaplanması yolu ile elde edilir:

$$I'_{\lambda,\tau}(p) = T(I(p)) = \sum_{q \in P} I(q) R_{\lambda,\tau}(p - q) \quad (2)$$

İmgenin $\lambda\tau$ -uzayı izdüşümünün histogramı (1) ile verilen tanımından

$$h_k(I'_{\lambda,\tau}) = \sum_{p \in P} \delta(I'_{\lambda,\tau}(p) - k) \\ = \sum_{p \in P} \delta \left(\sum_{q \in P} I(q) R_{\lambda,\tau}(p - q) - k \right) \quad (3)$$

biçiminde hesaplanır.

Farklı beneklerde yer alan, ancak değerleri aynı renk bileşenleri, (1) ile hesaplanan histogramın, aynı noktasına katkıda bulunur. Benzer durum imgenin $\lambda\tau$ -uzayı izdüşümü için hesaplanan histogramda geçerli değildir. Örneğin $p_1 \neq p_2$ için $s = I(p_1) = I(p_2)$ olsun. Bu durumda p_1 ve p_2 noktaları, (1) ile hesaplanan histogramda ($h_k(I)$) aynı noktaya (s) katkıda bulunacaktır. Ancak p_1 ve p_2 noktaları, (3) ile hesaplanan yeni histogramda ($h_k(I'_{\lambda,\tau})$) aynı noktaya katkıda bulunmak zorunda değildir:

$$s'_1 = I'_{\lambda,\tau}(p_1) = T(I(p_1)) \\ s'_2 = I'_{\lambda,\tau}(p_2) = T(I(p_2)) \quad (4)$$

s'_1 ve s'_2 , imgenin p_1 ve p_2 noktalarındaki yerel benek dağılımına bağlı olarak farklı olabilir.

2.1. Renk Tabanlı İndeks

Yukarıdaki analize bağlı olarak benek değerlerinin uzamsal dağılımını da gözetken yeni bir öznitelik tanımlıyoruz:

$$\Phi_{\lambda,\tau}^c(m, n) = \sum_{p \in P} \delta(I(p) - m) \cdot \delta(I'_{\lambda,\tau}(p) - n) \quad (5)$$

(3) ile verilen $h_k(I'_{\lambda,\tau})$ histogramı, $\Phi_{\lambda,\tau}^c(m, n)$ özniteliğinden kolaylıkla elde edilebilir:

$$h_k(I) = \sum_m \Phi_{\lambda,\tau}^c(k, m) \\ h_k(I'_{\lambda,\tau}) = \sum_m \Phi_{\lambda,\tau}^c(m, k) \quad (6)$$

Tanımlanan özniteliğin özellikleri ve başarımı [11]'de ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.2. Şekil Tabanlı İndeks

Yukarıda tanımlanan ölçek-uzayı analizine dayalı yaklaşım, şekil-tabanlı bir öznitelik çıkarımı için de kullanılmıştır. Bu amaçla ayrıt ve doğrultu bilgisinden yararlanılmıştır. Şekil tabanlı indekslerden biri imgeye ait ayrıtların ($E(p)$) doğrultu histogramıdır. Doğrultu histogramı ($\phi_h(k)$)

$$\phi_h(k) = \frac{1}{C} \sum_{p \in P} E(p) \delta(\theta(p) - \theta_k) \\ C = \sum_{p \in P} E(p) \quad (7) \\ \theta_k \in \left\{ \theta_i \mid \theta_i = \frac{2\pi}{A} i; i = 0, 1, \dots, A-1 \right\} \\ E(p) = \begin{cases} 1 & ; \quad p \text{ ayrıt üzerinde} \\ 0 & ; \quad \text{aksi halde} \end{cases}$$

biçiminde tanımlanmaktadır. Burada $\theta(p)$, özgün imgeye ait ayrıtların doğrultusunu göstermektedir. İmgenin $\lambda\tau$ -uzayı izdüşümüne ait ayrıt haritası $E_{\lambda,\tau}(p)$ ile gösterilsin. Buna göre ölçek-uzayı gösteriminden yararlanılarak elde edilen şekil tabanlı yeni öznitelik, $\Phi_{\lambda,\tau}^s(u, v)$,

$$\Phi_{\lambda,\tau}^s(u, v) = \sum_{p \in P} \left[(E(p) \delta(\theta(p) - u)) \right. \\ \left. (E_{\lambda,\tau}(p) \delta(\theta_{\lambda,\tau}(p) - v)) \right] \quad (8)$$

şeklinde gösterilebilir. Burada, $\theta(p)$ özgün imgeye ait ayrıtların doğrultusunu ve benzer şekilde, $\theta_{\lambda,\tau}(p)$ ise $\lambda\tau$ -uzayına iz düşürülmüş imgeye ait ayrıtların doğrultusunu göstermektedir.

3. Renk ve Şekil Tabanlı Sorgulama

İmgeleri veritabanından etkili ve hızlı bir şekilde çekebilmek için indeks değerlerinin az sayıda bitle temsil edilmesi ve bu indeks vektörleri arasında bir uzaklık ölçütünün tanımlanması gerekir. Bu bölümde, sırasıyla indeks vektörleri için kompakt bir gösterim ve uzaklık ölçütü tanıtılacaktır.

3.1. Kompakt Gösterim

Yukarıda tanıtılan $\Phi_{\lambda,\tau}^c(m, n)$ histogramının imge ve video veritabanlarında verimli kullanılabilmesi amacıyla kompakt bir gösterim elde edilmiştir. Burada önce imge için ikili ayrıştırma [12] kullanılarak vektör nicemleme yapılmaktadır. Vektör nicemlemede amaç benek değerlerini önceden belirlenmiş S adet örtüşmeyen öbek kümelerine ayrıştırmaktır. İkili ağaç yaklaşımında bu öbekler ağacın düğümleri ile temsil edilmektedir. Bir ebeveyn düğümün bölünüp bölünmeyeceğine ve ağacın kaç düğümden oluşacağı nicemleme hatasına dayalı olarak belirlenmektedir. Nicemleme hatası

$$E = \sum_{n \in Q} \sum_{s \in C_n} \|I_s - q_n\|^2 \quad (9)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Öbeklere ait üç istatistik kullanılmaktadır:

$$R_n = \sum_{s \in C_n} I_s I_s^T \\ m_n = \sum_{s \in C_n} I_s \quad (8) \\ K_n = |C_n|$$

Öbek merkezi (q_n) nicemleme hatasını (E) en aza indireyecek değer olarak seçilmektedir:

$$q_n = \frac{m_n}{K_n} \quad (9)$$

Öbek ortak değişinti matrisi ise

$$\tilde{R}_n = R_n - \frac{1}{K_n} m_n m_n^T \quad (10)$$

olarak hesaplanmaktadır. Bir düğüm (q_n) bir kez iki alt düğüme bölünmesine karar verildiğinde iki yeni nicem seviyesi (q_{2n}, q_{2n+1}) belirlenir. Bu iki öbek bir düzlem ile ayrılmaktadır. Bu düzlem, e ,

$$\sum_{s \in C_n} ((I_s - q_n)^T e)^2 = e^T \tilde{R}_n e \quad (11)$$

ifadesini en iyileyecek şekilde belirlenir. Bu durumda C_n sınıfına ait benekler C_{2n} ya da C_{2n+1} sınıfına atanacaklardır:

$$C_{2n} = \{s \in C_{2n} : e_n^T I_s \leq e_n^T q_n\} \quad (12)$$

$$C_{2n+1} = \{s \in C_{2n} : e_n^T I_s > e_n^T q_n\}$$

Böylelikle imge renk öbeklerine ayrıştırılarak her bir öbek bir renk vektörü ile temsil edilir. Bu durumda $\Phi_{\lambda,\tau}^c(m, n)$ histogramı bir matris ile değil bir ikili ağaç ile gösterilir. Ağaçtaki düğümler öbekleri ve her bir öbekteki benek sayısını göstermektedir.

3.2. Renk ve Şekil Tabanlı İndekslerin Birleştirilmesi

Bu renk ve şekil tabanlı özneliliklerin beraber kullanıldığı birleştirilmiş indeks, $\Phi_{\lambda,\tau}$,

$$\Phi_{\lambda,\tau} = [\Phi_{\lambda,\tau}^c | \Phi_{\lambda,\tau}^s] \quad (9)$$

biçiminde olacaktır. İki imge (I ve J) arasındaki renk ve şekil benzerliği, imgelere ait indeksler ($\Phi_{\lambda,\tau}(I)$ ve $\Phi_{\lambda,\tau}(J)$) arasındaki uzaklık ($D(I, J)$) olarak hesaplanmaktadır:

$$D(I, J) = \|\Phi_{\lambda,\tau}(I) - \Phi_{\lambda,\tau}(J)\|$$

$$= w_c \|\Phi_{\lambda,\tau}^c(I) - \Phi_{\lambda,\tau}^c(J)\| + w_s \|\Phi_{\lambda,\tau}^s(I) - \Phi_{\lambda,\tau}^s(J)\| \quad (10)$$

$$w_c + w_s = 1$$

Sadece renk benzerliğine dayalı bir sorgulama yapılmak istendiğinde $w_c = 1$ olurken, sadece şekil benzerliğine dayalı bir sorgulamada ise $w_s = 1$ olmaktadır.

4. Deneysel Sonuçlar

Önerilen yöntemin başarımı 84 renkli imge çiftinin yer aldığı bir imge veritabanı üzerinde incelenmiştir (Şekil-1). İmge çiftleri farklı açılarda, uzaklıklarda ve zamanlarda elde edilmiş, içerikleri benzer imgelerdir. İlk olarak bu imge çiftleri Şekil.2’de verilen sistemle farklı (λ, τ) değerleri için indekslenmiş ve indeks vektörleri veritabanında depolanmıştır. Geliştirilen bir arayüz ile kullanıcının renge ve şekile dayalı olarak sorgulama yapması sağlanmıştır (Şekil.3).

Veritabanındaki her bir imge için salt renge dayalı, salt şekile dayalı ve karma sorgulamalar yapılmıştır. Sorgulama sonucunda hesaplanan uzaklık ölçütüne göre en küçüktен en büyüğe doğru sıralanan imgeler listelenmiştir. İmge veritabanında her imgenin en az bir çifti yer almaktadır. Veritabanındaki her bir imge için kesin referans sorgu sonuçları oluşturulmuştur. Başarım hesabında sorgulanan imgeye en yakın üç imge ele alınmıştır. Şekil.3’de bir sorgulama sonucu sıralanan sonuçlar verilmiştir. Eğer sorgulanan imgenin veritabanındaki çifti birinci sırada bulunmuşsa 4, ikinci sırada bulunmuşsa 2 ve üçüncü sırada bulunmuşsa 1 değeri verilir. Başarım bu değerlerin toplamının en yüksek puana oranlanması ile elde edilir. Buna göre hesaplanan başarım oranları Tablo.1’de verilmiştir.

Tablo.1 Yöntemin test imge veritabanındaki başarımı.

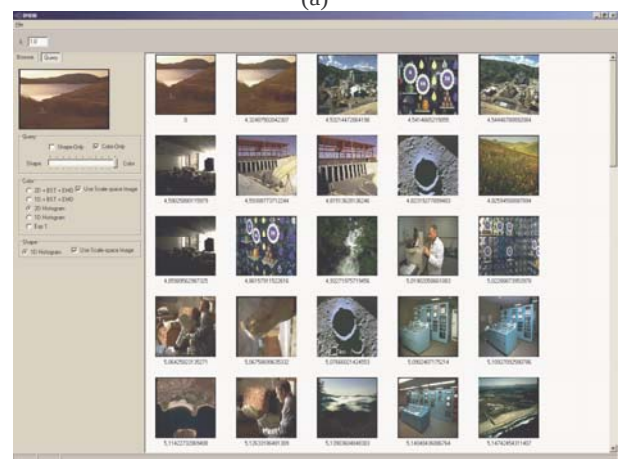
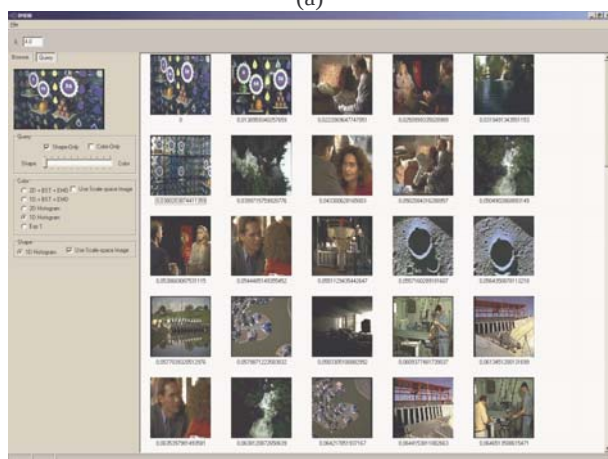
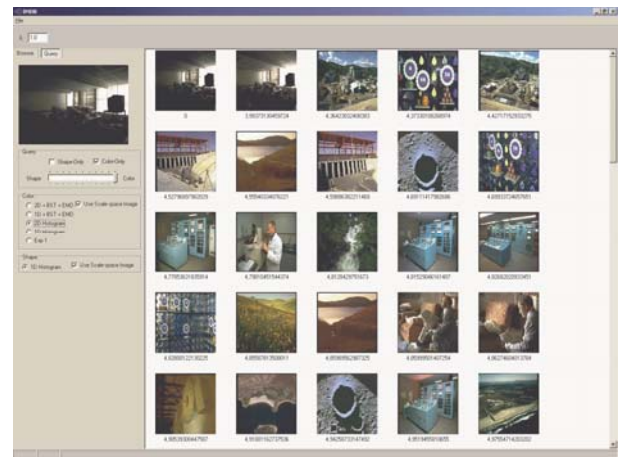
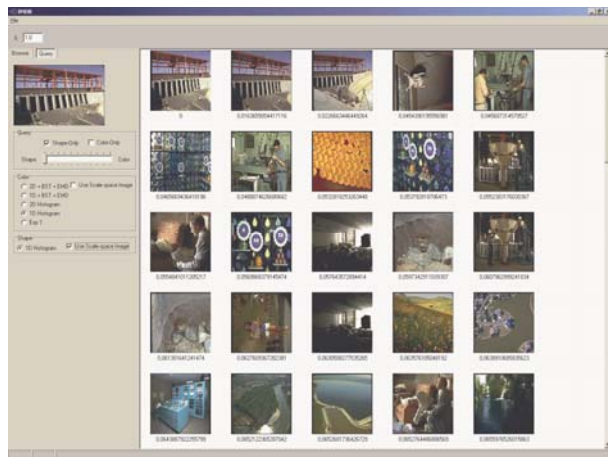
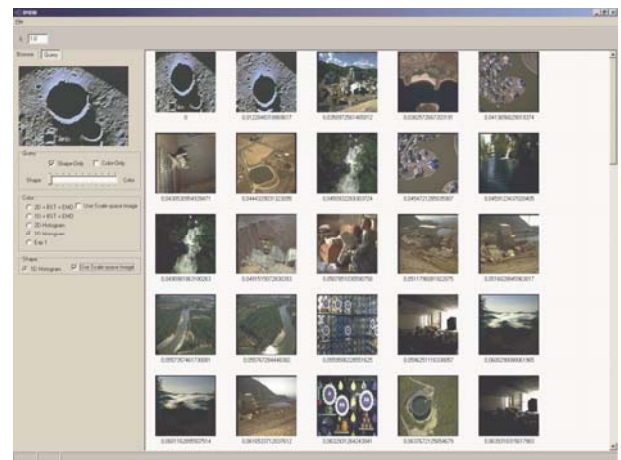
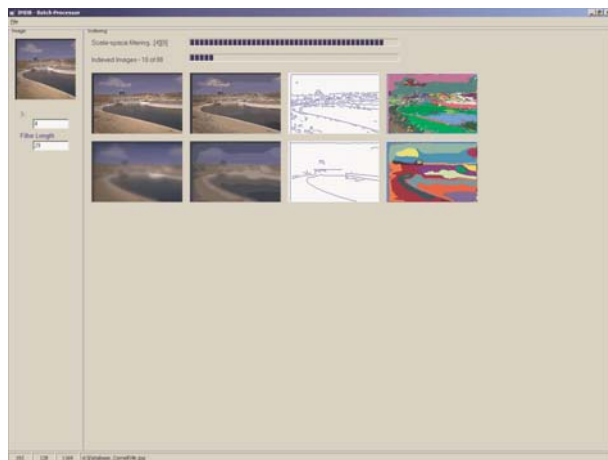
Başarım	Salt Şekil	Karma	Salt Renk
Yüzde	87%	95%	92%

5. Çıkarımlar

Bu çalışmada imgenin ölçek-uzay davranışından yararlanarak renk ve şekil tabanlı indeks vektörleri geliştirilmiştir. Geliştirilen sorgulama sistemi ile sadece renk, sadece şekil ve karma sorgulamaların yapılabilmesine olanak vermektedir. Tanıtılan yeni öznelilikler imgelerin indekisleme amaçlı gösteriliminde salt renk yada salt şekil tabanlı yöntemlere göre daha başarıyla indekslenebilmektedir.

6. Kaynakça

- [1] Y. Rui, T.S. Huang, S. Chang, “Image Retrieval: Past, Present, and Future,” Visual Communication and Image Representation, vol.10, sayfa 1-23, 1999.
- [2] A. Pentland, R.W. Picard, S. Sclaroff, “Photobook: Tools for content-based manipulation of image database,” Storage and Retrieval for Image and Videodatabase II, vol. 2185, sayfa 34-47, 1994.
- [3] B. S. Manjunath, W. Y. Ma, "Texture features for browsing and retrieval of image data," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18(8), sayfa 837-842, 1996.
- [4] J. Huang, S.R. Kumar, M. Mitra, W.Zhu, R. Zabih, “Image Indexing Using Color Correlograms,” Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, sayfa 762-768, San Juan, Puerto Rico, June 1997.
- [5] G. Pass, R. Zabih, “Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval,” 3rd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV’96), sayfa 96-103, 1996.
- [6] Anil K. Jain, A. Vailaya, “Image Retrieval using Color and Shape,” Pattern Recognition Journal, vol.29, sayfa 1233-1244, 1996.
- [7] G. Iannizzotto, L. Vita, “A Multiscale Turning Angle Representation of Object Shapes for Image Retrieval,” Visual 99, sayfa 609-616, Amsterdam, The Netherlands, June 1999.
- [8] B. Kurt, M. Gökmen, “Two Dimensional Generalized Edge Detector,” IEEE Proceedings of Int. Conf. on Image Analysis and Processing, ICIAP’99, sayfa 302-307, İtalya.
- [9] B. Kurt, M. Gökmen, “Yinelemeli ve Uyarlanı Ayrıt Saptayıcı Süzgeçleri,” 9. Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, SIU’2001, sayfa 410-415, Gazi Magusa, KKTC, 25-27 Nisan 2001.
- [10] A.P. Witkin, "Scale-space filtering," International Joint Conference on Artificial Intelligence, Vol.2, sayfa 1019-1022, Ağustos, 1983.
- [11] B. Kurt, M. Gökmen, “İmge ve Videoların İndeksleme Amaçlı Ölçek Uzay Analizi,” 10. Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, SIU’2002, sayfa 335-340, Pamukkale, 2002.
- [12] M. Orchard, C. Bouman, “Color Quantization of Images,” IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 39, no. 12, sayfa 2677-2690, 1991.



Şekil-3 Salt şekil tabanlı sorgulama.

Şekil-4 Salt renk tabanlı sorgulama.