



# Ultrason İmgelerini Gradyan-Tabanlı Yöntemle Renklendirme

## Colorization of Ultrasound Images via Gradient-Based Method

Mehmet AKKAYA ve Bekir DİZDAROĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Trabzon, Türkiye

mehmetakkaya2881@gmail.com, bekir@ktu.edu.tr

**Özetçe**—Bu bildiri, ultrason görüntüleme tekniğiyle üretilen imgelerin yapay olarak renklendirilmesi için basit bir yöntem önerilmektedir. Önerilen yöntemde, ilk önce, girdi imgesindeki benek gürültüsünün giderilmesi için hem yumuşatma terimi ve hem de uygunluk terimi içeren bir toplam değişim yaklaşımı dikkate alınmaktadır. Daha sonra ise, imgenin yatay ve dikey yönlerdeki gradyan değerleri hesaplanmaktadır. Üretilen bu görüntüler, kırmızı, yeşil ve mavi renk uzayında üç renk kanalına atanmaktadır. Bu çalışmada, kırmızı renk kanalına yumuşatılmış girdi imgesi, yeşil renk kanalına yatay yönde elde edilen gradyan değerleri ve mavi renk kanalına ise dikey yönde elde edilen gradyan değerleri setlenmektedir. Böylece girdi görüntüsündeki yapı ve doku bilgisi fazlaca bozulmaya uğramadan renklendirilebilmektedir. Başka bir ifadeyle, önerilen yöntemle ultrason görüntüleme tekniğiyle ile oluşturulan imgeler başarılı bir şekilde yapay olarak renklendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler** — *ultrason imgesi; renklendirme; toplam değişim; gradyan değerleri.*

**Abstract**— In this paper, a simple method is proposed to be artificially colored for images, which are generated by the ultrasound medical imaging modality. In the proposed method, first, a total variation method, which includes both the smoothing term and the fidelity term, is considered to eliminate speckle noise from the given image. Then, gradient values of the image are computed in the horizontal and vertical directions. These generated images are set to three color channels in the red, green and blue color space. In this study, the smoothed given image, gradient values in the horizontal direction and gradient values in the vertical direction are set to the red color channel, the green color channel and the blue color channel respectively. Thus, the structure and texture information of the given image are able to be colorized without excessive degradation. In other words, in the proposed method, the images, which are created via the ultrasound medical imaging modality, are artificially successfully colorized.

**Keywords** — *ultrasound image; colorization; total variation; gradient values.*

### I. GİRİŞ

Tıbbi görüntüleme teknikleriyle üretilen imgeler üç ana başlık altında toplanabilir. Enerjinin iletimine, yansımaya ve yayılmasına bağlı olarak üretilen tıbbi imgelere sırasıyla bilgisayarlı tomografi, ultrason ve manyetik rezonans görüntülemeleri örnek olarak verilebilir. Aslında, tıpta herhangi bir hastalığın teşhisi için hangi görüntüleme tekniğinin kullanılacağına dair bir karar mekanizması da yoktur. Uzman hekimin o an için vermiş olduğu karara bağlı olarak herhangi bir görüntüleme tekniği tercih edilebilmektedir. Her bir teknik birbirleriyle karşılaştırıldığında avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Ultrason imgeleri ses dalgasının yansımaya bağlı olarak üretilmektedir. Bu tür imgelerinin başlıca avantajları, gerçek zamanlı görüntüleme, taşınabilirlik, çok düşük maliyet ve iyonizan radyasyon içermemesidir. Öte yandan bu tekniğin dezavantajlarına görüntüleme alanı kısıtlılığı, düşük çözünürlük ve parametre ayarlamasının zor olması örnek olarak verilebilir.

Ultrason görüntüleme tekniğiyle elde edilen imgeler, sayısal ortamda genelde 2-boyutlu olarak işlenmektedir. Şekil 1.'de gösterildiği gibi, son zamanlarda ultrason imgeleri 3-boyutlu olarak da üretilmektedir. 2-boyutlu ultrason imgeleri genelde gri düzeyli olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür imgelere, çarpımsal gürültü tipi karakteristiği gösteren benek gürültüsü de ister istemez bulaşmaktadır. Günümüzde, bu imgelerin uzman hekimler tarafından daha iyi bir şekilde analiz edilebilmesi için, bu tür imgelerde gürültü giderme ve yapay olarak renklendirme işlemlerinin dikkate alınması gerekebilir.

Literatürde birçok gürültü azaltma yaklaşımı geliştirilmiştir. Gürültü azaltma işleminde, imgedeki salınımlar en aza indirgenirken, imgenin doku bilgisinin de yok edilmemesi gerekmektedir. Kısmi diferansiyel denklem tabanlı matematiksel bir yaklaşım olan toplam değişim yöntemi hem toplamsal hem de çarpımsal gürültülerin giderilmesinde göz önüne alınmaktadır. [1]'deki yaklaşımda, ultrason

imgelerindeki benek gürültüsünün giderilmesi için hem yumuşatma terimi hem de uygunluk terimi dikkate alınmıştır. Yumuşatma terimiyle imgedeki gürültü azaltılırken, uygunluk terimi ile de çıktı imgesinin girdi imgesinden fazla uzaklaştırılmaması sağlanmaktadır.



Şekil 1. 17 haftalık bir ceninin 3-boyutlu olarak üretilmiş ultrason görüntüsü (Bu ultrason imgesi, <http://www.pregnancysymptomsweekbyweek.org/> web sitesinden alınmıştır).

İmge renklendirme işlemi ilk defa 1970 yılında Wilson Markle tarafından yapılmıştır [2]. Literatürde, geliştirilen bir renklendirme yaklaşımında bir tane başvuru imgesine gereksinim duyulmaktadır [3]. Şekil 2.a'da verildiği gibi, başvuru imgesi ile renklendirilecek gri düzeyli imge benzer yapı ve doku bilgisine sahip olmak zorundadır (Şekil 2.b). Böylece başvuru imgesinden girdi imgesine renk transferi yapı ve doku bilgisi göz önüne alınarak yapılabilir (Şekil 2.c). Genelde ultrason görüntüleme tekniğiyle elde edilen imgeler gri düzeyli olduğundan ve bu bağlamda renklendirme işleminde renkli bir başvuru imgesi olası görünmediğinden, [3]'deki yaklaşım ultrason imgelerinin renklendirilmesi için uygun olmayabilir. Başka bir çalışmada, kullanıcı tarafından renkli çizgilerle karalama işlemi yapılan girdi imgesinde belli bir uzaklık ölçütüne bağlı olarak renkli çizgiler imgeye yaydırılarak renklendirme işlemi gerçekleştirilmektedir [4] (Şekil 3.a-b). Fakat ultrason görüntüleri fazla detay bilgisi içermediğinden ve çözünürlüğü de düşük olduğundan, uzman bir hekim tarafından renkli çizgilerle karalama işleminin hangi bölgeler göz önüne alınarak yapılacağı soru işaretini beraberinde getirmektedir. Ultrason imgelerinin renklendirilmesi için yapılan diğer bir çalışmada ise dalgacık dönüşümünden yararlanılmıştır [5]. Fakat bu çalışmada da dalgacık dönüşümüyle elde edilen bantlar birbirinden bağımsız olarak geri dönüşüme tabi tutulduğundan girdi imgesindeki yapı ve doku bilgisinin bozulma olasılığı ortaya çıkmaktadır.

Önerilen çalışmada ise, girdi imgesindeki benek gürültüsü azaltıldıktan sonra, yatay ve dikey yönlerdeki imge gradyan değerleri hesaplanmış ve elde edilen bu üç imge, kırmızı, yeşil ve mavi renk uzayındaki renk kanallarına atanmıştır. Böylece girdi imgesinin yapı ve doku bilgisi korunarak yapay olarak renklendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde önerilen yöntemle ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir.

## II. TOPLAM DEĞİŞİM TABANLI İMGE YUMUŞATMA İŞLEMİ

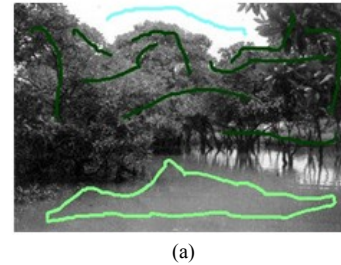
$I: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  gri düzeyli özgün imge,  $f: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  gürültülü imge ve  $u: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  işlenen imge,  $\Omega \rightarrow \mathbb{R}^2$  kapalı bölgesinde tanımlı olsun. İmgelerdeki uzamsal konum ise,  $\mathbf{x} = (x, y) \in \Omega$  ile temsil edilsin. Benek gürültüsü bulaşmış ultrason imgesi için aşağıdaki ifade verilebilir:

$$f = I\eta, \quad (1)$$

burada,  $\eta$  çarpımsal gürültüyü temsil etmektedir.



Şekil 2. Renk transferi yaklaşımıyla imge renklendirme: a) Başvuru imgesi [3], b) gri düzeyli imge [3] ve c) renklendirilmiş çıktı imgesi.



Şekil 3. Çizgi karalama yöntemiyle imge renklendirme: a) Renkli çizgilerle karalanmış gri düzeyli imge ve b) renklendirilmiş çıktı imgesi.

Önerilen yöntemde, gürültü azaltma işleminde toplam değişim yaklaşımı dikkate alınmaktadır. Bu yaklaşım, aslında sadece gürültü azaltmada değil, renklendirme, içboya, düzenleme ve bölütleme gibi sayısal görüntü işlemin birçok alanında kullanılmaktadır. Yöntem için minimize edilecek enerji fonksiyoneli,  $E(u) = E_{yumuşatma} + \lambda E_{uygunluk}$  aşağıdaki gibi verilebilir:

$$\min_{u:\Omega \rightarrow \mathbb{R}} E(u) = \int_{\Omega} |\nabla u| d\Omega + \lambda \int_{\Omega} \left( \log u + \frac{f}{u} \right) d\Omega, \quad (2)$$

burada  $\lambda$  Lagrange çarpanıdır. Enerji fonksiyonelinin minimizasyonu Euler-Lagrange eşitliklerine bağlı olarak yapılabilir. Elde edilen kısmi diferansiyel denklem ise iterative bir yöntemle çözülebilir. Burada, yumuşatma teriminde toplam değişim yöntemi,  $\frac{\partial u_{\text{yumuşatma}}}{\partial t} = \text{div} \left( \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right)$  dikkate alınırken, uygunluk terimi ise, benek gürültüsünün istatistiksel dağılımına göre seçilmektedir. Uygunluk terimi, Gamma dağılıma bağlı olarak  $\frac{\partial u_{\text{uygunluk}}}{\partial t} = \frac{f-u}{u^2}$  alınmaktadır. [1]'de, Denklem (2)'nin çözümü için hızlı bir şekilde sonuca giden bir iterative yöntem önerilmiştir  $\left( |\nabla u| = \sqrt{\left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2}, \text{div}(\nabla u) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$ .

### III. İMGE GRADYAN DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

Gri düzeyli bir çıktı imgesinde  $(x, y)$  uzamsal konumundaki gradyan değerleri

$$\nabla u = (u_x, u_y)^T = \left( \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y} \right)^T, \quad (3)$$

olarak verilebilir. İmge gradyan değerleri, ilgili uzamsal konumdaki değişimin yönünü göstermektedir. Burada  $u_x$  ve  $u_y$  sırasıyla  $x$  ve  $y$  bağımsız değişkenlerine bağlı birinci mertebeden kısmi türevlerdir ve sırasıyla yatay ve dikey yöndeki gradyan değerlerini temsil etmektedir. Gradyan değerleri, Taylor serisi açılımına bağlı olarak ileri yönde sonlu farklar yöntemine göre aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} u_x(x, y) &= u(x + 1, y) - u(x, y), \\ u_y(x, y) &= u(x, y + 1) - u(x, y). \end{aligned} \quad (4)$$

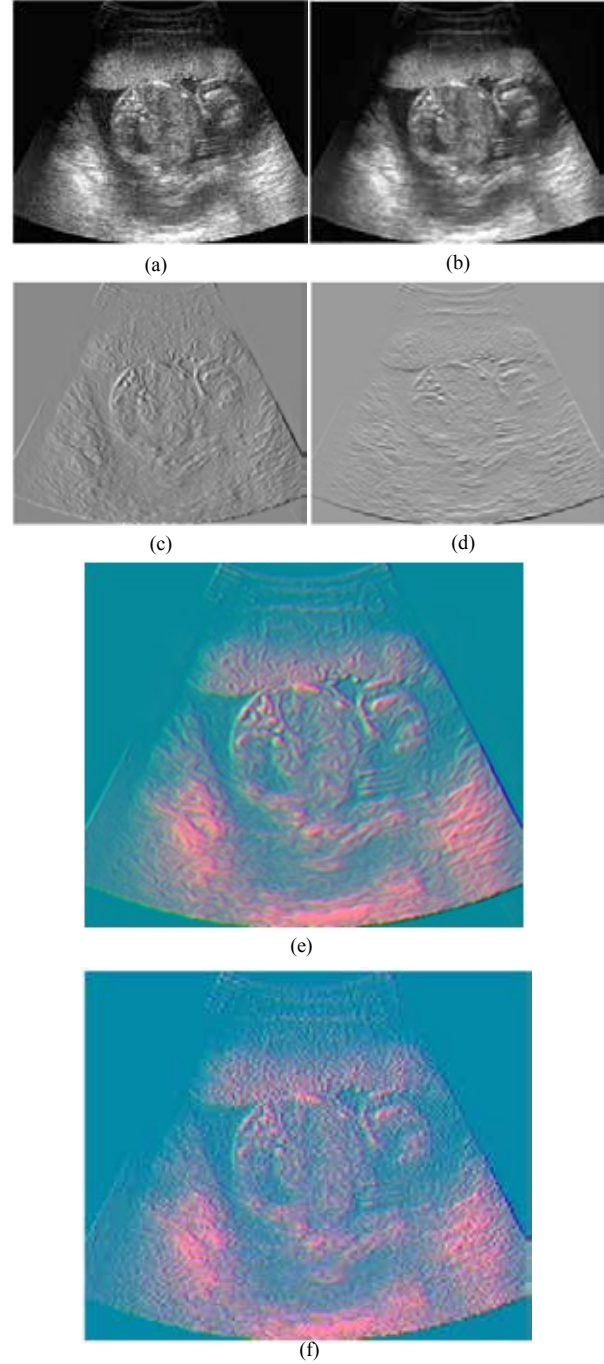
Aslında yatay ve dikey yöndeki gradyan değerlerinin genliği çıktı imgesindeki değişimlerin miktarını bir başka ifadeyle kenar bilgilerini vermektedir. Bu veriler kullanılarak çıktı imgesindeki geçiş bölgelerinin daha iyi bir şekilde analiz edilmesi sağlanabilmektedir.

### IV. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Şekil 4.a ve Şekil 5.a'da gösterildiği gibi, test işlemleri için  $308 \times 256$  ve  $429 \times 464$  boyutlarındaki ultrason imgeleri kullanılmıştır.

Şekil 4.b'de girdi imgesindeki benek gürültüsünün giderilmiş hali, Şekil 4.c ve Şekil 4.d'de sırasıyla  $x$  ve  $y$  bağımsız değişkenlerine göre elde edilen birinci mertebeden kısmi türevler ve Şekil 4.e'de ise önerilen yöntemle üretilen renklendirilmiş imge verilmiştir. Şekil 4.f'de ise, Haar dalgacık dönüşüme bağlı olarak elde edilen renklendirilmiş imge gösterilmiştir. Burada dalgacık dönüşümü yaklaşımında [5]'de sunulan yöntem dikkate alınmıştır. Fakat dalgacık dönüşümü işlemi tek düzeyli olarak uygulanmıştır. Dikkat edilirse önerilen yöntemle, gürültü gidermesi yapıldığından ve de işlenen imgedeki doku ve yapı bilgisinde fazla bir kayıp olmadığından, dalgacık dönüşümü yaklaşımına göre daha iyi sonuç imgesi elde edilmiştir. Önerilen yöntemde türev alma işleminde ileri yönde sonlu farklar yaklaşımı kullanılmıştır. Bu

durumda türev alma işleminde negatif değerler de elde edileceğinden üretilen imge, 0-255 aralığına normalize edilmiştir.



Şekil 4. Ultrason imgesi renklendirme: a) Karın alt bölgesinden elde edilen  $308 \times 256$  boyutundaki cenin ultrasonu, b) süzgeçlenmiş imge, c)  $x$  bağımsız değişkenine göre elde edilen birinci mertebeden kısmi türev, d)  $y$  bağımsız değişkenine göre elde edilen birinci mertebeden kısmi türev, e) önerilen yöntemle elde edilen renklendirilmiş imge ve f) Haar dalgacık dönüşümüne bağlı elde edilen renklendirilmiş imge.

Şekil 5'de diğer bir ultrason imgesinin renklendirilme sonuçları verilmiştir. Şekil 5.a'da renklendirilecek ultrason imgesi ve Şekil 5.b'de önerilen yöntemle elde edilmiş renkli imge verilmiştir. Şekil 5.c-d'de, renk transferi yöntemiyle, Şekil 5.e-f'de, renkli çizgi karalama yöntemiyle ve Şekil 5.g-h'de ise renk paleti kullanımıyla üretilen renklendirilmiş imgeler gösterilmiştir. Şekillerden de görülebileceği gibi, renk transferi, renkli çizgi karalama ve renk paleti kullanımı yöntemleriyle elde edilen sonuçlardaki başarımların düşük olduğu görülmüştür. Renk paleti kullanılarak yapılan renklendirme işlemleri aslında bazı ultrason cihazlarında da vardır. Klasik renk transferi ve renkli çizgi karalama yaklaşımları, belki manyetik rezonans görüntüleme teknikleriyle üretilen imgelerin renklendirilmesinde kullanılabilir, ama ultrason görüntüleri düşük çözünürlüklü olduğundan ve fazla ayrıntı içermediğinden, üretilen sonuç imgelerinin yapay olarak renklendirilmesinde başarılı olamamaktadır.

Tıbbi imgelerinin yapay olarak renklendirilmesiyle patolojik bölgeler daha kolay bir şekilde analiz edilebilir [6]. Örneğin boyun bölgesinden çekilen bir boğaz ultrasonundaki nodüllerin tespiti renklendirilmiş imgelerde basit bir şekilde yapılabilir. Uzman hekim görüşü de bu durumu destekler niteliktedir.

Çalışma için Microsoft Visual C++ 2010 Express platformunda bir proje oluşturulmuştur. Proje, Windows 10 Home işletim sistemine sahip, AMD 2.40 GHz işlemcili ve 12 GB RAM bellekli bir dizüstü bilgisayarda kurulmuştur. Şekil 4.a ve Şekil 5.a'da verilen test imgeleri için projenin çalışma süreleri sırasıyla 62 ve 109 milisaniyedir.

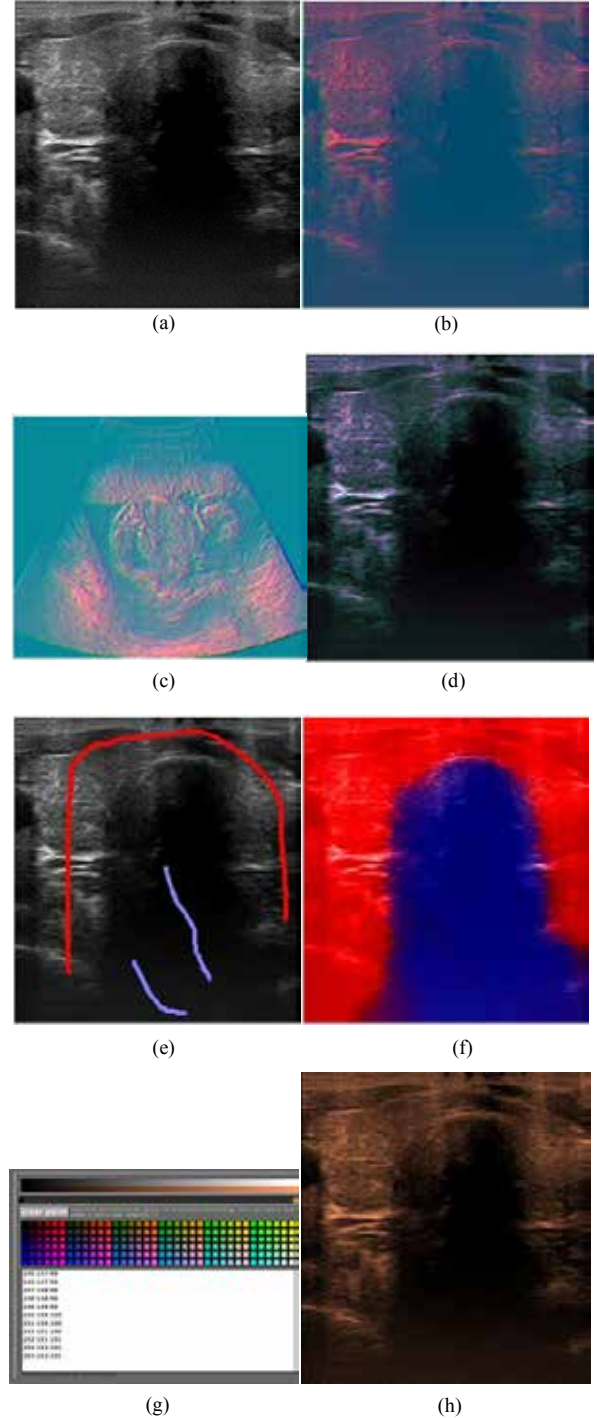
## V. SONUÇLAR

Bu çalışmada ultrason imgelerinin renklendirilmesi için karmaşık olmayan bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin görsel olarak başarımlarını literatürdeki diğer yaklaşımlarla karşılaştırma yapılarak test edilmiş ve daha iyi sonuçlar ürettiği gösterilmiştir.

Daha sonraki çalışmalarda, uzman hekimlerin görüşleri doğrultusunda, önerilen yöntemin iyileştirilmesi için, kontrast iyileştirme ve bölütleme gibi diğer sayısal imge işleme yaklaşımları da dikkate alınarak ultrason imgelerini renklendirme işlemi yapılacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] P. Rodríguez, "Total variation regularization algorithms for images corrupted with different noise models: a review." *Journal of Electrical and Computer Engineering* 2013 (2013): 10.
- [2] G. Burns, "Colorization", *Museum of Broadcast Communication: Encyclopedia of Television*.
- [3] T. Welsh, M. Ashikhmin, and K. Mueller, "Transferring color to grayscale images." *Proc. ACM Siggraph Conf.*, 2002, pp.277-280.
- [4] L. Yatziv and G. Sapiro, "Fast image and video colorization using chrominance blending." *IEEE Transactions On Image Processing*, Vol. 15, No. 5, May 2006, pp. 1120-1129.
- [5] M. Z. Konyar, Ö. Şaylı, S. Ertürk, "Ultrason görüntülerinin iki boyutlu ayrık dalgacık dönüşümü ile sözde renklendirilmesi.", *TIPTEKNO 2015*, 15-18 Ekim 2015, Muğla.
- [6] M. U. G. Khan, Y. Gotoh, and N. Nida, "Medical image colorization for better visualization and segmentation." *Annual Conference on Medical Image Understanding and Analysis*. Springer, Cham, 2017.



Şekil 5. Farklı yaklaşımlarla ultrason imgesi renklendirme: a) Boyun bölgesinden çekilen 429 × 464 boyutundaki boğaz ultrasonu (Bu ultrason imgesi, Giresun Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Alptekin TOSUN'dan temin edilmiştir), b) önerilen yöntemle renklendirilmiş imge, c) renk transferi yaklaşımında kullanılan yapay olarak renklendirilmiş başvuru imgesi, d) renk transferi yaklaşımıyla elde edilmiş renkli imge, e) renkli çizgi karalama yönteminde kullanılan girdi imgesi, f) renkli çizgi karalama yöntemiyle elde edilen renklendirilmiş imge, g) yapay olarak renk paleti üretme (<http://rationalqm.us/pseudocolor/maker.html>) ve h) renk paleti dikkate alınarak renklendirilmiş imge.