

# BSM409 Görüntü İşleme

## Bölüm 7 Renkli Görüntü İşleme

Dr. Öğr. Üyesi Caner ÖZCAN

Genç sanatçının, rengin sadece tanımlayıcı değil aynı zamanda kişisel ifade anlamına geldiğini anlaması renge dokunmasından yıllar sonrasıdır.

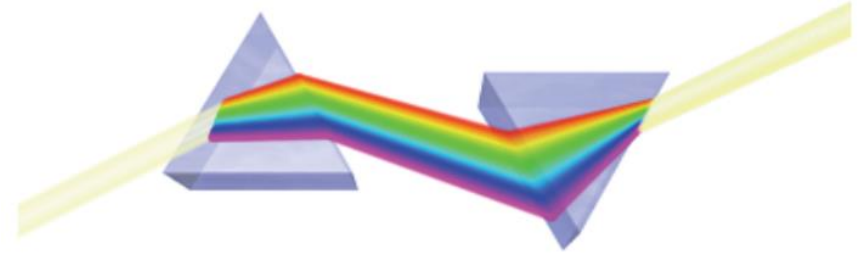
~Henri Matisse

# İçerik

## 6. Renkli Görüntü İşleme

- ▶ Renk Temelleri
- ▶ Renk Modelleri
- ▶ Söзде Renkli Görüntü İşleme
- ▶ Tam Renkli Görüntü İşlemenin Temelleri
- ▶ Renk Dönüşümleri
- ▶ Yumuşatma ve Keskinleştirme
- ▶ Renge Dayalı Görüntü Bölütleme
- ▶ Renkli Görüntülerde Gürültü
- ▶ Renkli Görüntü Sıkıştırma

# Renk Temelleri

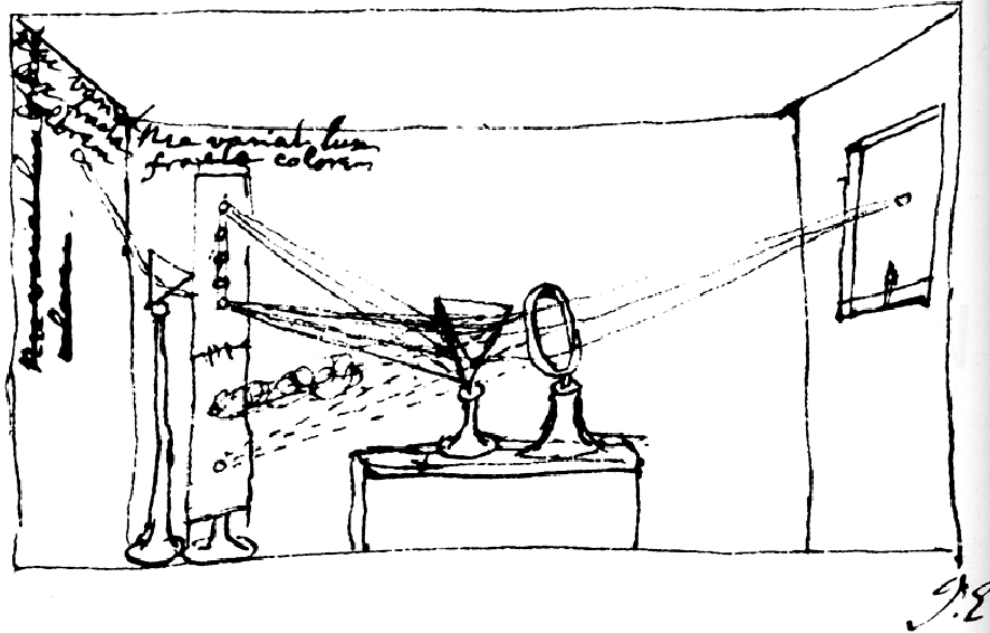


- Beyaz ışık: görünür spektrumun tüm dalga boylarındaki yaklaşık eşit enerjiden oluşur.

## Color



Newton 1665



4.1 NEWTON'S SUMMARY DRAWING of his experiments with light. Using a point source of light and a prism, Newton separated sunlight into its fundamental components. By reconverging the rays, he also showed that the decomposition is reversible.

From Foundations of Vision, by Brian Wandell, Sinauer Assoc., 1995

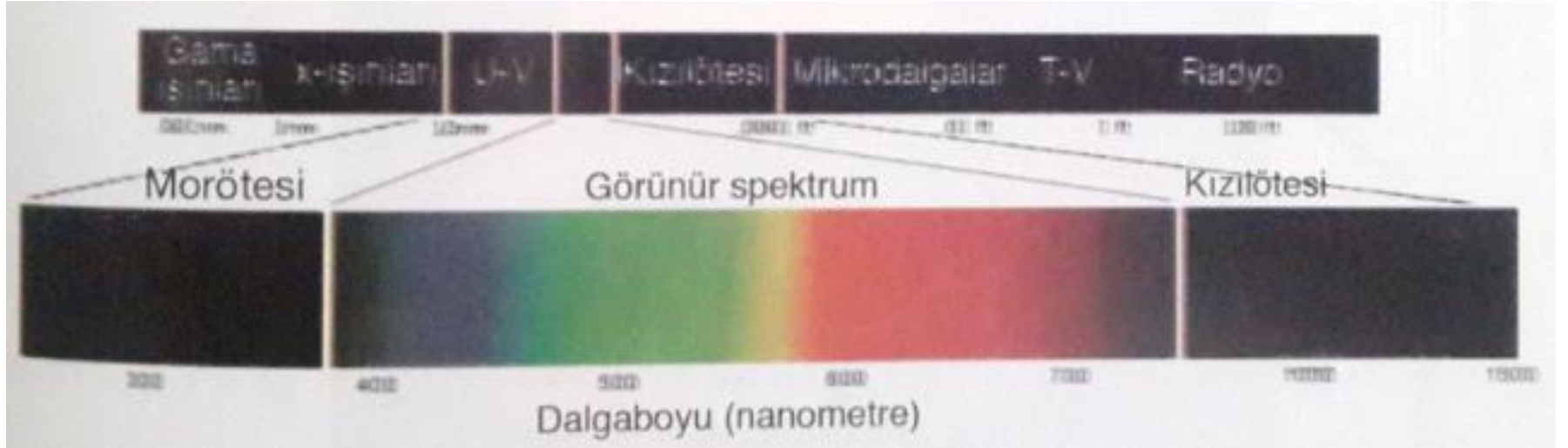
# Renk Temelleri



**ŞEKİL 6.1**

Bir prizma içerisinde beyaz ışık geçirildiğinde gözlenen renk spektrumu (General Electric Co., Lamp Business Division izniyle)

# Renk Temelleri



**ŞEKİL 6.2** Elektromanyetik spektrumun görünür bölgesini oluşturan dalgaboyları (General Electric Co., Lamp Business Division izniyle)

# Renk Temelleri

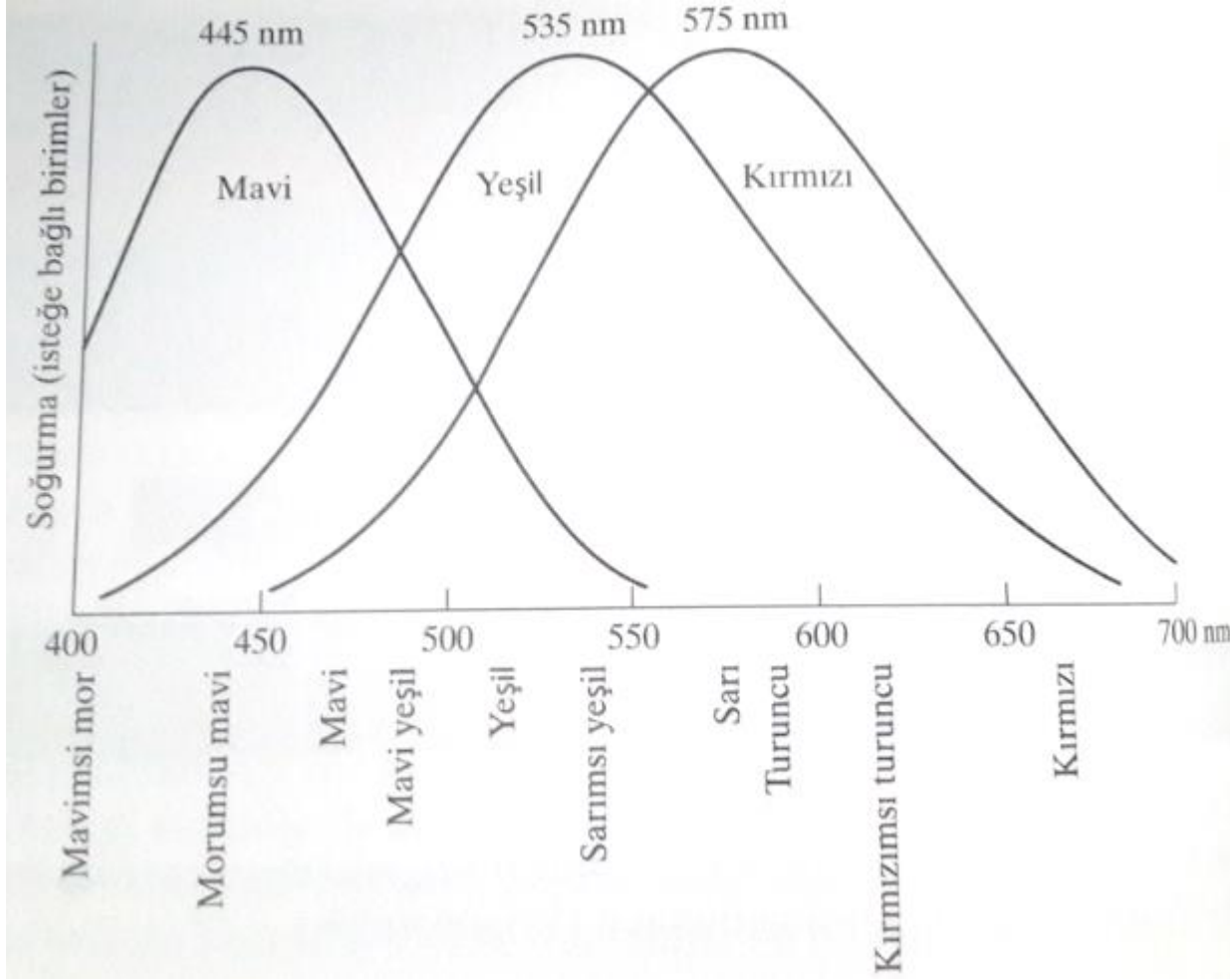
Renkli ışığın özelliğini ifade etmek için üç temel parametre kullanılır:

1. Işıma (radiance): Işık kaynağından yayılan toplam enerji miktarıdır ve Watt (W) cinsinden ölçülür.
2. Işıklılık (luminance): Gözlemcinin ışık kaynağından algıladığı toplam enerji miktarıdır ve Lumen (lm) cinsinden ölçülür.
3. Parlaklık (brightness): Ölçümü pratik olarak mümkün olmayan subjektif bir tanımlayıcı parametredir. Yeğinliğin renksiz halini belirtir.

# Renk Temelleri

- ▶ Koni hücreleri gözdeki renkli görmeden sorumludur.
- ▶ İnsan gözündeki 6-7 milyon koni hücrelerinin yaklaşık olarak kırmızı, yeşil ve mavi renge karşılık gelen üç ana algılama kategorisine ayrılabilir.
- ▶ Bu hücrelerin %65'i kırmızı, %33'ü yeşil ve %2'si mavi ışığa (ancak mavi koni hücreleri en hassas olanlardır) duyarlıdır.

# Renk Temelleri



**ŞEKİL 6.3**  
Dalgaboyuna bağlı olarak insan gözündeki koni hücrelerinin kırmızı, yeşil ve mavi ışığı soğurma oranları





# Renk Temelleri

- ▶ Bir rengi diğerinden ayırt etmek için kullanılan özellikler genellikle parlaklık, renk tonu ve doygunluktur.

**Parlaklık (brightness):** Yeğînliğin renksiz halini ihtiva eder

**Renk tonu (hue):** Bir ışık dalgası karışımı içerisindeki baskın dalga boyu ile ilgili bir özneliktir ve gözlemci tarafından algılandığı şekilde baskın rengi ifade eder.

**Doygunluk (saturation):** Göreceli saflık ya da bir renk tonu ile karıştırılan beyaz ışık miktarı ile ilgilidir.

# Renk Temelleri

## ► Üçlü uyartım

Kırmızı, yeşil ve mavi miktarları sırasıyla  $X$ ,  $Y$  ve  $Z$  şeklide ifade edilirse bir renk üçlü renk katsayıları ile şu şekilde belirtilir:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

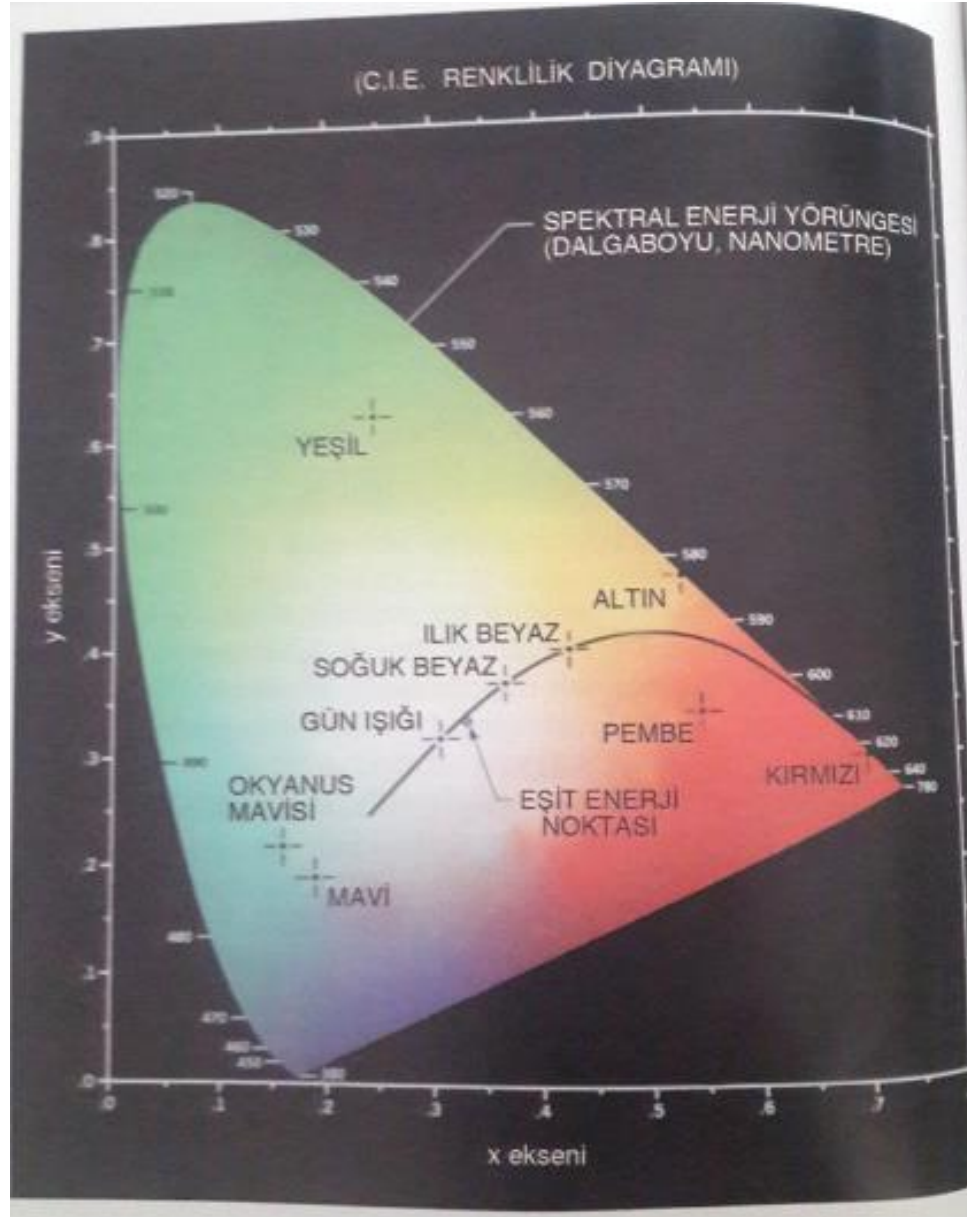
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

$$x + y + z = 1$$

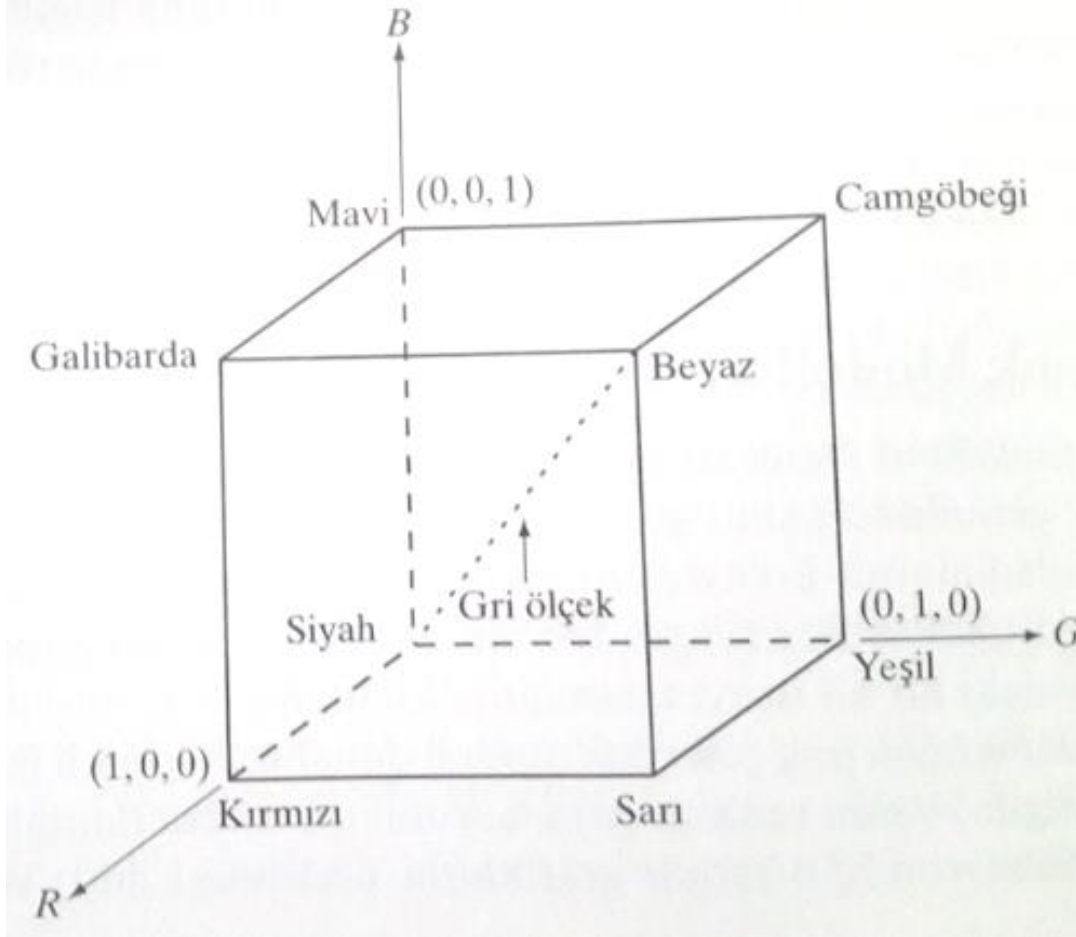
# CIE Renklilik Diyagramı

Renk oluşumu x (kırmızı) ve y (yeşil) bileşenlerinin bir fonksiyonu olarak gösterilir.



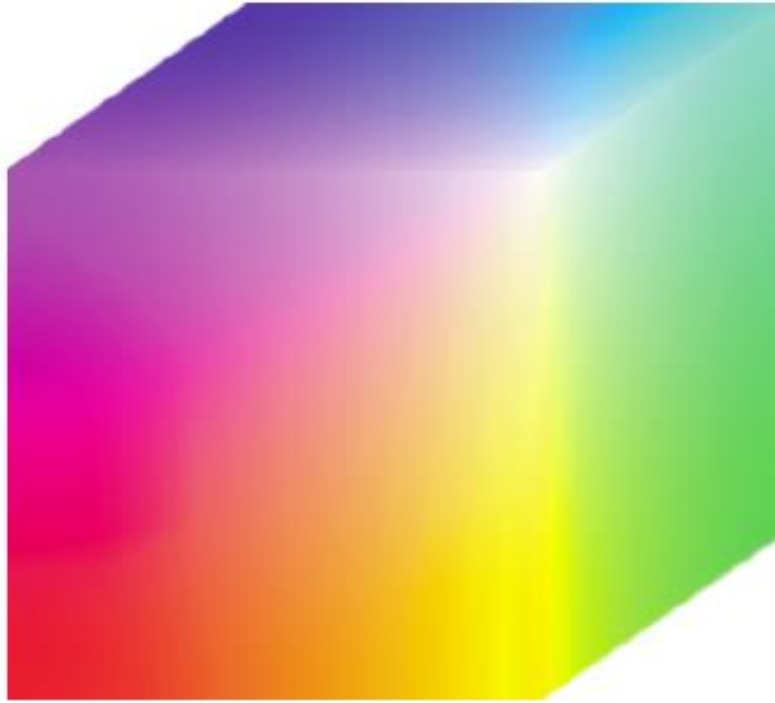
**ŞEKİL 6.5**  
Renklilik  
diyagramı  
(General Electric  
Co., Lamp  
Business Division  
izniyle)

# RGB Renk Modeli



**ŞEKİL 6.7**  
RGB renk küpünün taslak çizimi. Ana köşegen boyunca noktalar orijindeki siyah-tan (1, 1, 1) noktasındaki beyaza doğru gri değerler almaktadır.

# RGB Renk Modeli



**ŞEKİL 6.8**  
RGB 24-bit renk  
küpü.

24 bit derinlikli RGB  
görüntüsündeki toplam renk  
sayısı  $(2^8)^3 = 16,777,216$

# CMY ve CMYK Renk Modelleri

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

*Not: Tüm renk değerleri [0-1] aralığına normalize edilmiştir.*

Pigment ana renkleri olan camgöbeği, galibarda ve sarı renklerinin eşit miktarı siyah rengi üretmelidir. Uygulamada baskı amacıyla bu renklerin bileşimi bulanık görünümlü siyah bir tonu üretir.

Doğru siyah tonunu üretmek için CMYK renk modelini ortaya çıkaracak bir dördüncü renk, siyah eklenir.

*Bir sonraki sayfadaki örneği inceleyiniz.*



## CMY vs. CMYK





# HSI Renk Modeli

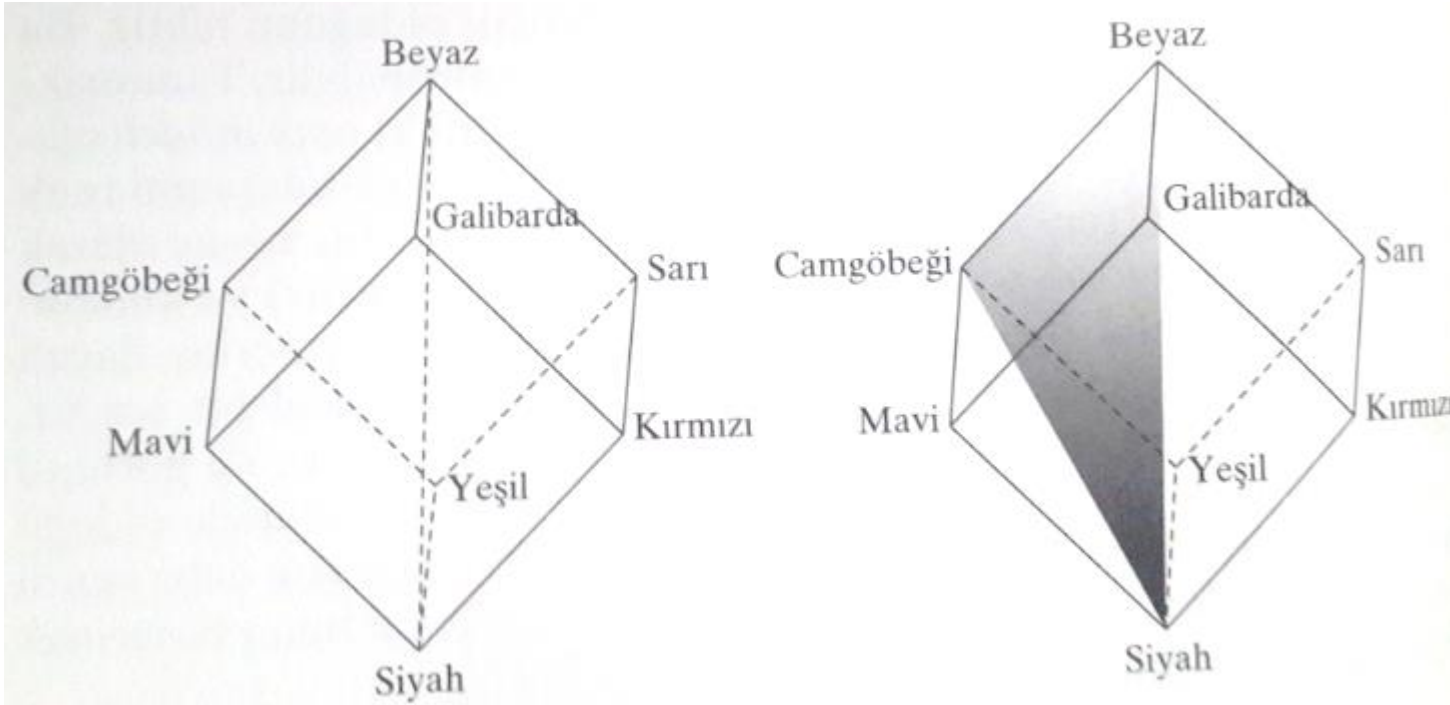
**Renk tonu (hue):** Bir ışık dalgası karışımı içerisindeki baskın dalga boyu ile ilgili bir özneliktir ve gözlemci tarafından algılandığı şekilde baskın rengi ifade eder.

**Doygunluk (saturation):** Göreceli saflık ya da bir renk tonu ile karıştırılan beyaz ışık miktarı ile ilgilidir.

**Parlaklık (brightness):** Yeğninliğin renksiz halini ihtiva eder.

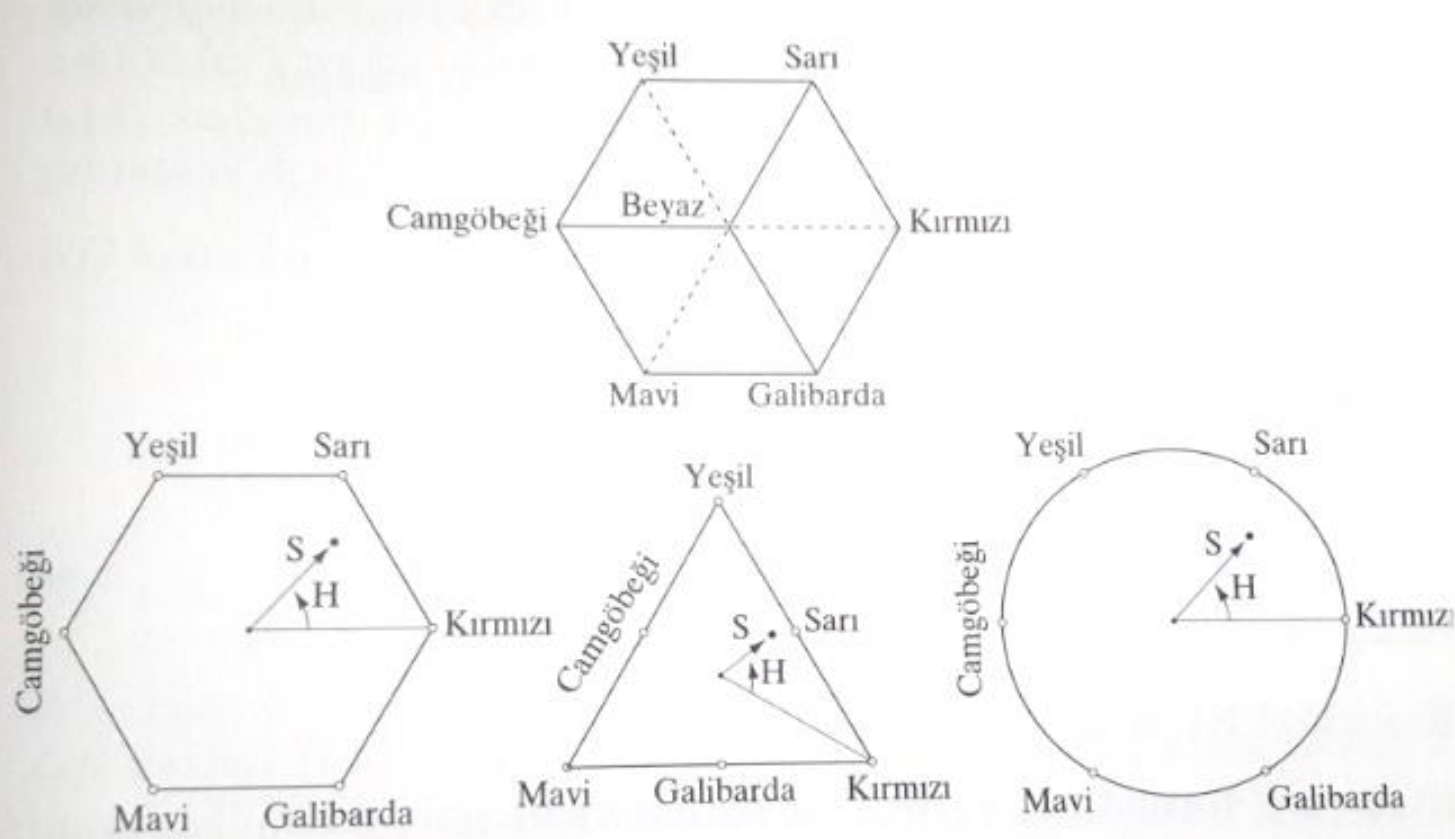
- ▶ HSI, bir renkli görüntüdeki yeğnilik bileşenini renk taşıyan bilgiden (renk tonu ve doygunluk) ayırır.

# HSI Renk Modeli



a b  
**ŞEKİL 6.12**  
RGB ve HSI renk modelleri arasındaki kavramsal ilişkiler.

# HSI Renk Modeli



a  
b c d

**ŞEKİL 6.13** HSI renk modelinde renk tonu ve doygunluk. Şekildeki benek keyfi seçilmiş bir noktadır. Kırmızı eksenini ile yapılan açı renk tonunu, vektörün uzunluğu ise doygunluğu verir. Bu düzlemlerdeki tüm renklerin yeşinlikleri, düzlemin düşey yeşinlik eksenindeki konumıyla belirlenir.

# Renkleri RGB'den HSI'ya Dönüştürme

- ▶ RGB renk formatında verilen bir görüntü için, her RGB pikselinin H bileşeni şu şekilde elde edilir:

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\left[ (R-G)^2 + (R-B)(G-B) \right]^{1/2}} \right\}$$

*Not: Tüm renk değerleri [0-1] aralığına normalize edilmiştir.*

# Renkleri RGB'den HSI'ya Dönüştürme

- ▶ RGB renk formatında verilen bir görüntü için, doygunluk bileşeni şu şekilde verilir:

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$

*Not: Tüm renk değerleri [0-1] aralığına normalize edilmiştir.*

# Renkleri RGB'den HSI'ya Dönüştürme

- ▶ RGB renk formatında verilen bir görüntü için, yeğlilik bileşeni şu şekilde verilir:

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

## Python kodu:

```
hsvImage = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_RGB2HSV)
```

*Not: Tüm renk değerleri [0-1] aralığına normalize edilmiştir.*

# Renkleri HSI'dan RGB'ye Dönüştürme

► RG kesimi ( $0^\circ \leq H < 120^\circ$ )

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

ve

$$G = 3I - (R + B)$$

*Not: Tüm renk değerleri [0-1] aralığına normalize edilmiştir.*

# Renkleri HSI'dan RGB'ye Dönüştürme

► GB kesimi ( $120^\circ \leq H < 240^\circ$ )

$$H = H - 120^\circ$$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

ve

$$B = 3I - (R + G)$$

*Not: Tüm renk değerleri [0-1] aralığına normalize edilmiştir.*



# Renkleri HSI'dan RGB'ye Dönüştürme

► BR kesimi ( $240^\circ \leq H \leq 360^\circ$ )

$$H = H - 240^\circ$$

$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

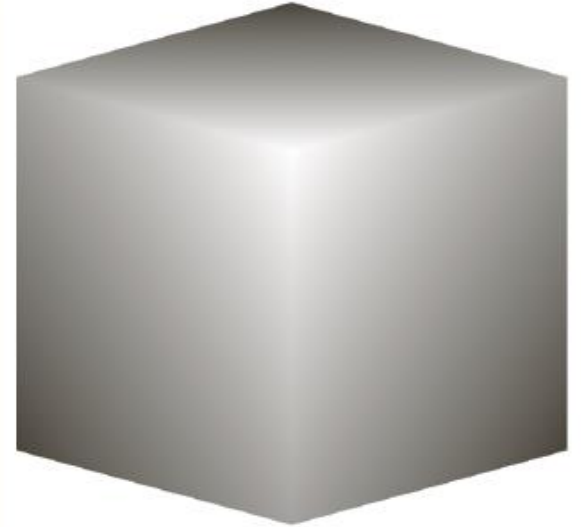
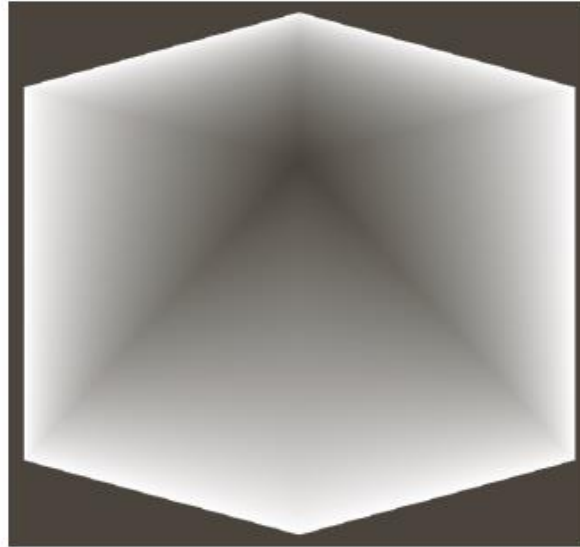
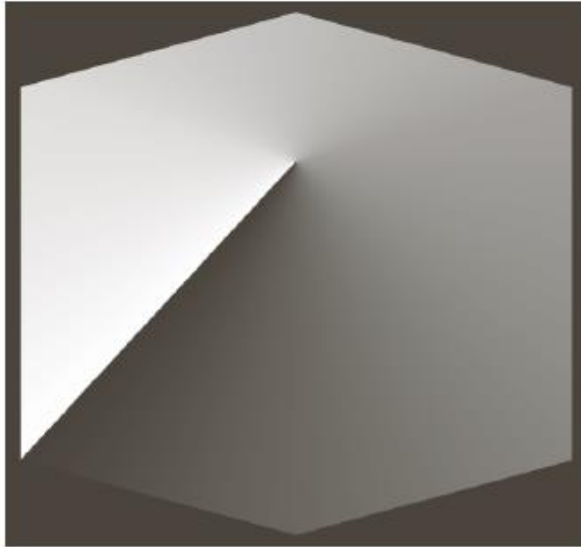
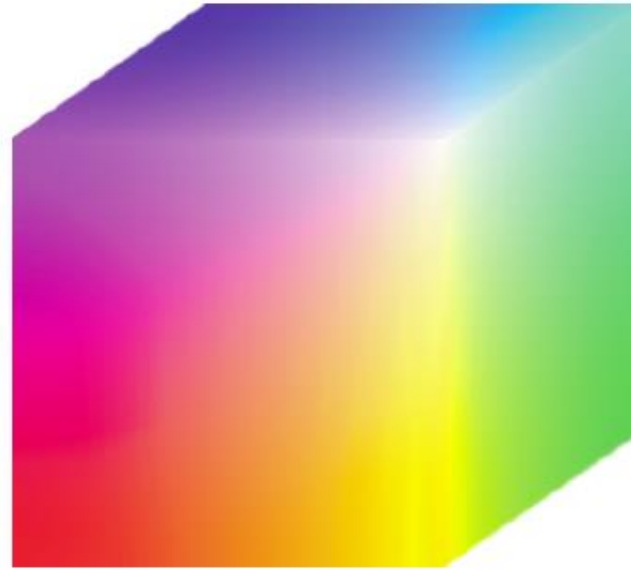
ve

$$R = 3I - (G + B)$$

*Not: Tüm renk değerleri [0-1] aralığına normalize edilmiştir.*

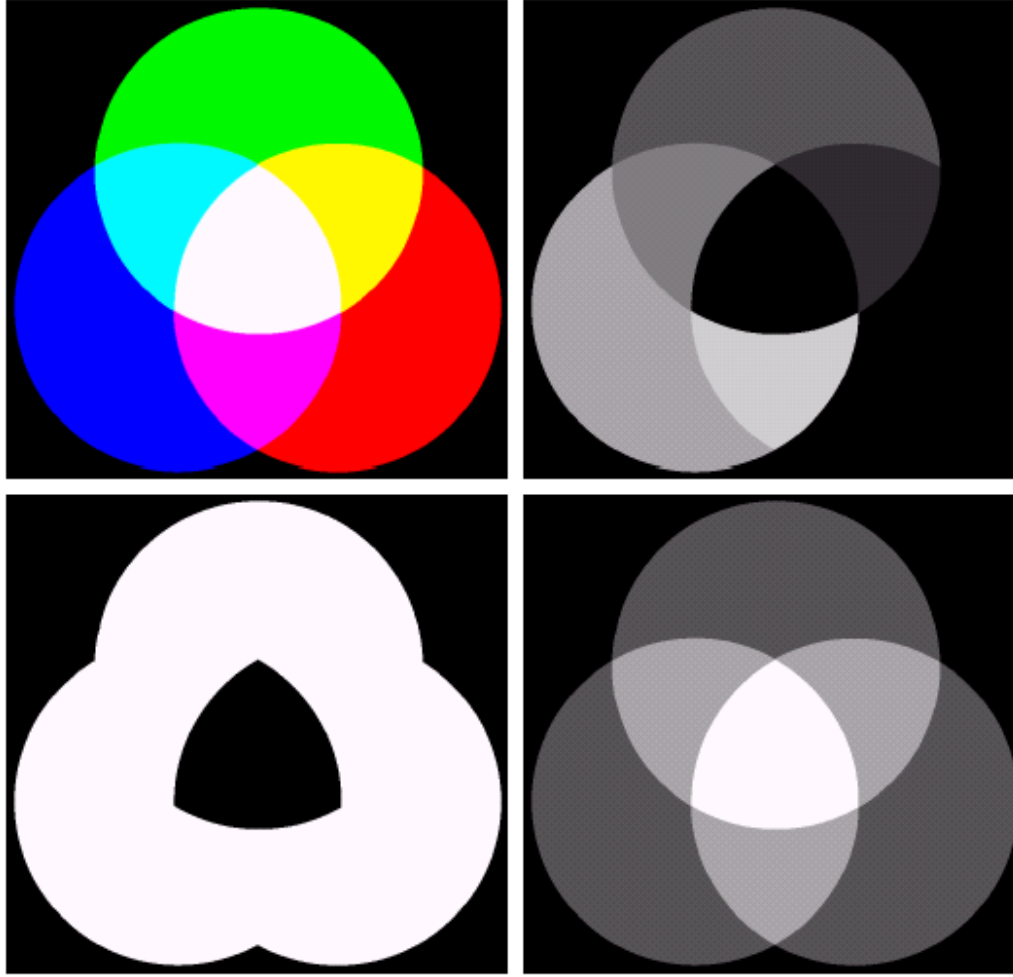
Python Kodu:

```
rgbImage = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_HSV2RGB)
```



a b c

**ŞEKİL 6.15** Şekil 6.8'deki görüntünün HSI bileşenleri. (a) Renk tonu, (b) doygunluk ve (c) yeğinlik görüntüleri.



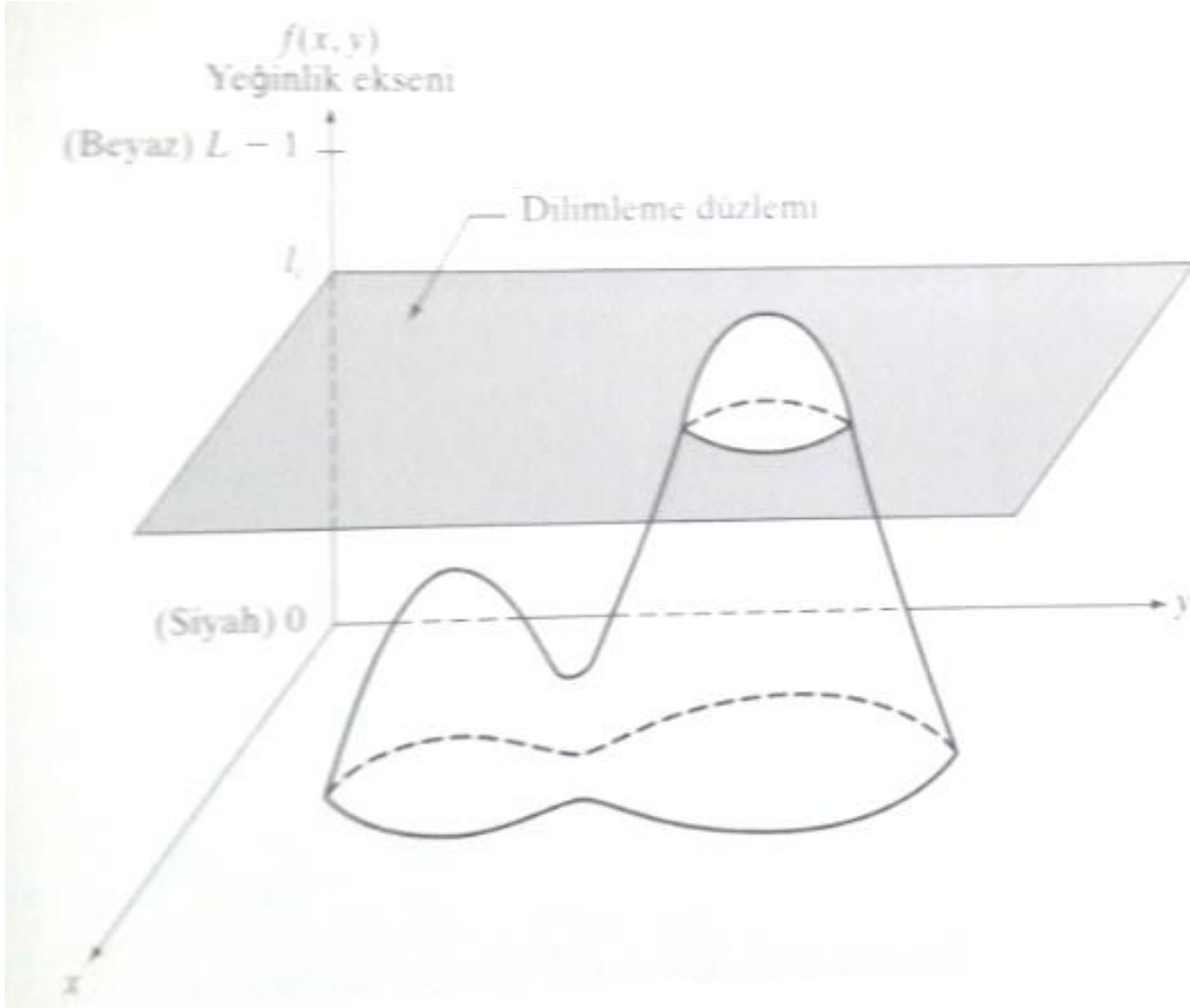
a b  
c d

**ŞEKİL 6.16**  
(a) RGB renkli görüntü ve ona ilişkin HSI görüntünün bileşenleri: (b) renk tonu, (c) doygunluk ve (d) yeğinlik.

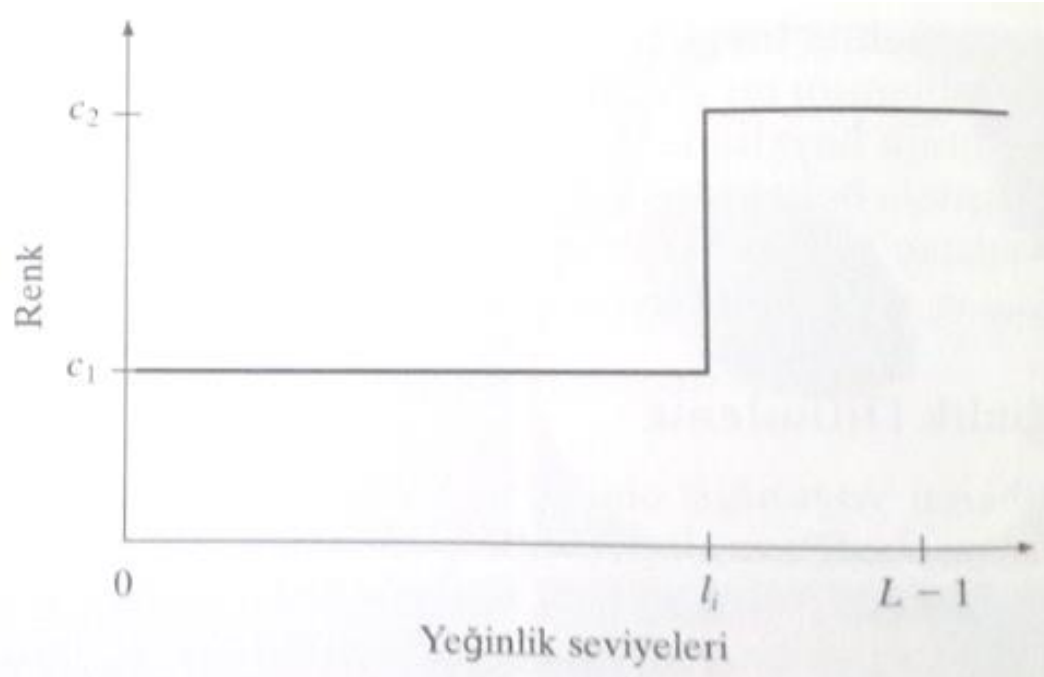
# Sözde Renkli Görüntü İşleme

- ▶ Sözde renkli görüntü işleme, belirli bir kriterlere dayalı olarak renklerin gri değerlerine atanmasıyla oluşur.
- ▶ Yeğlilik Dilimleme

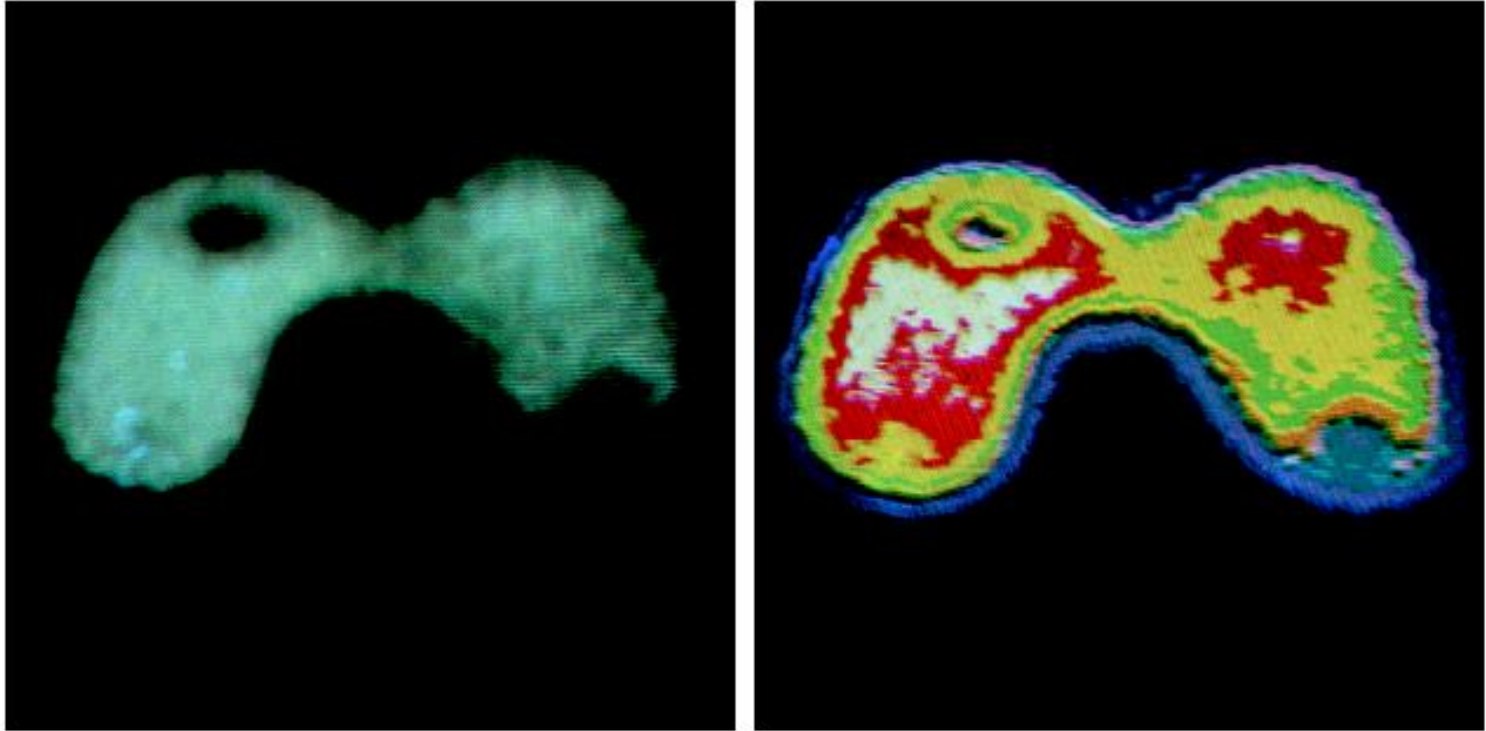
$$f(x, y) = c_k \quad \text{if } f(x, y) \in V_k$$



**ŞEKİL 6.18**  
Yeğinlik dilimleme tekniğinin geometrik temsili.



**ŞEKİL 6.19**  
Yeğlilik dilimle-  
me tekniğinin bir  
alternatif temsili.



a b

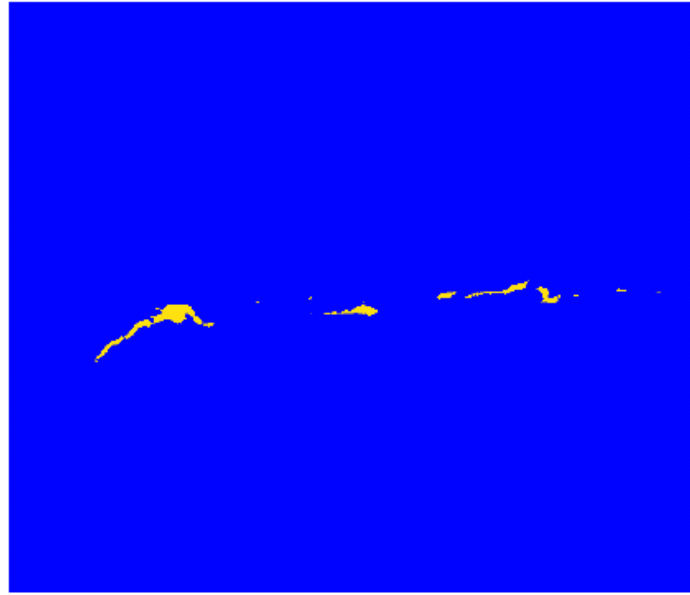
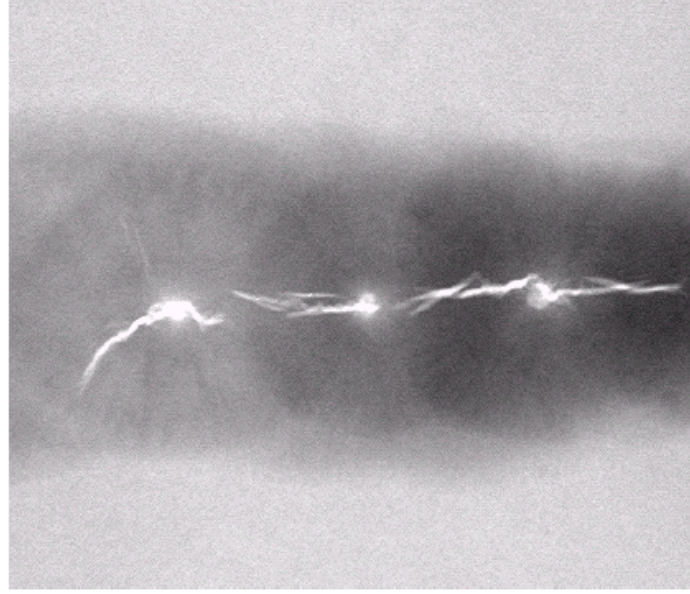
**ŞEKİL 6.20**

(a) Picker Tiroid Fantomunun tek renkli görüntüsü.  
(b) Sekiz renkli yoğunluk dilimleme sonucu. (Dr. J. L. Blankenship, Instrumentation and Controls Division, Oak Ridge National Laboratory izniyle)

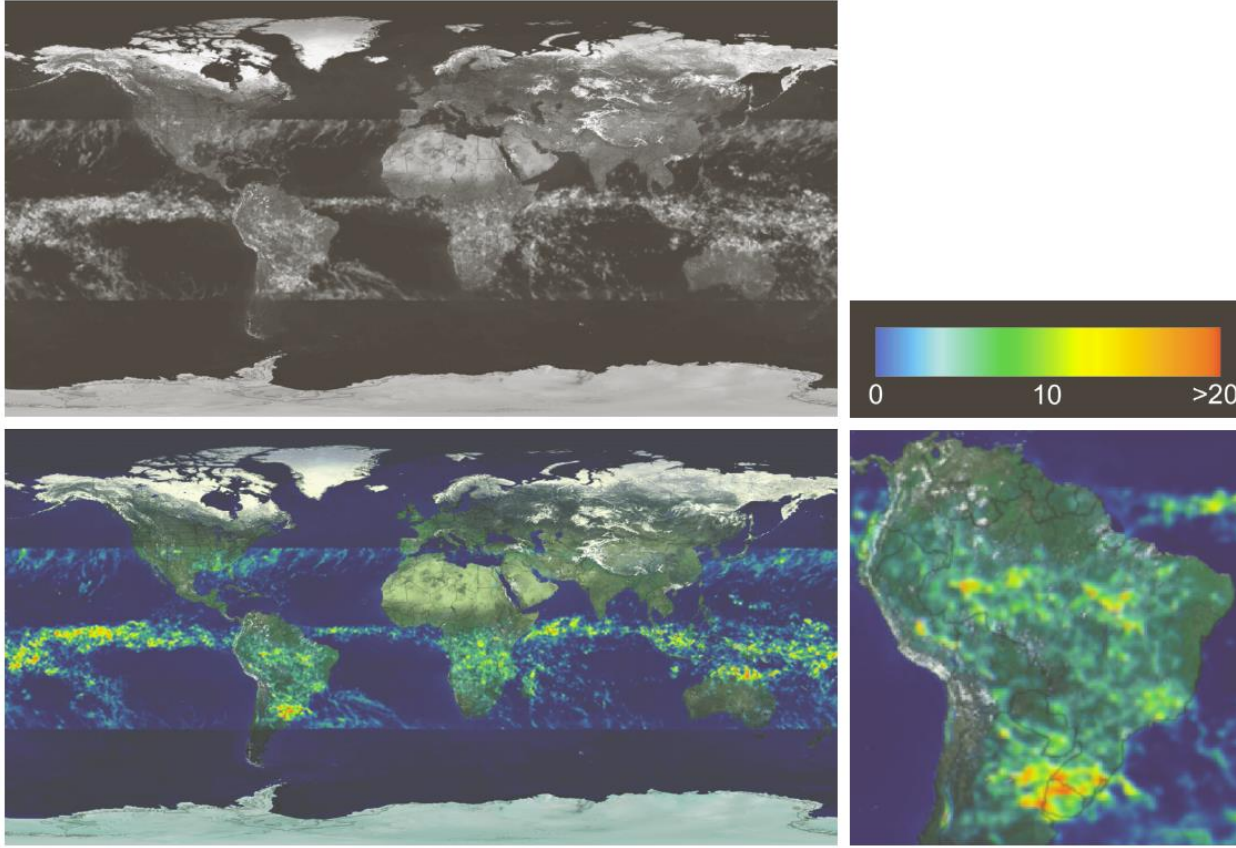
a  
b

**ŞEKİL 6.21**

(a) Bir kaynağın tek renkli X ışını görüntüsü. (b) Renk kodlama sonucu. (Orijinal görüntü X-TEK Systems, Ltd. izniyle)



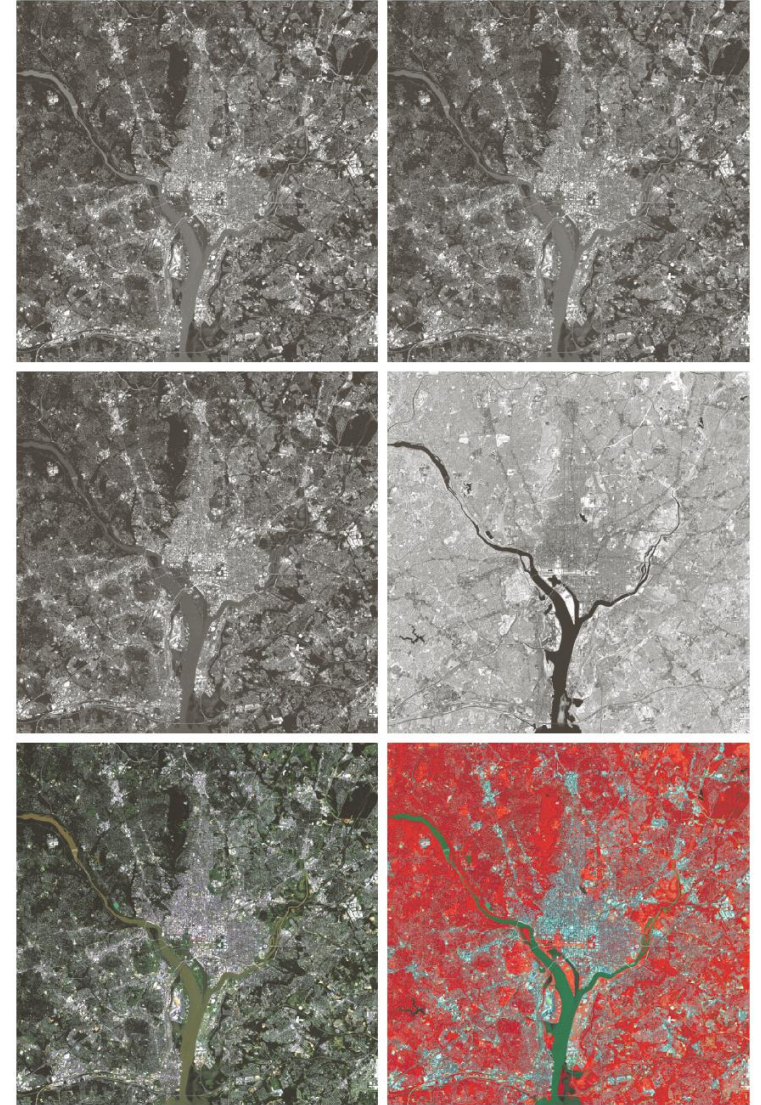




a b  
c d

**ŞEKİL 6.22** (a) Yeğînliğin aylık ortalama yağış miktarına karşılık geldiği gri ölçekli görüntü. (parlak gözükken yatay band) (b) Yeğînlik değerlerine atanan renkler. (c) Renk kodlanmış görüntü. (Güney Amerika bölgesinin yakınlaştırılmış hali. (NASA'nın izniyle)

Band No	İsim	Dalga boyu (µm)	Özellik ve Kullanım
1	Görünür Mavi	0.45-0.52	Maksimum su girişi
2	Görünür Yeşil	0.52-0.60	Bitki canlılığı ölçümü için iyi
3	Görünür Kırmızı	0.63-0.69	Bitki örtüsü ayırımı
4	Yakın Kızılötesi	0.76-0.90	Biyokitle ve sahil şeridi haritalanması
5	Orta Kızılötesi	1.55-1.75	Toprak ve bitki örtüsü nem içeriği
6	Isıl Kızılötesi	10.4-12.5	Toprak nem/ısı haritalama
7	Orta Kızılötesi	2.08-2.35	Mineral haritalama

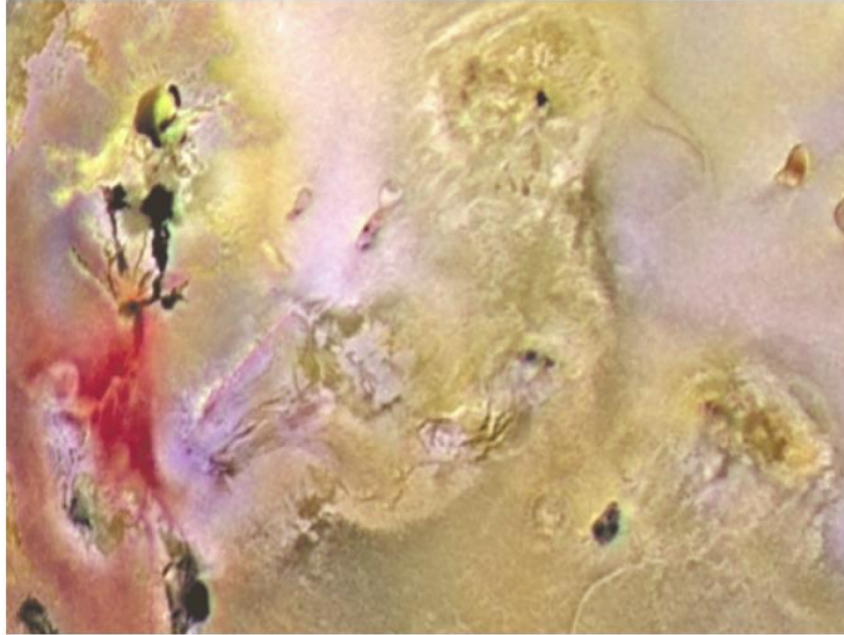


**ŞEKİL 6.27** (a) – (d) Şekil 1.10'daki 1-4 bantlarında bulunan görüntüler (Çizelge 1.1'e bakınız). (e) (a), (b) ve (c) görüntülerini bir RGB görüntüsünün bileşenleri olarak değerlendirmek suretiyle elde edilen renkli birleşik görüntü. (f) Buna benzer şekilde, ancak kırmızı kanal için (d)'deki yakın kızılötesi görüntü kullanılarak elde edilen görüntü. (Orijinal çoklu spektral görüntüler NASA'nın izniyle)

a b  
c d  
e f

Galileo uzay aracından alınan ve bazıları gözle görülmeyen spektral bölgede bulunan birkaç algılayıcı görüntüsünün birleştirilmesiyle sözde renkli olarak gösterilmiş görüntülerdir.

Sözde renkli görüntüdeki parlak kırmızı, Io üzerindeki aktif bir volkandan yeni püskürmüş maddeleri gösterir ve çevreleyen sarı maddeler daha eski olan sülfür birikintileridir.



a  
c

**ŞEKİL 6.28**  
(a) Jupiter'in ayı Io'nun sözde renkli temsili.  
(b) Yakından bir bakış. (NASA'nın izniyle)

# Tam Renkli Görüntü İşlemenin Temelleri

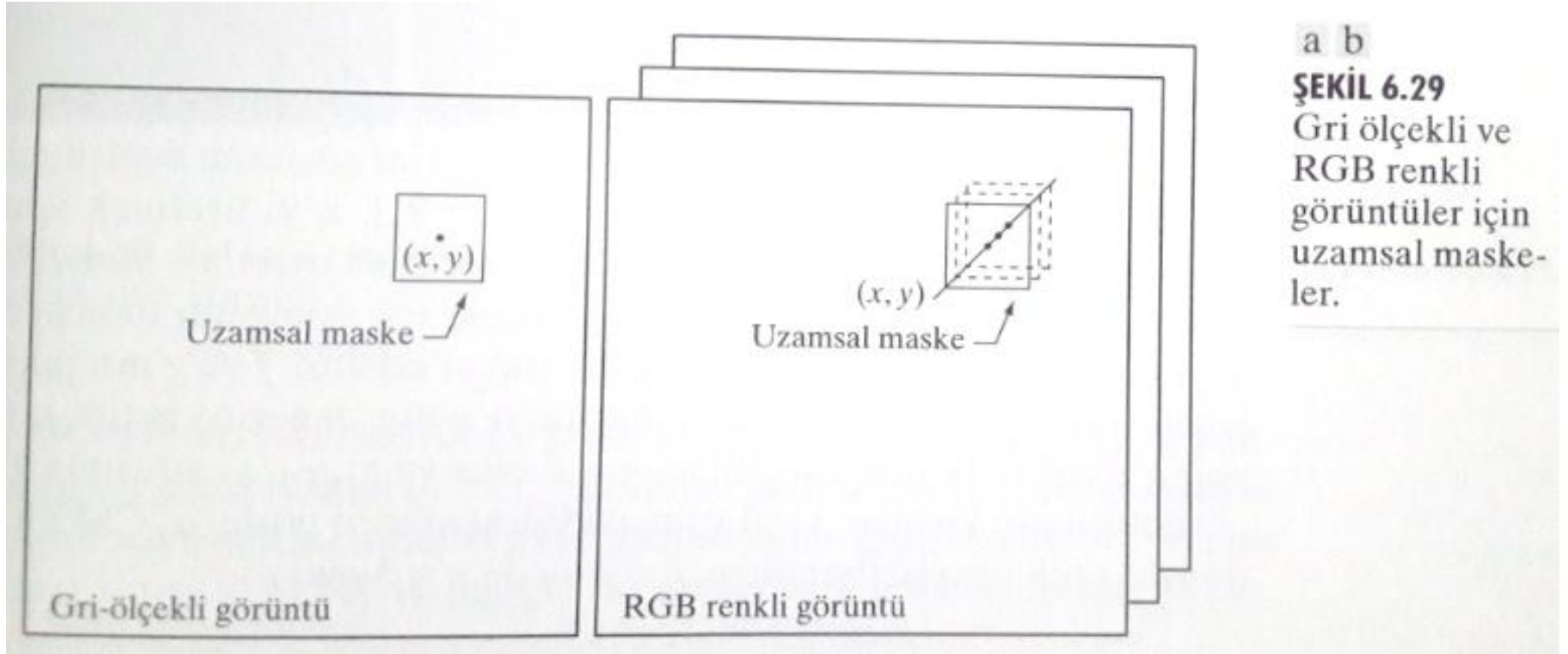
$c$ 'nin RGB renk uzayında herhangi bir vektörü temsil ettiğini ele alalım:

$$c = \begin{bmatrix} c_R \\ c_G \\ c_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$(x,y)$  koordinatları

$$c(x, y) = \begin{bmatrix} c_R(x, y) \\ c_G(x, y) \\ c_B(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix}$$

# Tam Renkli Görüntü İşlemenin Temelleri



a b  
**ŞEKİL 6.29**  
Gri ölçekli ve  
RGB renkli  
görüntüler için  
uzamsal maske-  
ler.

# Kaynaklar

- ▶ Sayısal Görüntü İşleme, Palme Yayıncılık, Üçüncü Baskıdan Çeviri (*Orj: R.C. Gonzalez and R.E. Woods: "Digital Image Processing", Prentice Hall, 3rd edition, 2008*).
- ▶ “Digital Image Processing Using Matlab”, Gonzalez & Richard E. Woods, Steven L. Eddins, Gatesmark Publishing, 2009
- ▶ Ders Notları, CS589-04 Digital Image Processing, F.(Qingzhong) Liu, <http://www.cs.nmt.edu/~ip>
- ▶ Ders Notları, BIL717-Image Processing, E.Erdem
- ▶ Ders Notları, EBM537-Görüntü İşleme, F.Karabiber
- ▶ <https://docs.opencv.org/>
- ▶ Bekir Aksoy, Python ile İmgeden Veriye Görüntü İşleme ve Uygulamaları, Nobel Akademik Yayıncılık