

AYRITA DAYALI ETKİN BİR GÖRÜNTÜ GÖSTERİMİ

Binnur KURT, Tahsin DEMİRAL, Muhittin GÖKMEN

İstanbul Teknik Üniversitesi,
Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
kurt@cs.itu.edu.tr, demiral@cs.itu.edu.tr, gokmen@cs.itu.edu.tr

ÖZETÇE. Bu çalışmada, düzenleme kuramı çerçevesinde çevrit boyunca, normal doğrultudaki benek değerlerindeki değişimin, ortalama karesel hata anlamında en iyi örneklenmesini sağlayan özgün bir yöntem sunulmaktadır. Ayrıt-tabanlı yada bölge-tabanlı görüntü kodlama yöntemlerinde, kurulan görüntünün kalitesi, çevritlerdeki ve çevrite normal doğrultudaki yoğunluk fonksiyonunun etkin bir şekilde modellenmesi ve kodlanmasına bağlıdır ([1],[2],[3]). Geliştirilen yöntemde görüntüden ayrıtların ve ayrıtlardaki benek değerlerindeki değişimin elde edilmesinde düzenleme kuramından yararlanılmıştır. Ayrıtlar Genelleştirilmiş Ayrıt Saptayıcı (GAS) ([4]) kullanılarak elde edilmekte ve ayrıt noktası civarındaki değişim Kırkayak Modeli [3] ile modellenmektedir. Düzenleme ile kırkayak model parametrelerinden ayrıt kesiti tekrar elde edilmektedir. Optimal model parametresi, kurulan ayrıt kesiti ile özgün ayrıt kesiti arasındaki ortalama karesel hatayı en aza indiren parametredir. Burada bu optimal model parametrelerinin hesaplanması için geliştirilen yöntem tanıtılacaktır. Geliştirilen gösterimin başarımlı deneysel sonuçlarla gösterilmiştir.

1 Giriş

Yüzeylerdeki süreksizliklere karşı gelen ayrıtlar ([5],[6]), yüzeylerin yaklaşık düzgün dağıldıkları bölgeler ([7],[8]), tepe ve vadiler ([9],[10]) ile birlikte bir görüntüyü en anlamlı şekilde temsil eden özelliklerdir. Bu nedenle bu özellikler bilgisayarla görü uygulamalarının temelini oluşturmaktadır [11]. Ayrıca, bu özelliklerin seyrek yapıya sahip olmaları, sıkıştırma amacıyla kullanılmalarına neden olmuştur [12]. Model-tabanlı görüntü kodlama teknikleri, genel olarak, görüntüye ait bu özelliklerin tamamını yada bir kısmını kullanır ve görüntüyü bu özellikler cinsinden ifade etmeye çalışırlar. Model-tabanlı kodlama yöntemleri iki temel işlemden oluşur :

- İlgili özelliğin verilen görüntüde saptanması ve bu özellik civarındaki değişimin modellenmesi ,
- Model parametreleri verildiğinde özgün görüntüye yakın bir görüntünün oluşturulması.

Bu çalışmada, önceki çalışmaların aksine, yukarıda verilen işlemi tek bir model altında birleştiren ayrıt-tabanlı bir görüntü gösterimi elde edilmiştir ve bu amaçla Kırkayak modelinden ([3]) yararlanılmıştır. Kırkayak modelinde her bağlı ayrıt parçası ve parça boyunca benek değerlerindeki değişim, Kırkayak Modeli adı verilen bir modelle tanımlanır.

Kırkayağın ayak uzunlukları parça boyunca değişken olabildiği gibi sağ ve sol ayaklarının uzunlukları da farklı olabilir. Kırkayak modeli altı parametreden oluşmaktadır. Bu parametreler ayrıt parçası üzerine yerleştirildikten sonra, benek değerlerindeki değişim, bu parametreler tarafından modellenir. Şekil-1(a)'da özgün Ev görüntüsü üzerine bindirilmiş Kırkayak modeli verilmiştir. Şekil-1(b)'de, bir ayrıt parçası ve (c)'de bu parça üzerinden normal doğrultuda alınmış ayrıt kesiti verilmektedir. Kırkayağın yerleşkesi parametrik olarak $V(s) = (x(s), y(s))$ şeklinde gösterilecek olursa model bir altılı $(V(s), I(s), C_L(s), C_R(s), W_L(s), W_R(s))$ ile aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$\begin{aligned}
W_L(s) &= |V(s) - V_L(s)| \\
W_R(s) &= |V(s) - V_R(s)| \\
C_L(s) &= I(V_L(s)) - I(V(s)) \\
C_R(s) &= I(V_R(s)) - I(V(s))
\end{aligned} \tag{1}$$

Model ayırıt parçalarının geometrisini $V(s)$, ayırıt üzerindeki benek değerini $I(s)$, ayırıtın ölçeği ile orantılı sağ ve sol ayakların uzunluklarını ($W_L(s)$, $W_R(s)$) ve ayırıt parçası boyunca normal doğrultudaki kontrast bilgisini ($C_L(s)$, $C_R(s)$) içermektedir. Ayak uzunlukları $W_L(s)$ ve $W_R(s)$, ayırıtın ölçeğine karşı düşmektedir. Modelden özgün görüntünün bir yaklaşığı, enerji fonksiyonelinin

$$\begin{aligned}
E(f; \lambda, \tau) &= \int \int_{\mathbf{R}^2} \beta(x, y) (f(x, y) - d(x, y))^2 \\
&\quad + \lambda(1 - \tau(x, y))(f_x^2(x, y) + f_y^2(x, y)) \\
&\quad + \lambda\tau(x, y)(f_{xx}^2(x, y) + 2f_{xy}^2(x, y) + f_{yy}^2(x, y)) \, dx \, dy
\end{aligned} \tag{2}$$

en aza indirgenmesiyle elde edilmektedir.

İkinci bölümde kırkayak model parametrelerinin eniyi olarak elde edilmesine ilişkin bir yöntem tanıtılmakta, üçüncü bölümde ise deneysel sonuçlar verilmektedir.

2 Ayırıt Kesitlerinin Modellenmesi

Ayrıt kesiti modeli olarak kırkayak modelinden yararlanılmıştır. Burada giriş bölümünde kısaca tanıtılan kırkayak modelindeki optimal $V_R(s)$ ve $V_L(s)$ parametrelerinin bulunmasına ilişkin bir yöntem tanıtılacaktır. Basitlik açısından $V_R(s)$ ve $V_L(s)$ parametrelerini sırasıyla x_1 ve x_2 ile ve ayırıt noktasını x_0 ile temsil edelim. Ayrıca bu noktalardaki benek değerlerini, sırasıyla, y_1 , y_2 ve y_0 ile gösterelim. $\{y_i\}_{i=0,1,2}$ verildiğinde ayırıt kesiti

$$E(f, \lambda, \boldsymbol{\tau}) = \sum_{i=0}^2 (f(x_i) - y_i)^2 + \lambda \int_{\mathcal{N}} \sum_{k=1}^m \tau_i (D^k f)^2 d\mathcal{N} \tag{3}$$

fonksiyonelinin çözümü olarak elde edilmeye çalışılır. Burada $\mathcal{N}$, $V(s)$ noktasındaki normalin doğrultusundaki eksen göstermektedir. Buna göre (3) ifadesindeki k . mertebeden türev, $D^k(\cdot)$, operatörü $\mathcal{N}$ eksen boyunca hesaplanmaktadır. (3) ile verilen fonksiyonelin çözümü

$$f(x) = \sum_{i=0}^n c_i g(x - x_i) + \phi(x) \tag{4}$$

$$\phi(x) \in \pi_m \tag{5}$$

formunda yazılabilir ([13],[14]). Burada π_m , m . dereceden polinom fonksiyonlarının oluşturduğu fonksiyon uzayı ve $\phi(x) = \sum_{i=0}^m d_i x^i$ fonksiyonu (3) fonksiyonelinin sıfır uzayını göstermektedir. $g(x - x_i)$ fonksiyonları

$$G(s) = \sum_{i=0}^m \tau_i s^{2i} \tag{6}$$

$$G^{-1}(s) = \frac{1}{G(s)} = \frac{1}{\tau_m} \prod_{k=0}^{2m} \frac{1}{s - p_k} \quad (7)$$

$$g(x - x_i) = L^{-1}\{G^{-1}(s)\} \quad (8)$$

olarak tanımlıdır ve düzenleştiricinin çekirdeği olarak adlandırılır. (4) ifadesindeki c ve d katsayıları

$$(\lambda I + G)c + \Gamma d = y \quad (9)$$

$$\Gamma^T c = 0 \quad (10)$$

$$G = (G_{ij}), \quad G_{ij} = g(x_i - x_j)$$

$$\Gamma = (\Gamma_i), \quad \Gamma_i = \phi(x_i)$$

matris denklemlerinden çözülerek elde edilir. Bu çalışmada ikinci dereceden ($m = 2$) bir fonksiyonel kullanılmıştır:

$$E(f) = \sum_{i=0}^n (f(x_i) - y_i)^2 + \lambda \int_{\mathcal{N}} ((1 - \tau) \left(\frac{df}{dx}\right)^2 + \tau \left(\frac{d^2f}{dx^2}\right)^2) d\mathcal{N} \quad (11)$$

Bu durumda $g(x)$ fonksiyonu

$$G^{-1}(s) = \frac{1}{\tau s^4 + (1 - \tau)s^2} \quad (12)$$

$$g(x) = L^{-1}\left\{\frac{1}{\tau s^4 + (1 - \tau)s^2}\right\} \quad (13)$$

$$g(x) = \begin{cases} |x| & ; \tau = 0 \\ \frac{1}{1-\tau} |x| + \frac{1}{\sqrt{\tau(1-\tau)}} \exp(-\sqrt{\frac{1-\tau}{\tau}} |x|) & ; 0 < \tau < 1 \\ |x|^2 & ; \tau = 1 \end{cases} \quad (14)$$

olarak elde edilir. Şekil.1'de τ 'nın aldığı değerlere karşılık gelen üç farklı çekirdek fonksiyonu, $g(x)$, verilmiştir. $(x_i, y_i) \mid_{i=0,1,2}$ verildiğinde, ayırıt kesiti

$$f(x) = c_0 g(|x - x_0|) + c_1 g(|x - x_1|) + c_2 g(|x - x_2|) + c_3 \quad (15)$$

şeklinde dir. Buradaki $\{c_i\}_{i=1}^4$ katsayıları (9) ve (10) matris denklemlerinden çözülür. (15) ifadesindeki x_1 ve x_2 değişkenleri, özgün ayırıt kesiti ile kurulan kesit arasındaki ortalama karesel hatayı

$$OKH = \frac{1}{L+1} \sum_{i=0}^L (f(x_i) - g(x_i))^2 \quad (16)$$

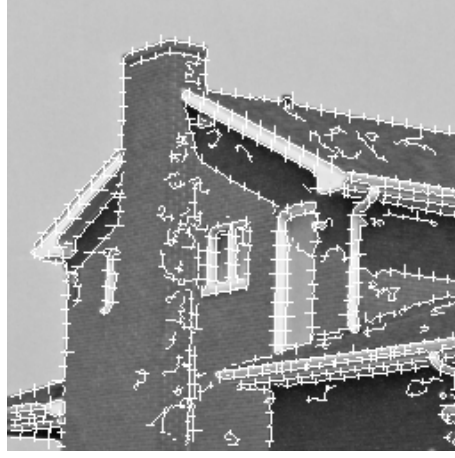
en aza indirgeyecek şekilde belirlenir :

$$(x_1^*, x_2^*) = \arg \min_{x_1, x_2} OKH(f(x_1, x_2), g) \quad (17)$$

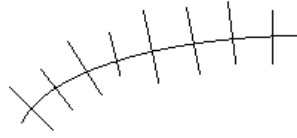
Şekil.2'de farklı iki ayırıt kesiti için elde edilen optimal (x_1^*, x_2^*) çifti verilmektedir.

3 Sonuçlar

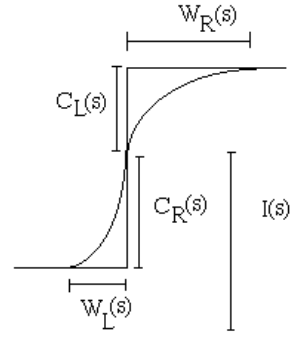
Bu çalışmada ayırıt temelli görüntü gösterilimine ilişkin daha önce tanıtılan kırkayak modelinin [3] parametrelerinin optimal hesabı için bir yöntem geliştirilmiştir. Şekil-4(a)'da dikey eksen boyunca ölçeği sürekli olarak artan bir basamak türünde ayırıtı sahip görüntü verilmiştir. Özgün görüntüden, öncelikle GAS kullanılarak ayırıt parçası çıkarılmıştır (Şekil-4(b)). Şekil-4(c)'de (16) ifadesini en aza indirgeyen optimal $V_L(s), V_R(s)$ çiftleri gösterilmektedir. Şekil-4(d)'de verilen görüntü, (c)'de verilen optimal $V_L(s), V_R(s)$ ile (a)'da verilen özgün görüntünün üst üste örtüştürülmesi ile elde edilmiştir. Elde edilen optimal model parametreleri ile kurulan ayırıt kesitlerinin görüntüsü Şekil-4(e)'de verilmiştir. Sonuçtan da görüldüğü gibi model, ayırıt parçası boyunca oluşan değişimi başarıyla yakalamaktadır.



(a)

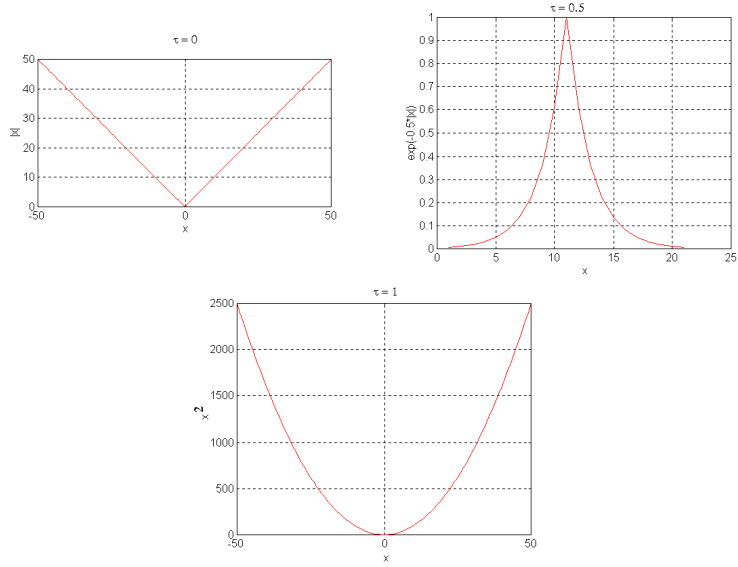


(b)

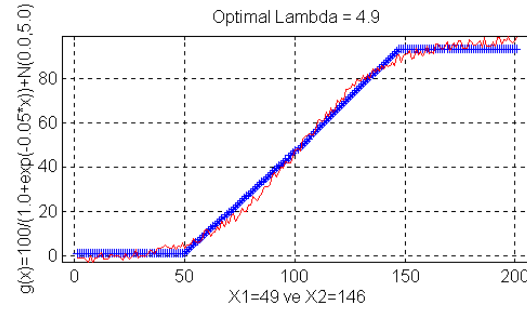


(c)

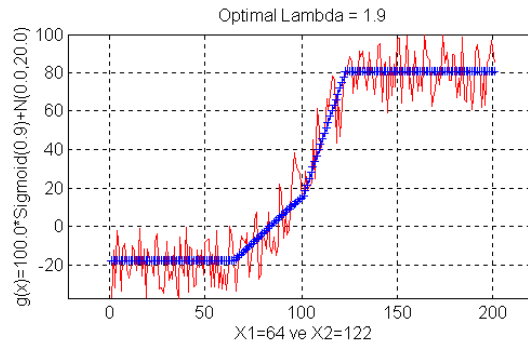
Şekil 1. Kırkayak Modeli (a) Özgün Ev görüntüsü üzerine bindirilmiş Kırkayak Modeli (b) Bir ayırıt parçası (c) Bir ayak üzerindeki bir ayırıt noktasından normal doğrultuda alınmış kesit.



Şekil 2. $\tau = 0, \tau = 0.5$ ve $\tau = 1$ için çekirdek fonksiyonları.



(a)

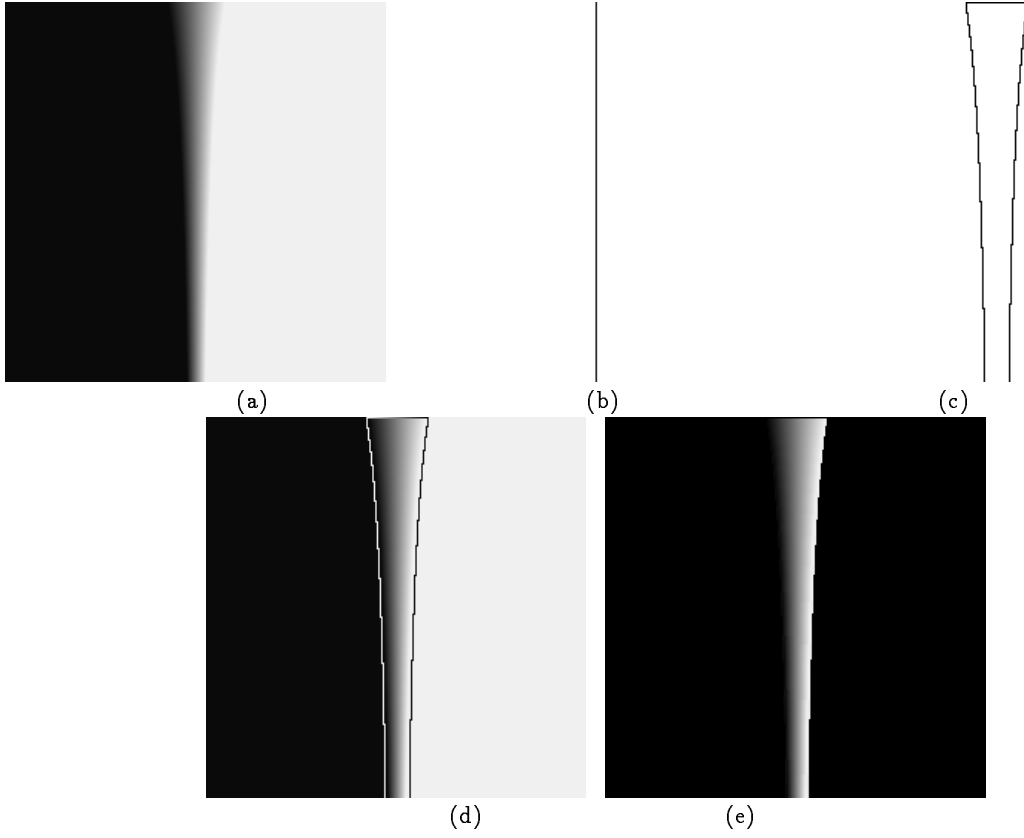


(b)

Şekil 3. (a) Simetrik , (b) Simetrik olmayan ayrıt kesitleri için hesaplanan optimal model parametreleri.

REFERANSLAR

1. M. Kunt, M. Benard, R. Leonardi, "Recent results in high compression image coding," *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, Vol. CAS-34, No. 11, sayfa 1306-1336, Kasım 1987.
2. J.H. Elder, S.W. Zucker, "Scale-space Localization, Blur and Contour-based image coding," *Proceedings of International Conference on Image Processing*, sayfa 1221-1230, 1996.
3. Binnur Kurt, Muhittin Gökmen, A. K. Jain, "Image Compression Based on Centipede Model," *Int. Conf. on Image Analysis and Processing*, Vol. I, sayfa 303-310, Florence, Italy, Eylül 1997.
4. Muhittin Gökmen, A.K. Jain, " $\lambda\tau$ -Space Representation of Images and Generalized Edge Detector," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, sayfa 545-563, Haziran 1997.
5. S. Carlson, "Sketch based coding of gray level images," *Signal Processing*, Vol. 15, sayfa 57-83, 1988.
6. Philippe Salembier, Patrick Brigger, J.R. Casas, M. Pardas, "Morphological Operators for Image and Video Processing," *IEEE Transactions on Image Processing*, Special Issue on Nonlinear Image Processing, Vol. 5, No. 6, sayfa 881-898, Haziran, 1996.
7. M. J. Biggar, O.J. Morris, A.G. Constantinides, "Segmented-image coding : performance comparison with the discrete cosine transform," *IEE Proceedings*, Vol. 135, No.2, sayfa 121-132, Nisan, 1988.



Şekil 4. (a) Özgün test görüntüsü, (b) GAS ile elde edilen ayrıtlar, (c) $V_L(s)$ ve $V_R(s)$ çiftleri, (d) (c)'nin test görüntüsünün üzerine örtüştürülmesi ile oluşan görüntü, (e) Optimal model parametreleri ile kurulan ayrıt kesitleri.

8. H. Sanderson, G. Crebbin, "Region-based image coding using polynomial intensity functions," *IEE Proceedings on Vision and Image Processing*, Vol. 143, No. 1, sayfa 15-23, Şubat, 1996.
9. John A. Rabinson, "Image Coding with Ridge and Valley Primitives," *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 43, No. 6, sayfa 2095-2102, Haziran, 1995.
10. D. Howard Eberly, "Geometric Methods for Analysis of Ridges in N -dimensional Images," *PhD Thesis*, The University of North Carolina at Chapel Hill, 1994.
11. Berthold Klaus, Paul Horn, Robot Vision, *The MIT Electrical Engineering and Computer Sciences Series*, 1986.
12. M. Kunt, A. Ikonopoulou, Micheal Kocher, "Second-generation Image Coding Techniques," *Proceedings of IEEE*, Vol. 73, No. 4, Nisan 1985.
13. G. Wahba, "Splines Models for Observational Data", *Series in Applied Mathematics*, Vol. 59, SIAM, Philadelphia, 1990.
14. Federico Girosi, Micheal Jones, Tomaso Poggio, "Regularization Theory and Neural Networks Architectures", *Neural Computing*, Vol. 7, sayfa 219-269, 1995.