

İmge Renklendirme İçin Karma Bir Yöntem

A Hybrid Method for Image Colorization

Bekir Dizdaroğlu

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
bekir@ktu.edu.tr

Özetçe

Bu bildiri, gri ölçekli imgeleri renklendirmek için karma bir yöntem önerilmiştir. İlk olarak, girdi imgesi ışıklılık kanalından hesaplanan ağırlıklı uzaklık fonksiyonundan etkin bir şekilde elde edilen kademeli renk geçişi tekniğine bağlı hızlı renklendirme yöntemiyle renklendirilmiştir. İkinci olarak, nesne sınırlarındaki renklendirmeyi iyileştirmek için elde edilen sonuca, herhangi bir pikseli renk kanallarındaki komşu piksel değerlerin ağırlıklı bir ortalamasını alarak onaran komşuluk süzgeci yaklaşımı uygulanmıştır. Bazı örnekler ve varolan renklendirme yöntemiyle yapılan karşılaştırmalar, önerilen yöntemin sonuçları etkili bir şekilde iyileştirdiğini göstermektedir.

Abstract

In this paper, a hybrid method is proposed to colorize grayscale images. First, the input image is colorized by the fast colorization method, which is based on the technique of color blending obtained effectively from a weighted distance function computed from the luminance channel. Second, the neighborhood filter approach, which restores a pixel by taking a weighted average of the values of neighboring pixels in chrominance channels, is carried out to the obtained result to improve colorization in object boundaries. A number of examples and comparisons with the existing colorization method show that the proposed method efficiently betters the results.

1. Giriş

Renklendirme, genellikle bilgisayar destekli bir yazılım kullanılarak gri ölçekli imgelere veya filmlere renk ekleme işlemidir. Bu terim, ilk defa 1970 yılında Wilson Markle tarafından siyah beyaz filmleri renklendirme işlemi için uyarlanmışken [1], günümüzde imgeyi yeniden renklendirme ve imge sıkıştırma gibi yaklaşımlar için de kullanılmaktadır. Kullanıcı tarafından resimdeki bölgelerin önbölütlenmesi yapılarak yarı otomatik bir şekilde renklendirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir; fakat tür bu teknikler fazla zaman almakta ve masraflı olmaktadır.

Son zamanlarda elle çok yoğun işlem gerektirmeyen renklendirme yöntemleri geliştirilmiştir. [2]'de referans imgeden renk transferi yapılarak gri ölçekli bir imgenin renklendirilmesi için bir yaklaşım önerilmiştir. Referans imgedeki renk bilgisi, hedef imgeye iki imge arasındaki doku bilgisine ve ışıklılık eşleştirmesine bağlı olarak aktarılmaktadır. Bu yöntem, kullanıcı tarafından belirlenen, doku ve yapı bilgisi bakımından renklendirilecek imgeye benzeyen bir başvuru imgesine gereksinim duymaktadır. [3]'de kullanıcı tarafından detaylı bir bölütleme işlemi

gerektirmeyen bir teknik geliştirilmiştir. Yöntemde, uygun renklerle hedef resim üzerinde çizgisel olarak karalama yapılmakta ve bu renklerin otomatik olarak iletilemesiyle renklendirilecek imgenin üretilmesi sağlanmaktadır. [4]'de, bazı piksellerin değerlerinin önceden belirlendiği renk listesi yardımıyla diğer piksellerin renk bilgileri olasılıksal dengeye dönme yöntemiyle otomatik olarak elde edilmektedir. [5]'deki yöntemde, renk bilgisi gri ölçekli imgedeki gradyan bilgisine bağlı olarak, kullanıcı tarafından karalanmış renkli çizgilerinin kısmi türevsel denklemler yöntemi kullanılarak iletilemesiyle belirlenmektedir. [6]'daki yöntemde ise, yürürlükteki pikselle karalanmış renk çizgisi arasındaki kesel uzaklıkla orantılı olarak elde edilen ağırlıklı ortalamayla pikseller renklendirilmektedir.

Renklendirme işlemi ile ilgili geliştirilen çoğu yaklaşımlar, hem fazla hesapsal yoğunluk gerektirmekte ve hem de daha iyi sonuçlarının elde edilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. [5]'de önerilen yöntemle imgenin renklendirilmesi hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir; fakat kademeli renklendirme geçişi yapılmadığından imgede görülebilir bozukluklar ortaya çıkmaktadır. [6]'da kademeli renk geçişi de dikkate alınarak daha hızlı bir renklendirme algoritma geliştirilmiştir ve ayrıca yöntem, hareket kestirimine de gerek kalmadan videoya uygulanabilmektedir. Ama bu yaklaşım, nesnelerin sınır geçişlerinde bazen etkili sonuç üretmemektedir.

Önerilen karma yöntemle, [6]'da açıklanan metotla elde edilen renklendirilmiş imgenin yalnızca renk kanallarına aslında gürültü azaltılması işleminde kullanılan komşuluk süzgeci yöntemi [7] uygulanmış ve sınır geçişlerindeki hatalı renklendirme etkileri giderilerek görsel olarak kabul edilebilir sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.

2. Önerilen Yöntem

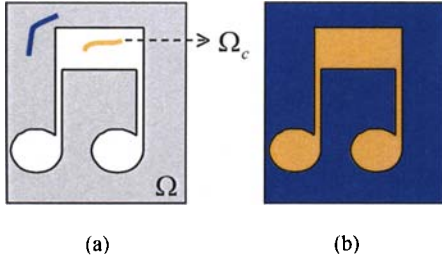
Gri ölçekli bir imgeyi renklendirmek için YC_bC_r renk uzayı tercih edilmiştir. Karşılaştırma kolaylığı açısından da [6]'daki yazımlar kullanılmıştır. $Y(x,y):\Omega \rightarrow \mathbb{R}^+$, Ω bölgesinde tanımlı gri ölçekli girdi imgesi olsun. Amaç, verilen imgenin C_b , $C_b(x,y):\Omega \rightarrow \mathbb{R}^+$ ve C_r , $C_r(x,y):\Omega \rightarrow \mathbb{R}^+$ renk kanallarının kestirilmesidir. Ayrıca, Ω imge tanım bölgesinden daha küçük bir $\Omega_c \in \Omega$ bölgesindeki renk kanallarının gözlemlenen değerleri de girdi olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.'den de görülebileceği gibi, genelde bu bilgiler kullanıcı tarafından sağlanmakta veya başka bir imgeden elde edilmektedir.

$s = (x, y)$ ve $t = (x, y)$, Ω bölgesinde iki nokta ve $C(p):[0,1] \rightarrow \Omega$ bir eğri olsun. Ayrıca $C_{s,t}$, $C(0) = s$ ve

$C(l) = t$ olmak üzere, s ile t noktalarını birleştiren bir eğriyi gösterebilir. s ile t noktaları arasındaki kesel yol,

$$d(s, t) := \min_{C_{s,t}} \int_0^1 \left| \nabla Y \cdot \nabla^{-1} C(p) \right| dp, \quad (1)$$

ifadesi ile elde edilebilir [6]. (1) tümlevsel denklemde, $C(p)$ eğrisi yönündeki ışıklılık (Y) kanalının gradyanının tümlevi alınmaktadır. Bu denklem yardımıyla s ile t noktaları arasındaki en kısa yol bulunabilir. Fakat iki nokta arasındaki kesel yol, Dijkstra'nın algoritması [6, 8] gibi hızlı ve daha basit yöntemler kullanılarak elde edilebilir.



Şekil 1: a) Verilen gri ölçekli imge, imge üzerinde kullanıcı tarafından işaretlenen karalanmış renkli çizgiler ve b) renklendirilmiş imge.

Dijkstra'nın algoritması, herhangi bir düğümden, başka bir ifade ile başlangıç düğümünden, diğer tüm düğümlere olan en kısa yolu belirler. Yöntem, ağırlıklı ve yönlü çizgiler için geliştirilmiştir. Çizge üzerindeki her bir çizgenin ağırlığı sıfır veya sıfırdan büyük herhangi bir sayı olabilir. Dijkstra'nın algoritması en kısa yolu belirlerken Greedy yöntemini kullanır. Çizge üzerinde belirli bir konuda en iyi sonucu bulabilmek amacıyla dolaşma yapılırken, bir sonraki düğümü belirlemek için kullanılan bir karar verme yöntemi olan Greedy yaklaşımı, geçerli tercihler arasında en iyi olarak görüneni seçer. Ölçüt, bölgesel değerlendirilmelere göre yapılır ve seçilenin genel olarak tüm sistem için en iyi bir tercih olacağı öngörülür [9].

Işıklılık ve renk kanalları arasındaki eşleme için bir çok yaklaşım kullanılabilir. Aslında, bu kanal bilgilerinin temel geometrisindeki yakın ilinti, doğal imgelerde sıklıkla gözlemlenebilir. Örneğin, ışıklılık bilgisindeki hızlı değişimler, renk bilgisinde hemen hemen bir kenara işaret eder. Işıklılık kanalındaki aşama aşama değişimlerse, renk kanalında da genelde yavaş bir değişimin olacağını belirtir. Diğer bir ifadeyle, ışıklılık ve renk bilgisi geometrieleri arasında yakın bir ilişki vardır. Buna göre, ışıklılıktaki değişim, renk bilgisinde de değişime sebep olur sonucu çıkarılabilir ve (s, t) noktaları arasındaki $d(s, t)$ uzaklığı ne kadar azsa, bu iki nokta arasında o kadar fazla renk bilgisi benzerliği vardır denilebilir. (s, t) noktaları arasındaki uzaklık ölçütü, basit bir şekilde aşağıdaki gibi alınabilir:

$$d(s, t) = |Y(s) - Y(t)|. \quad (2)$$

Girdi renk bilgisi, genelde imgedeki herhangi bir bölgenin tamamı için verildiğinden, Ω bölgesindeki bilinen belli renk verisinden herhangi bir t noktasına olan uzaklık için bize bir

fikir verebilir. O halde, $d_c(t)$ kesel uzaklığını, t noktasından verilen Ω_c renk kümesindeki benzer c renk bilgisi herhangi bir s noktasına minimum $d(s, t)$ uzaklığına bağlı olarak tanımlayalım:

$$d_c(t) := \min_{\forall s \in \Omega_c: \text{renkkanalı}_f(s)=c} d(s, t). \quad (3)$$

Bu denklem, boyanacak herhangi bir t noktasından Ω_c renk kümesinden sağlanan aynı c renkli karalanmış çiziklere olan uzaklığı verir; daha genel bir ifadeyle, herhangi bir noktadan renk kümesinden sağlanan renge olan uzaklığı belirler.

Ω_c renk kümesindeki farklı renk bilgilerinin karışımıyla doldurulacak $\Omega \setminus \Omega_c$ bölgesindeki herhangi bir t noktasının C_b ve C_r renk bileşenleri, onların t noktasına olan kesel uzaklığına bağlı olarak aşağıdaki ifade ile hesaplanır:

$$\text{renkkanalı}_f(t) \leftarrow \frac{\sum_{\forall c \in \text{renkler}(\Omega_c)} W(d_c(t))c}{\sum_{\forall c \in \text{renkler}(\Omega_c)} W(d_c(t))}, \quad (4)$$

burada $\text{renkler}(\Omega_c)$, Ω_c renk kümesindeki farklı renk bilgilerinin hepsini temsil etmektedir. $W(\cdot)$, kesel uzaklığı kademeli geçiş ağırlığına dönüştüren bir fonksiyondur. Aslında, yukarıdaki kademeli geçiş için kullanılan denklem, Ω_c renk kümesindeki farklı renklerin ağırlıklı ortalamasıyla elde edilen rengi, herhangi bir t noktasını renklendirmek için atar. Ω_c renk kümesindeki her farklı c rengi için, t noktasından ilgili noktaya olan uzaklık, (3) denklemi ile hesaplanır ve bu uzaklık, t noktasındaki c renginin ağırlığını belirler. Yukarıdaki denklemde payda sadece düzgeleme işlemi için kullanılmıştır.

$W(\cdot)$ fonksiyonu, $d_c(t)$ uzaklığına bağlı olarak ağırlık faktörünü hesaplamada kullanılır:

$$W(r) = r^{-b} \quad 1 \leq b \leq 6, \quad (5)$$

burada b kademeli geçiş faktörüdür ve renk geçişinin ne kadar yumuşatılacağını belirler.

Yukarıda açıklanan hızlı renklendirme yöntemiyle, Dijkstra'nın algoritması kullanılarak tam bir bölütleme elde edilemediğinden, imgedeki nesne kenarlarının geçişlerinde bazen problemler ortaya çıkmaktadır. İmgenin tutarlı sayılabilen kesimlerinde, girdi renk bilgisi olarak kullanılan karalanmış çizgilerin eniyilenmiş olarak işaretlenmesi, belki bu tür sorunların oluşmasını önleyebilir. Fakat bu işlem için de kullanıcının oldukça çaba harcaması gerekecektir. Ortaya çıkan sorunu gidermek için, renklendirilmiş imgenin yalnızca renk kanalları, [7]'de açıklanan yöntemdeki komşuluk süzgecinden geçirilebilir. Böylece imgedeki nesne sınırlarında hatalı renklendirme sorunları da ortadan kaldırılabilir. Aslında bu süzgeç, imgeyi fazla bulanıklaştırmadan ve imgedeki kenar bilgisini de koruyarak gürültü azaltılması işlemi kullanılmaktadır. Süzgeç, hızlı renklendirme yöntemiyle kestirilen C_b ve C_r renk kanallarına uygulanmış ve imgenin daha etkili bir şekilde renklendirilmesi sağlanmıştır. Komşuluk süzgeci yöntemi için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir:

$$W_d(s, t) = e^{-\frac{\|s-t\|^2}{2\sigma^2}}, \quad (6)$$

$$W_y(s, t) = e^{-\frac{(r(s)-r(t))^2}{h^2}}, \quad (7)$$

$$\text{renkkanalı}_n(t) \leftarrow \frac{\sum_{s \in \Phi} W_d(s, t) W_y(s, t) \text{renkkanalı}_f(s, t)}{\sum_{s \in \Phi} W_d(s, t) W_y(s, t)}, \quad (8)$$

burada $\| \cdot \|$ L_2 uzaklık ölçütü, σ uzamsal yumuşatma parametresi, h ışıklılık eşiği ve Φ kaynak bölgesidir. $W_d(\cdot)$ ağırlık fonksiyonu, pikseller arası uzaklığa ve $W_y(\cdot)$ ağırlık fonksiyonu ise ışıklılığa bağlı olarak hesaplanır.

3. Deneysel Çalışma

Önerilen yöntemle, hem renkli imgelerin yeniden renklendirilmesi hem de gri ölçekli imgelere renk eklenmesi işlemi yapılmış ve yöntem, hızlı renklendirme metoduyla [6] karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işlemleri için, Şekil 2.'deki test imgeleri kullanılmıştır. Her iki test imgesi için de hızlı renklendirme yönteminde kullanılan b kademeli geçiş parametresi 4 olarak ayarlanmıştır. Şekil 2.a) ve Şekil 2.b)'deki test imgeleri için, önerilen karma yöntemde kullanılan komşuluk süzgecinde [7] sırasıyla, Φ kaynak bölgesinin boyutu 20×20 ve 30×30 , σ uzamsal yumuşatma parametresi 2.5 ve 5, h ışıklılık eşiği ise, 20 ve 10 olarak alınmıştır. İlk önce, Şekil 3.a)'da görüldüğü gibi, renkli test imgesi gri ölçekli girdi imgesine dönüştürülmüş ve bu imge üzerinde arzu edilen, boyanacak renklerle çizgisel karamalar yapılmıştır. Şekil 3.b) ve c)'de sırasıyla hızlı renklendirme metoduyla ve önerilen karma yöntemle elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Dikkat edilirse, Şekil 3.b)'de görüldüğü gibi, hızlı renklendirme yöntemiyle üretilen imgede bazı nesnelerin sınır geçişlerinde hatalı boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Fakat, önerilen karma yöntemle sonuç imgesi daha iyi bir şekilde elde edilmiştir ve yeniden renklendirilen imge, özgün renkli imgeye görsel olarak kabul edilebilir hemen hemen yakın bir sonuçla üretilmiştir. Bir diğer örnek de gri ölçekli imgenin renklendirilmesi için verilmiştir. Şekil 4. a)'da gri ölçekli imge üzerinde işaretlenen renkli çizgisel karalamalar gösterilmiştir. Hızlı renklendirme yöntemiyle boyama işlemi yapılırken, Şekil 4.b)'den de görülebileceği gibi, imgedeki nesne sınır geçişlerinde, renkler hatalı bir şekilde diğer bölgelere de dağıtılmıştır. Bu durum, özellikle kalemin uç kısmının renklendirilmesinde görülebilmektedir. Ama Şekil 4.c)'de görüldüğü gibi, önerilen yöntemle elde edilen sonuç imgesi, görsel olarak daha etkili bir şekilde renklendirilmiştir ve aynı zamanda, imgedeki gürültü de kenar bilgileri korunarak azaltılmıştır.

Yöntemler için, Visual C++. NET 2003 derleyicisi kullanılarak bir Win32 uygulaması yazılmıştır ve program, Windows XP işletim sistemi altında 512 MB RAM belleğe sahip Intel Pentium IV işlemcili bir dizüstü bilgisayarda çalışmıştır. Komşuluk süzgeci, uygulamanın toplam süresinin yaklaşık olarak %40'lık bir bölümünü kapsamaktadır.



(a) (b)

Şekil 2: Test imgeleri: a) Renkli ve b) gri ölçekli imgeler.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3: a) Kullanıcı tarafından renkli karalanmış çizgilerle işaretlenen gri düzeye dönüştürülmüş imge, b) hızlı renklendirme metoduyla ve c) önerilen karma yöntemle elde edilen sonuçlar.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4: a) Kullanıcı tarafından renkli karalanmış çizgilerle işaretlenmiş özgün gri ölçekli imge, b) hızlı renklendirme metoduyla ve c) önerilen karma yöntemle elde edilen sonuçlar.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, gri ölçekli imgelerin renklendirilmesi için karma bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, iki aşamadan oluşmaktadır. Yöntemde ilk adım, varolan hızlı renklendirme metodu ve ikinci adım ise komşuluk süzgeci yaklaşımıdır. İlk adımdan elde edilen sonuca, komşuluk süzgeci uygulanmış ve böylece girdi imgesi, görsel olarak kabul edilebilir şekilde renklendirilmiştir.

İleriki çalışmalarda daha karmaşık doku ve yapı bilgisi içeren imgelerin ve devinim kestirimine bağlı olarak imge dizilerin renklendirilmesi düşünülmektedir.

5. Kaynakça

- [1] G. Burns, "Colorization", *Museum of Broadcast Communication: Encyclopedia of Television*.
- [2] T. Welsh, M. Ashikhmin, and K. Mueller, "Transferring color to grayscale images," *Proc. ACM Siggraph Conf.*, 2002, pp.277-280.
- [3] A. Levin, D. Lischinski, and Y. Weiss, "Colorization using optimization", *Proc. ACM Siggraph Conf.*, 2004, pp. 689-694.
- [4] T. Horiuchi, "Estimation of color for gray-level image by probabilistic relaxation," *Proc. IEEE Int. Conf. Pattern Recognition*, 2002, pp.867-870.
- [5] G. Sapiro, "Inpainting the colors," *IMA Preprint Series 1979: Inst. Math. Appl.*, Univ. Minnesota, Minneapolis, May 2004.
- [6] Yatziv L., Sapiro G., "Fast image and video colorization using chrominance blending", *IEEE Transactions On Image Processing*, Vol. 15, No. 5, May 2006, pp. 1120-1129.
- [7] S. M. Smith and J. M. Brady, "SUSAN - A new approach to low level image processing", *Int. J. Comput. Vis.*, Vol. 23, No. 1, 1997, pp. 45-78.
- [8] E. Dijkstra, "A note on two problems in connection with graphs," *NumerMath*, Vol. 1, pp. 269-271, 1959.
- [9] R. Çölkesen, "Veri yapıları ve algoritmalar", Papatya Yayıncılık, Mayıs 2002.