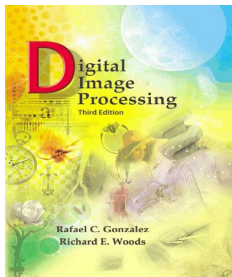


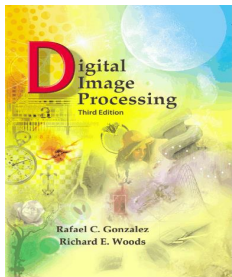
第六章

彩色图像处理



主要内容

- 彩色基础
- 彩色模型
- 伪彩色处理
- 彩色变换
- 平滑和锐化处理



引言

- 在图像处理中运用颜色受两个主要因素推动。
 - 第一，颜色是一个强有力的描绘子，它常常可简化目标物的区分及从场景中抽取目标；
 - 第二，人可以辨别几千种颜色色调和亮度，相形之下只能辨别几十种灰度层次。
- 彩色图像处理可分为两个主要领域：全彩色处理和伪彩色处理。
 - 在第一类中，图像用全彩色传感器获取，如彩色电视摄像机或彩色扫描仪。
 - 在第二类中，对特定的单一亮度或亮度范围赋予一种颜色。



6.1 彩色基础

- 1666年，牛顿发现当太阳光通过一个玻璃棱镜时，出现的光束不是白的，而是由从一端为紫色到另一端为红色的连续彩色光谱组成。彩色谱主要有红色、桔红色、黄色、绿色、蓝色、紫色六个主要区域，光谱中的颜色不是突变的，而是一种颜色连续地、平滑地过渡到另一种颜色。

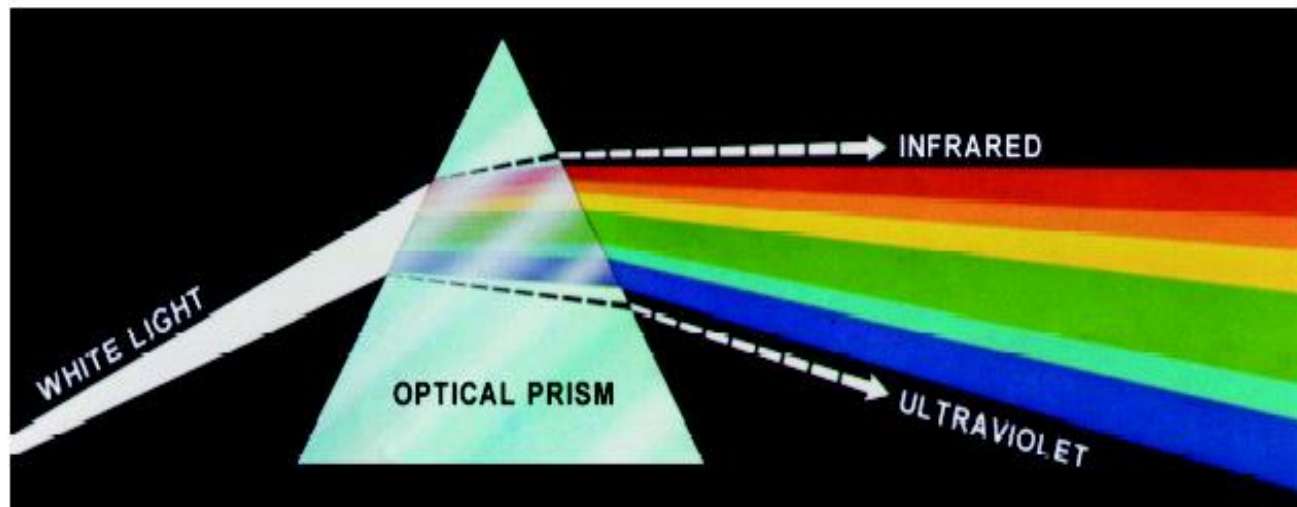


FIGURE 6.1 Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)



可见范围的电磁波谱的波长组成

- 人类和动物接受物体的颜色主要由物体反射光的性质决定。例如，绿色物体反射具有500–570nm范围的光，吸收其他波长的光的能量。

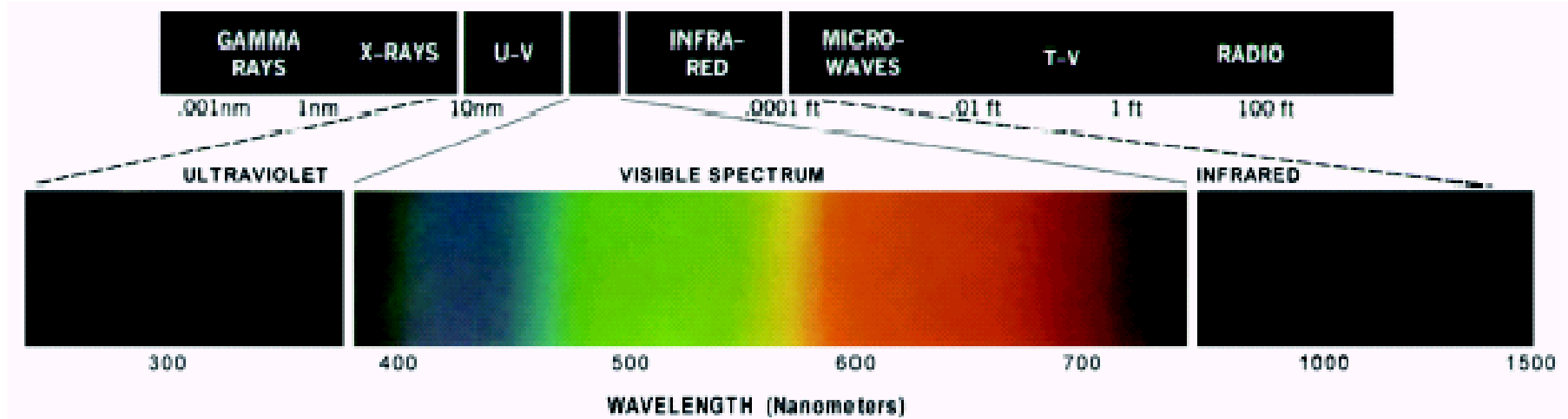
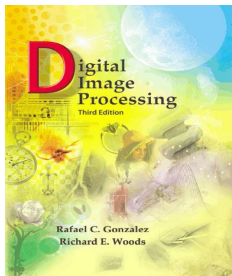
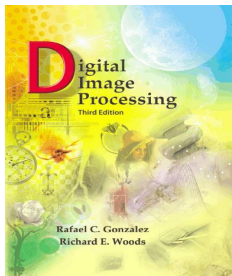


FIGURE 6.2 Wavelengths comprising the visible range of the electromagnetic spectrum. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)



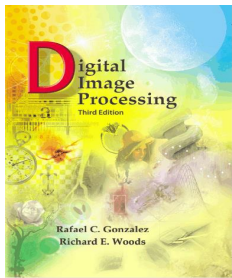
6.1 彩色基础

- 光特性是颜色科学的核心。如果光是消色的，它的属性仅仅是亮度，消色光就是观察者看到的黑白电视的光。前面所讲的灰度图就是仅有亮度的图像。
- 彩色光大约覆盖电磁波谱400~700nm的范围，三个基本量用来描述彩色光源的质量：辐射量、光强和亮度。
 - 辐射量是从光源流出能量的总量，通常是用瓦特度量。
 - 光强用流明度量，它给出了观察者从光源接收的能量总和的度量。
 - 亮度是一个主观描绘子，它实际上是不可度量的。它包含了无色的强度的概念，是描述彩色感觉的一个关键参数。



6.1 彩色基础

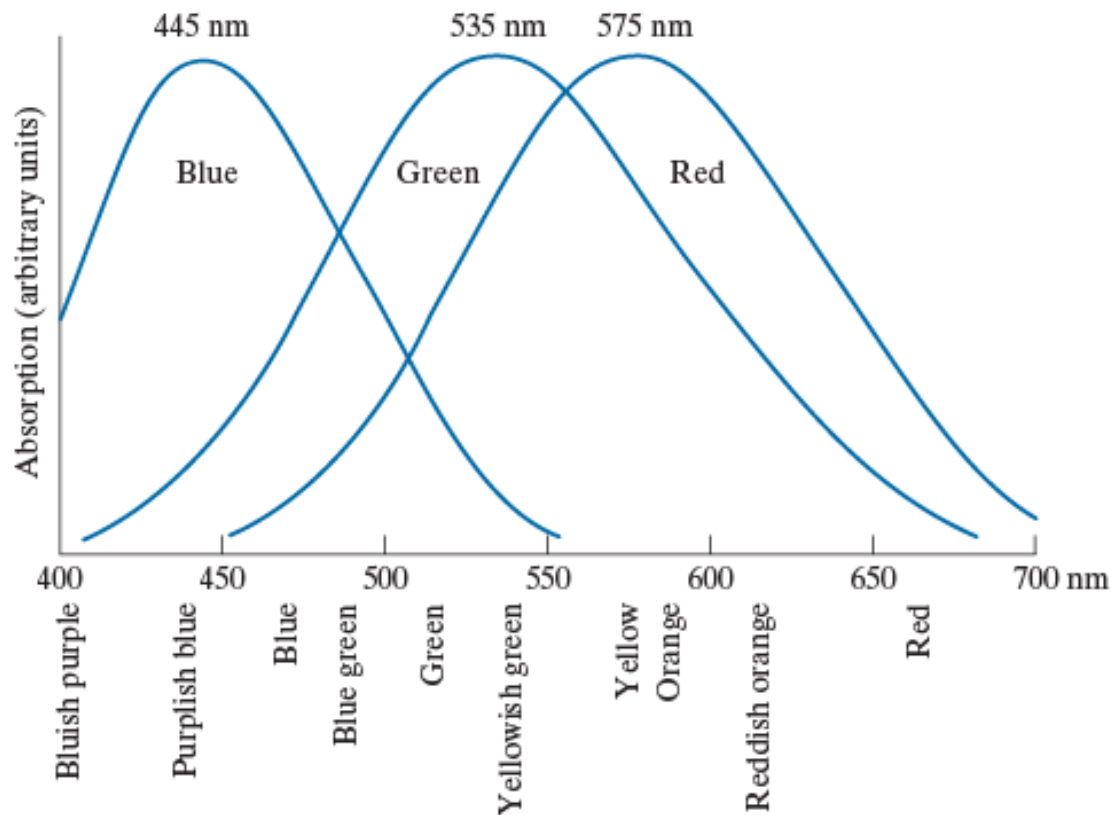
- 色觉的产生需要一个光源，光源的光通过反射或透射方式传递到眼睛，被视网膜细胞接受引起视神经信号，然后人脑对此加以解释，产生视觉。
- 第二章曾提到，人眼的锥状细胞是负责彩色视觉的传感器，试验表明，锥状细胞可分为三个主要的感觉类别，分别对应红、绿、蓝，大约有65%的锥状细胞对红光敏感，33%对绿光敏感，2%对蓝光敏感。由于人眼的这些吸收特性，被看到的彩色是所谓的原色红、绿、蓝的组合。为标准化，CIE（国际照度委员会）在1931年设计了特定波长值为主原色：蓝=435.8nm，绿=546.1nm，红=700nm。但并不是这三个波长的原色可以产生所有的可见彩色。



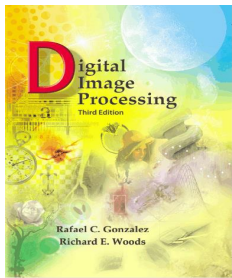
锥状体的波长吸收函数

FIGURE 6.3

Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.



1965年实验



三原色原理

- 原色相加可产生二次色，如深红色 (R+B)，青色 (G+B)，黄 (R+G)。以正确的亮度把三原色或一种二次色与其相反的原色相混合可产生白光。例如彩色电视机接收机采用的就是这种加色原理。
- 光原色与颜料或色剂原色之间的区别是很重要的。后者定义的一种原色为减去或吸收光的一种原色并反射或传输另两种原色。因此，颜料的原色是深红色，青色和黄色，而二次色是红、绿、蓝。

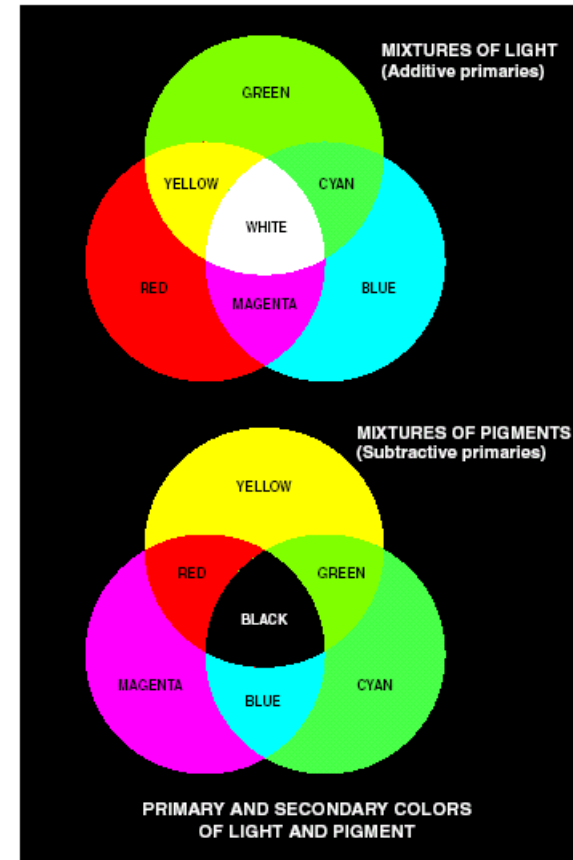
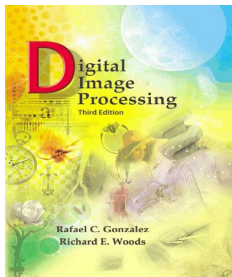
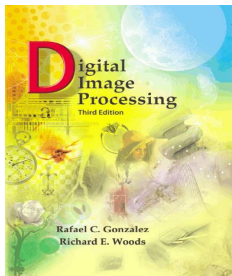


FIGURE 6.4 Primary and secondary colors of light and pigments. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)



颜色的表征

- 通常用以区别**颜色**的特性是**亮度**、**色调**、**饱和度**。
 - **亮度**表达了无色的强度的概念，是光作用于人眼时所引起的明亮程度的感觉。亮度有两种特性：
 - 同一物体因受光不同产生亮度上的变化；
 - 强度相同的不同色光亮度感觉不同。
 - **色调**是光波混合中与主波长有关的属性，色调表示观察者接收的主要颜色。
 - **饱和度**是指色彩纯粹的程度。纯谱色是全饱和的。像粉红（红加白）是欠饱和的，饱和度与所加白光数量成反比。
- 色调与饱和度一起称为彩色，



三色值

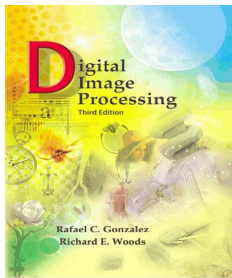
- 将红、绿、蓝的量称为三色值，表示为 X, Y, Z ，则一种颜色由三色值系数定义为：

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

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

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

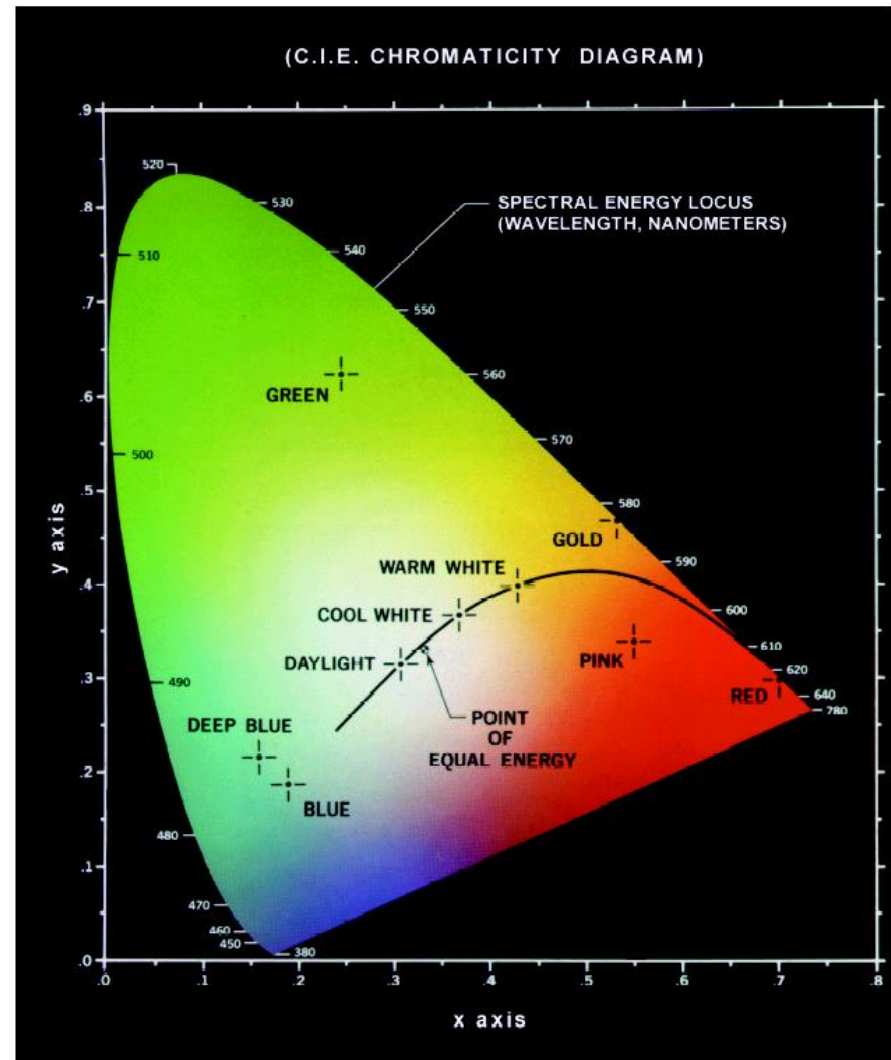
$$x + y + z = 1$$

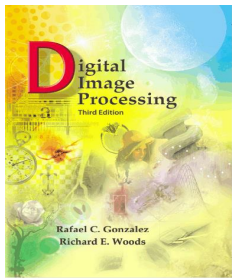


色度图

- 色度图中每点都对应一种可见光的颜色；
- 纯色在色度图边界上，任何不在边界上而在色度图内部的点都表示谱色的混合色；
- 色度图边界上的任何点都是全饱和的，越靠近中心点C饱和度和度越低，中心点处各种光谱能量相等而显为白色；
- 要确定三个给定的颜色所组合成的颜色，只需将三点连成三角形，三角形中任意颜色都可由这三色组成，而其他的颜色不能由这三色组成。

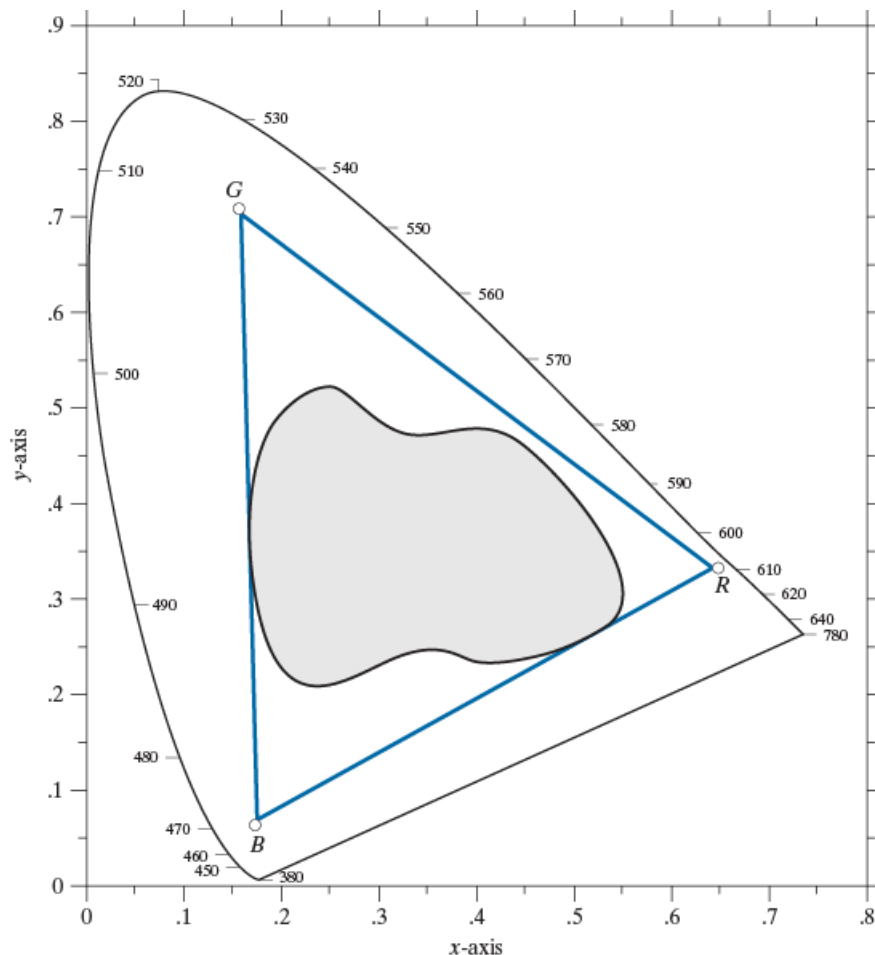
FIGURE 6.5
Chromaticity diagram.
(Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

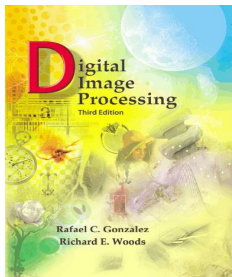




典型彩色域

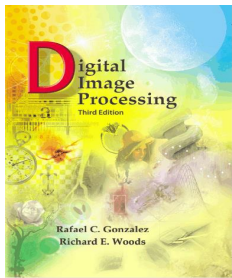
- 以任意确定颜色为顶点的三角形不能包围色度图中的所有颜色范围。由此，也说明了三个单一的、确定的原色不能得到所有的颜色的论点。
- 三角形内区域表示了由RGB监视器产生的颜色范围。
- 在三角形内不规则区域表示高质量的彩色打印设备的彩色域。





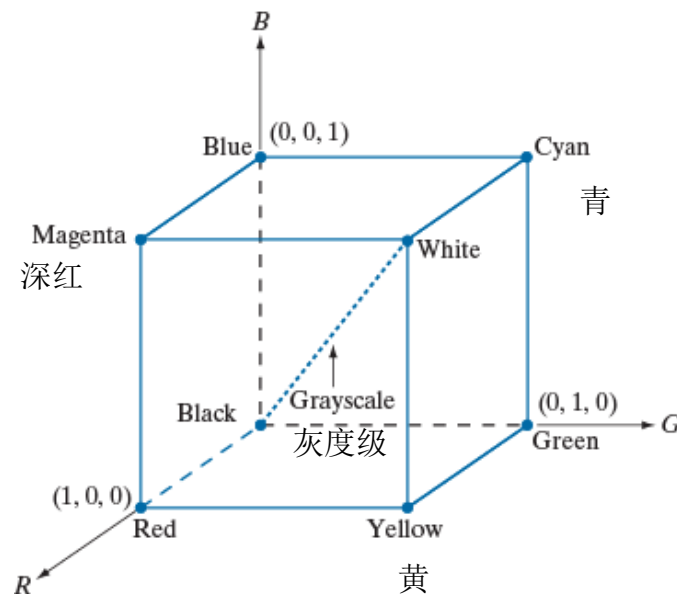
6.2 彩色模型

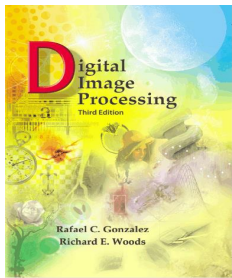
- 彩色模型的用途是在某些标准下用通常可接受的方式简化彩色规范。
 - RGB模型：实际中最通用的面向硬件的模型，该模型用于彩色监视器和一大类彩色视频摄像机。
 - CMY（青、深红、黄）、CMYK（青、深红、黄、黑）模型是针对彩色打印机的。
 - HSI（色调、饱和度、亮度）模型更符合描述和解释颜色的方式。HSI模型还有一个优点，就是把图像分成彩色和灰度信息，使其更适合许多灰度处理技术。



RGB模型

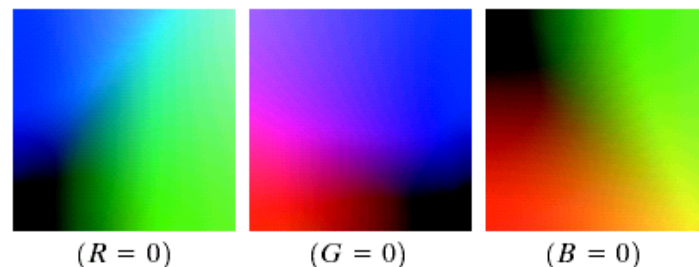
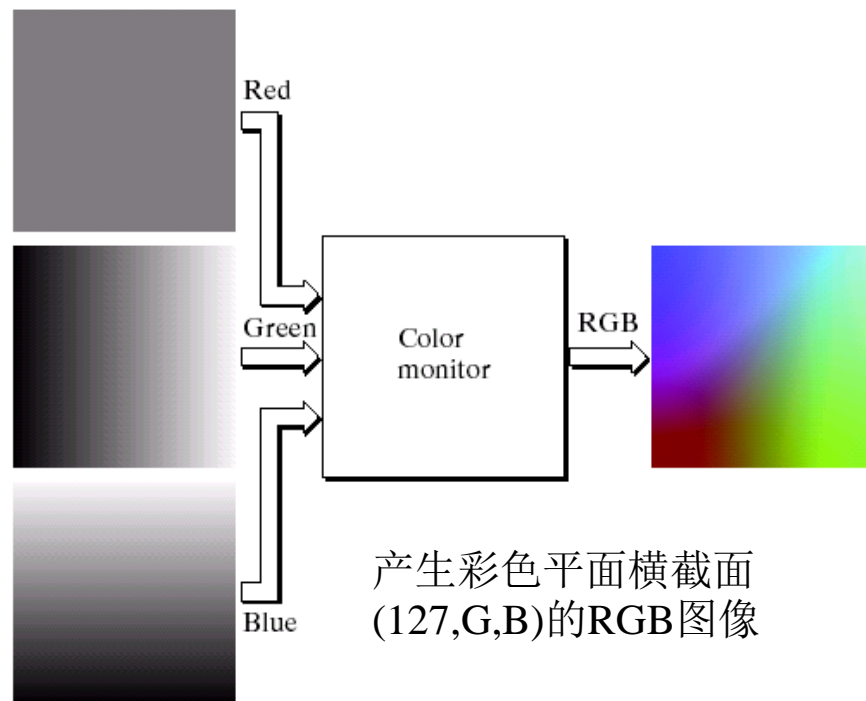
- 图示RGB立方体中，不同颜色位于立方体的表面或内部，原点处表黑色，白色位于离原点最远的角上。灰度等级沿着这两点的连线分布。为方便起见，所有颜色值都归一化。
- 在RGB模型中，图像由三个图像分量组成，每一个分量图像都是其原色图像。三幅图像合成彩色图像。
- **像素深度**：用以表示每一个像素的比特数。

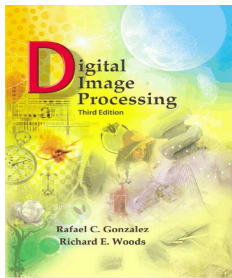




产生彩色横截面的RGB图像

- 当送入RGB监视器时，这三幅图像在荧光屏上混合产生一幅合成的彩色图像。在RGB空间，用以表示每一像素的比特数叫做像素深度。考虑RGB图像，其中每一幅红、绿、蓝图像都是一幅8比特图像，在这种条件下，每一个RGB彩色像素称为24比特深度。全彩色图像常用来定义24比特的彩色图像。24比特RGB图像中的颜色总数是 $(2^8)^3 = 16\ 777\ 216$ 。

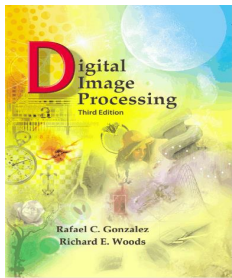




CMY和CMYK模型

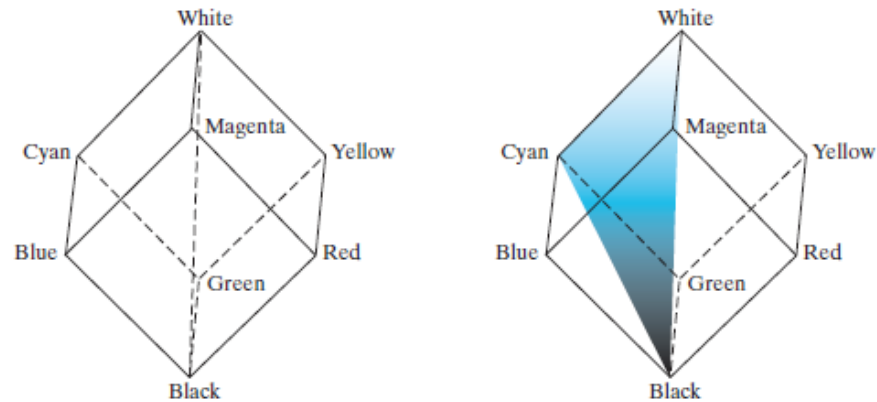
- 青、深红和黄色是光的二次色，是颜料的原色。例如，当青色颜料涂覆的表面用白光照射时，从该表面反射的不是红光，而是从反射的白光中减去红色。大多数在纸上沉积彩色颜料的设备，如彩色打印机和复印机，要求输入CMY数据。
- 等量的颜料原色可以产生黑色。实际上，为打印组合这些颜色产生的黑色是不纯的。因此，为了产生真正的黑色，加入了第四种颜色——黑色，提出了CMYK彩色模型。
- 彩色打印机和复印机要求输入CMY数据或在内部做RGB到CMY的转换。

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



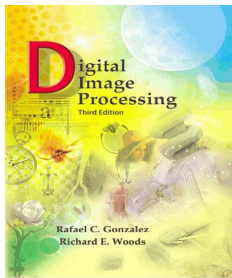
HSI彩色模型

- HSI (色调、饱和度、强度彩色模型)
- RGB模型对于图像彩色的产生是理想的，但对于彩色描述上的应用有较多的限制。并不适合用于彩色图像处理。



RGB和HSI模型之间的关系

- 由于I(Intensity)分量与图像的彩色信息无关，H(Hue)和S(Saturation)与人感觉颜色的方式紧密相连，这些特点使得HSI模型非常适合借助人的视觉系统来感知彩色特性的图像处理算法。



色调和饱和度

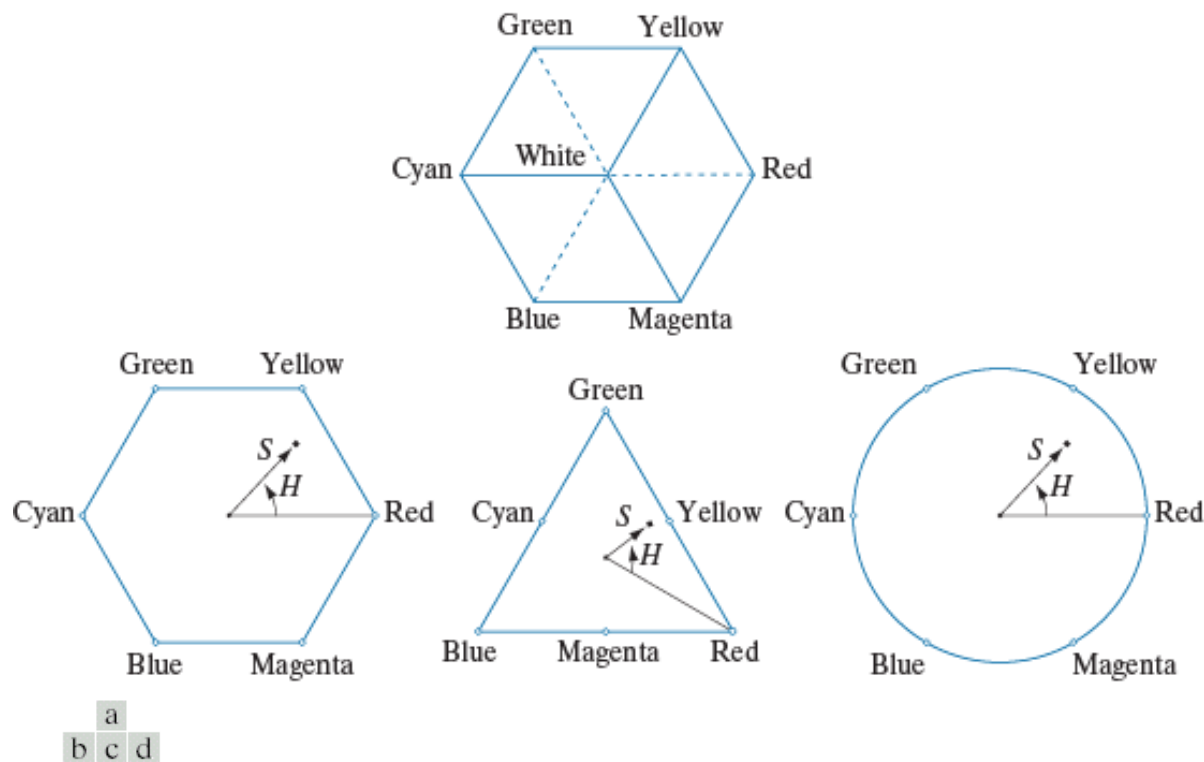
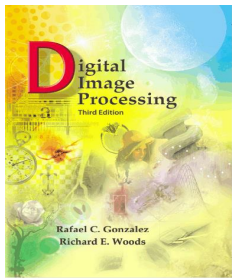


FIGURE 6.13 Hue and saturation in the HSI color model. The dot is an arbitrary color point. The angle from the red axis gives the hue, and the length of the vector is the saturation. The intensity of all colors in any of these planes is given by the position of the plane on the vertical intensity axis.

- 在RGB立方体内，垂直于强度轴的平面沿轴上下移动时，截面边界呈现三角形或六边形。平面中，原色按照120度分隔，二次色与原色相隔60度。

沿灰度轴向下看，圆点表示任意颜色点。图中与红轴的夹角表示了色调，而向量的长度是饱和度



从RGB到HSI的彩色转换

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

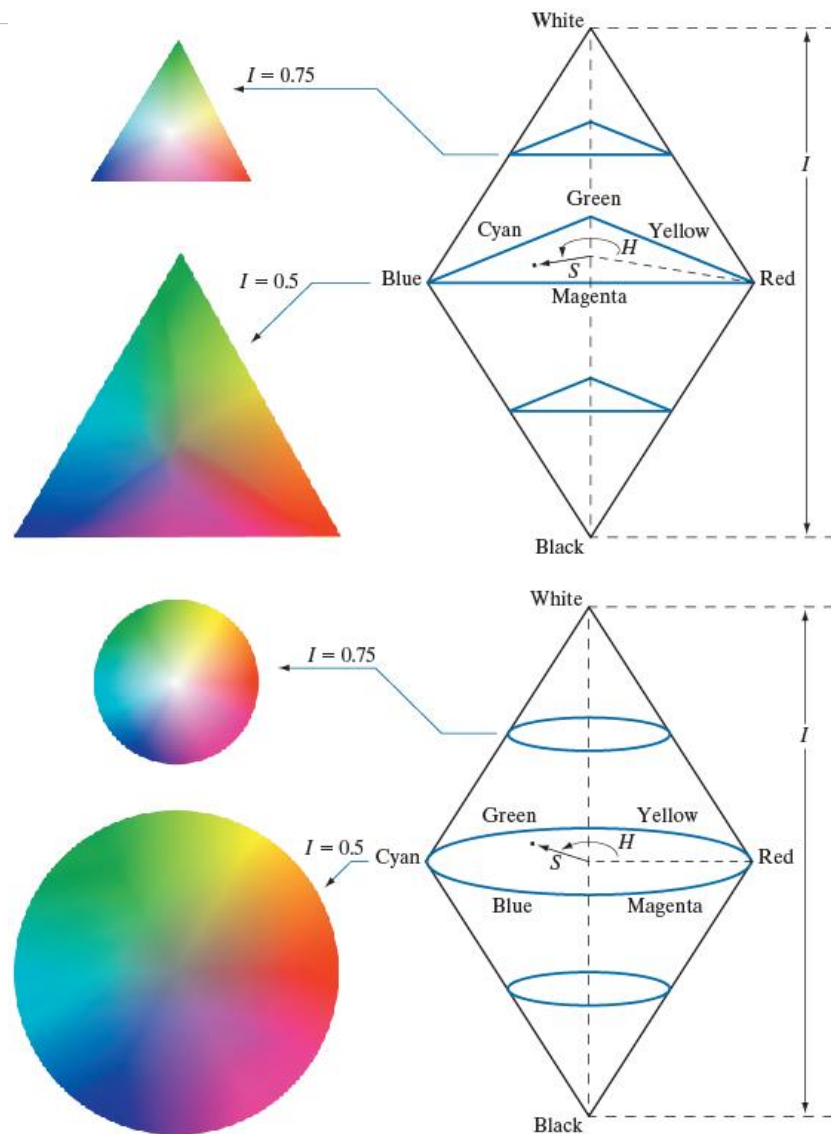
饱和度 $S = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-G)(G-B)]^{1/2}} \right\}$

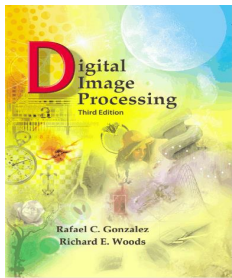
饱和度

强度 $I = \frac{1}{3}(R + G + B)$

强度

强度 $I = \frac{1}{3}(R + G + B)$





从HSI到 RGB的彩色转换

当H位于RG扇形区($0 \leq H < 120$)

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

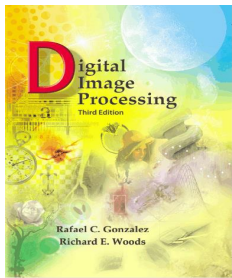
当H位于GB扇形($120 \leq H < 240$)

首先, $H = H - 120$

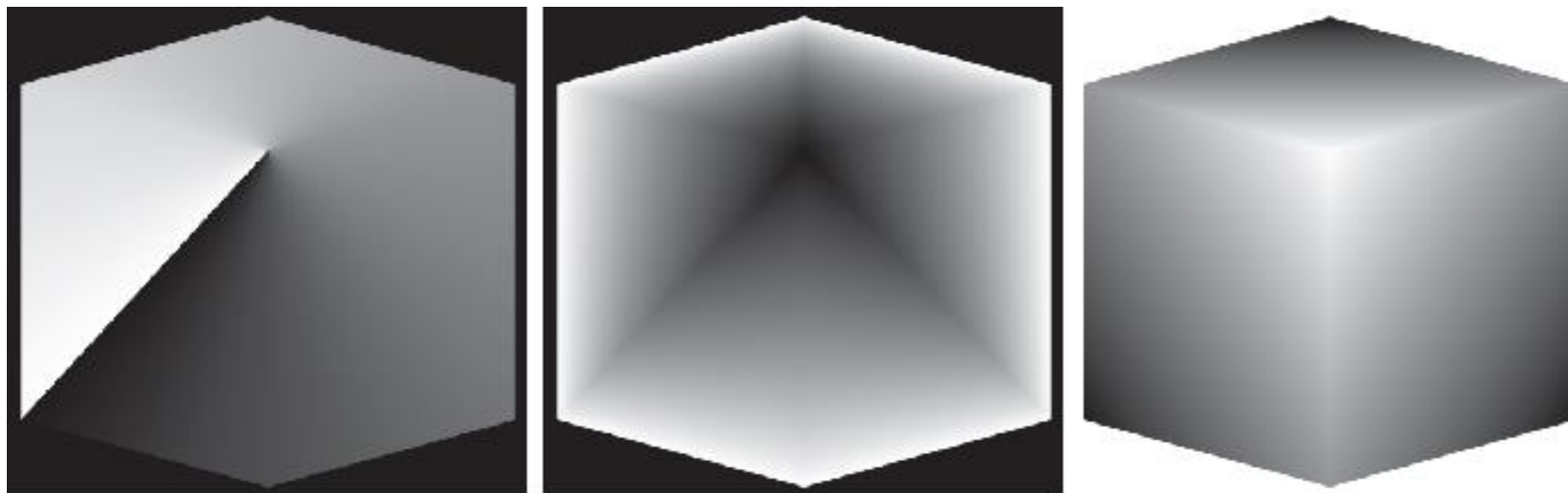
$$R = I(1 - S) \quad G = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \quad B = 1 - (R + G)$$

当H位于BR扇形($240 \leq H < 360$) 首先, $H = H - 240$

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



RGB立方体的图像的HSI值



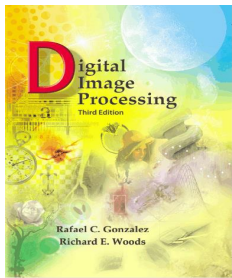
a b c

FIGURE 6.13 HSI components of the image in Fig. 6.8: (a) hue, (b) saturation, and (c) intensity images.

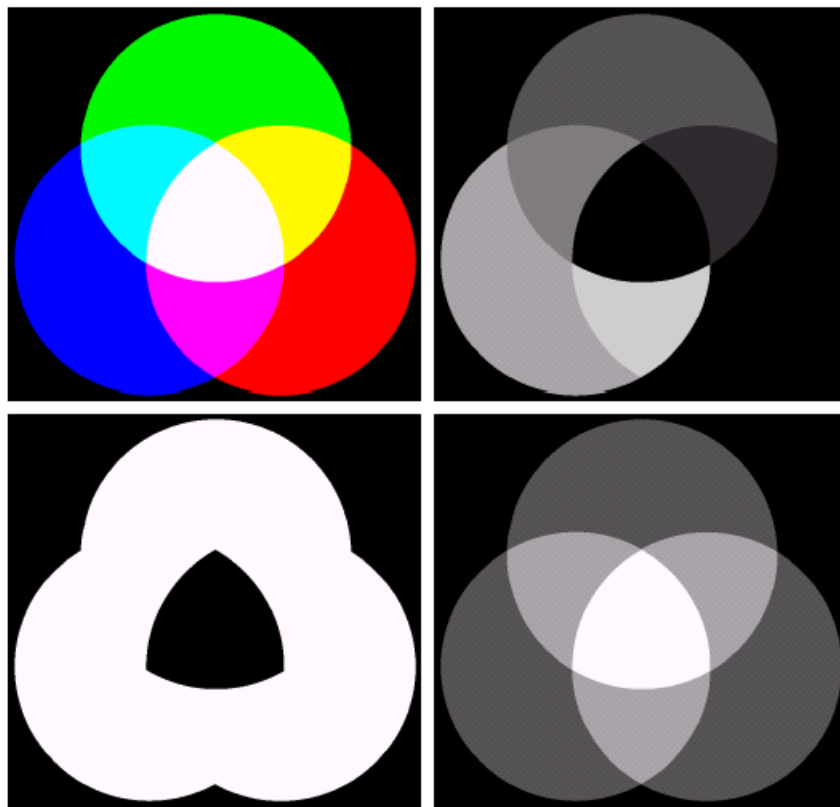
a) 色调

b) 饱和度

c) 强度



HSI分量图像处理



a) RGB图像和
与之相应的HSI
图像分量

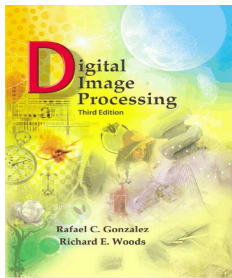
b)色调

c)饱和度

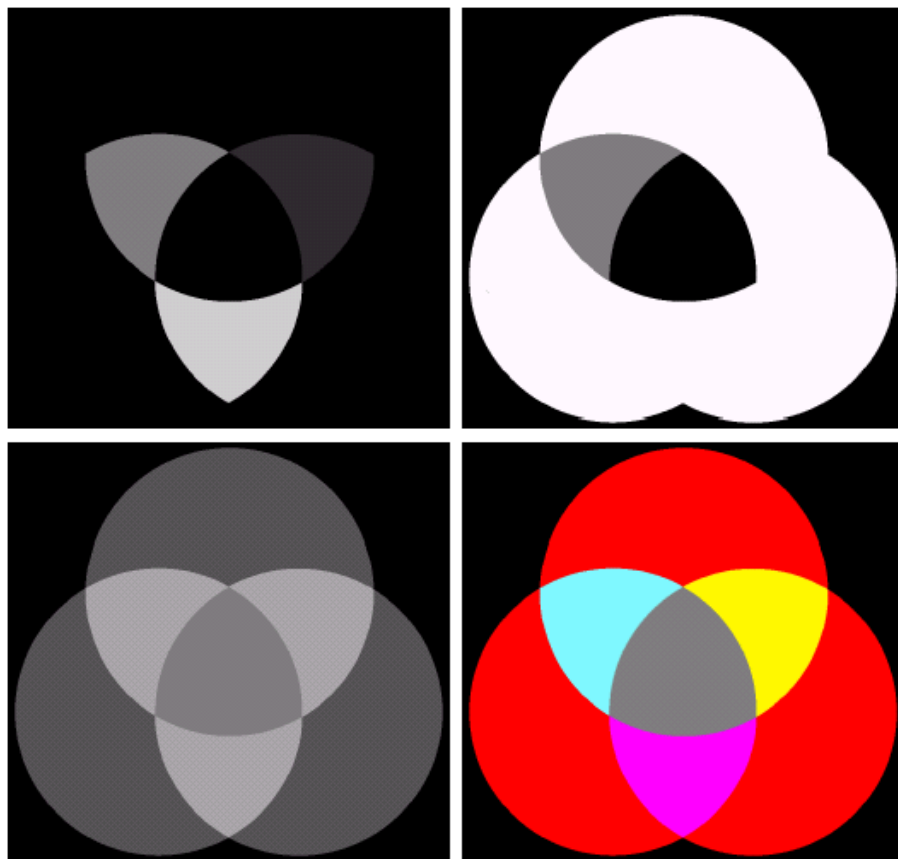
d) 强度

a b
c d

FIGURE 6.16 (a) RGB image and the components of its corresponding HSI image: (b) hue, (c) saturation, and (d) intensity.



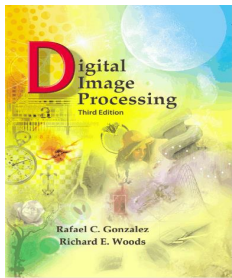
HSI分量图像



- a) 蓝、绿区域变为0后的色调分量图像
- b) 青色区域饱和度减少一半后的饱和度分量图像
- c) 强度图像中心的白区域强度减少一半后图像
- d) 最终合成的RGB图像

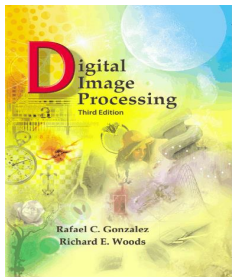
a b
c d

FIGURE 6.17 (a)–(c) Modified HSI component images. (d) Resulting RGB image. (See Fig. 6.16 for the original HSI images.)



6.3 伪彩色处理

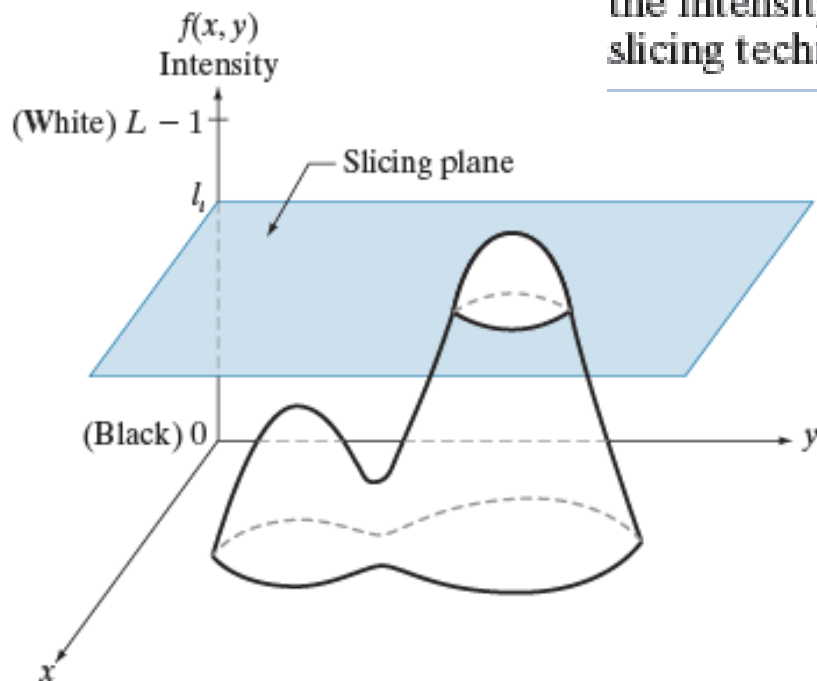
- 伪彩色（也称假彩色）图像处理是根据特定的准则对灰度值赋以彩色的处理；
- 伪彩色的主要应用是为了人目视观察和解释一幅图像或序列图像中的灰度目标。
- 人眼可以辨别上千种颜色，但却只能辨别几十种灰度。

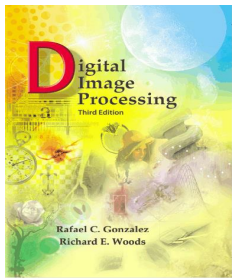


6.3.1 强度分层

强度分层（也称密度分层）和彩色编码是伪彩色图像处理的最简单的例子之一。如果一幅图像被描述为三维函数，分层方法可以看作是放置一些平行于图像坐标面的平面，然后平面在相交的区域中切割图像函数。平面上的灰度级被赋予一种颜色，下面另一种颜色。

FIGURE 6.16
Graphical interpretation of the intensity-slicing technique.



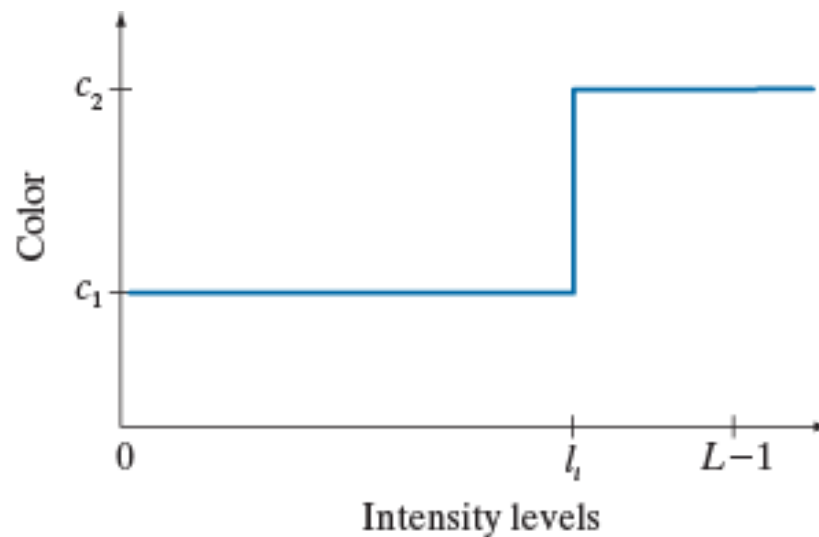


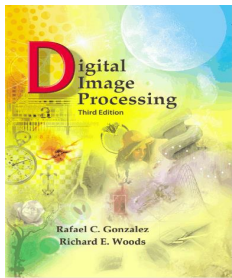
6.3.1 强度分层

强度分层的另一种解释。任何输入的灰度级根据其位于 l_i 值的上面或下面赋予两种颜色之一。当采用更多灰度级时，映射函数采取阶梯形式。

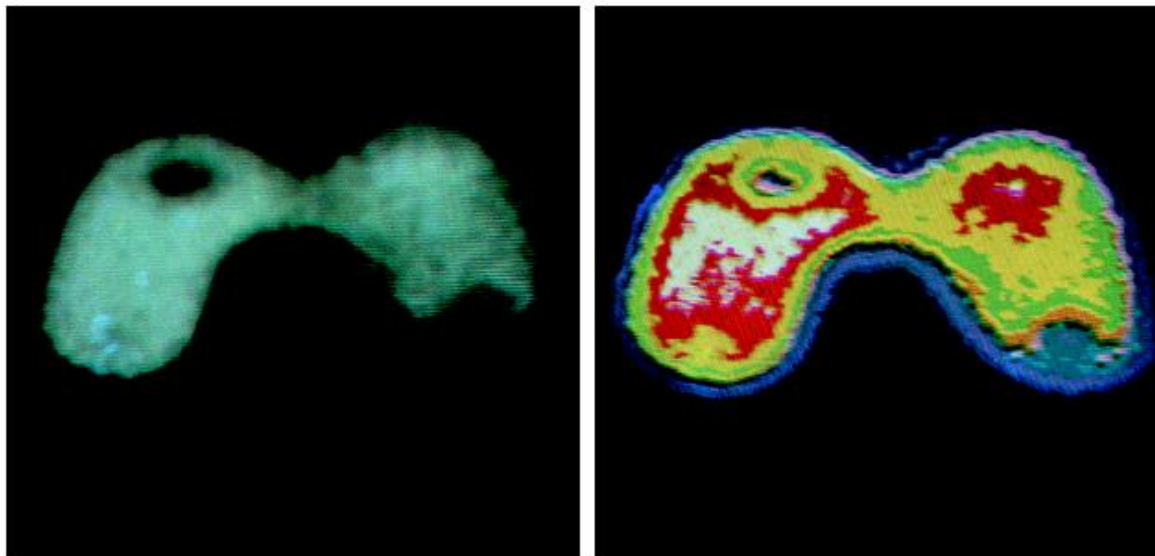
FIGURE 6.17

An alternative representation of the intensity-slicing technique.





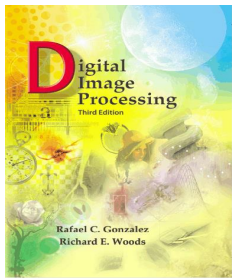
6.3.1 强度分层



a b

FIGURE 6.20 (a) Monochrome image of the Picker Thyroid Phantom. (b) Result of density slicing into eight colors. (Courtesy of Dr. J. L. Blankenship, Instrumentation and Controls Division, Oak Ridge National Laboratory.)

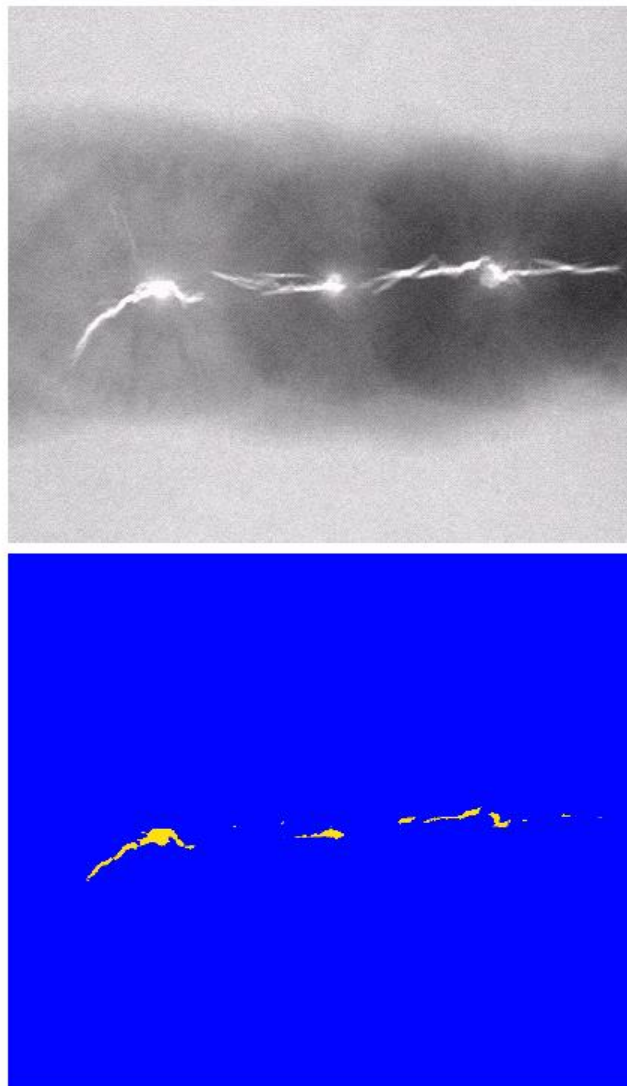
- a) Picker甲状腺模型的单色图像。
- b) 强度分层结果

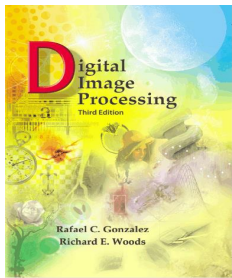


6.3.1 强度分层

对于基于图像的物理特性细分灰度级时，强度分层有很大意义。

- a) 含有裂纹和孔隙的焊接物X光照片。
- b) 彩色编码图像





6.3.1 用颜色突出降雨水平

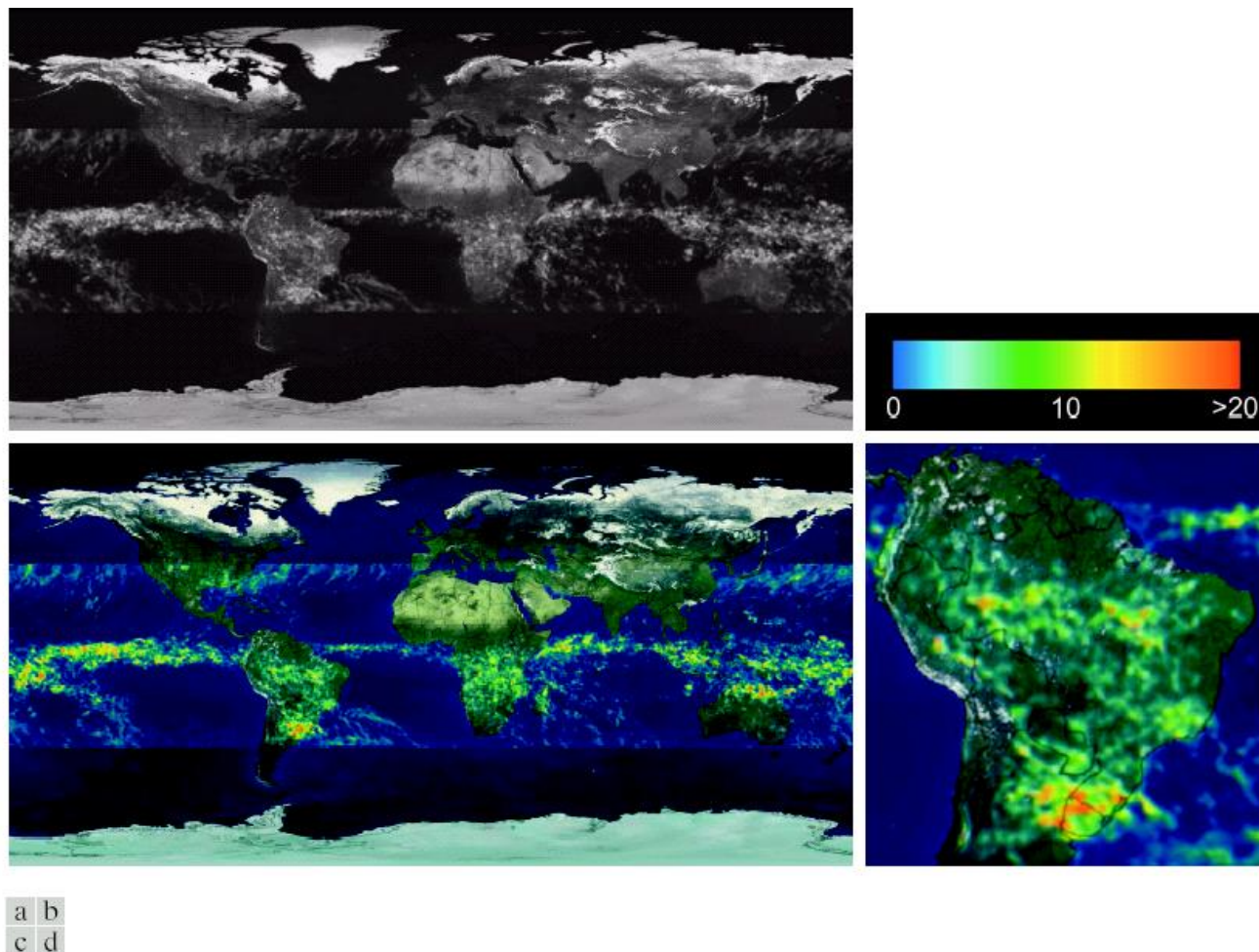
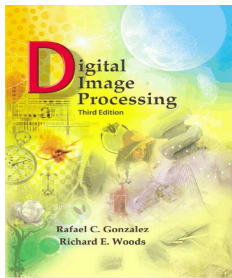


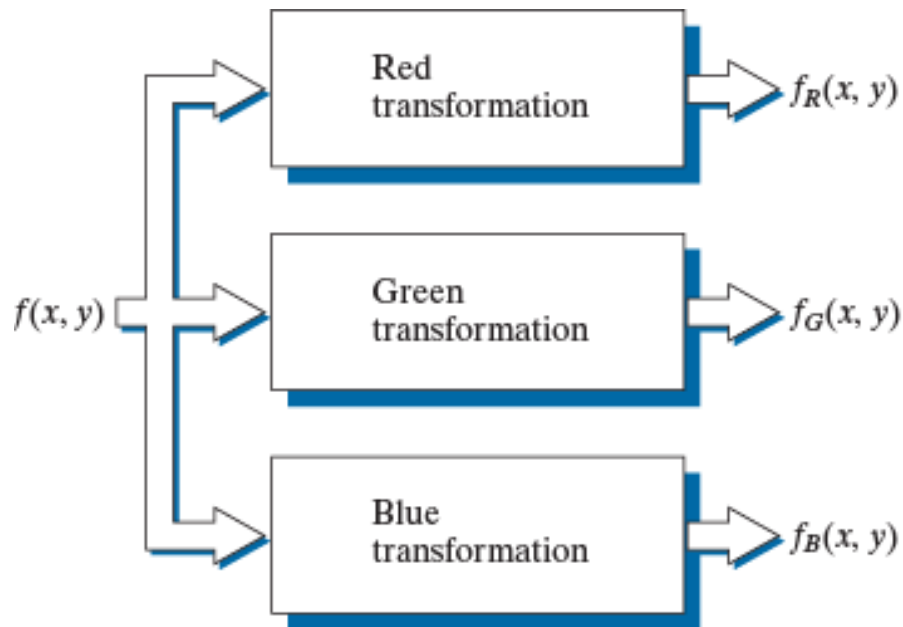
FIGURE 6.22 (a) Gray-scale image in which intensity (in the lighter horizontal band shown) corresponds to average monthly rainfall. (b) Colors assigned to intensity values. (c) Color-coded image. (d) Zoom of the South America region. (Courtesy of NASA.)



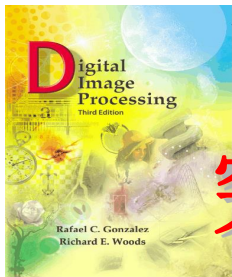
6.3.2 灰度级到彩色的转换

FIGURE 6.21

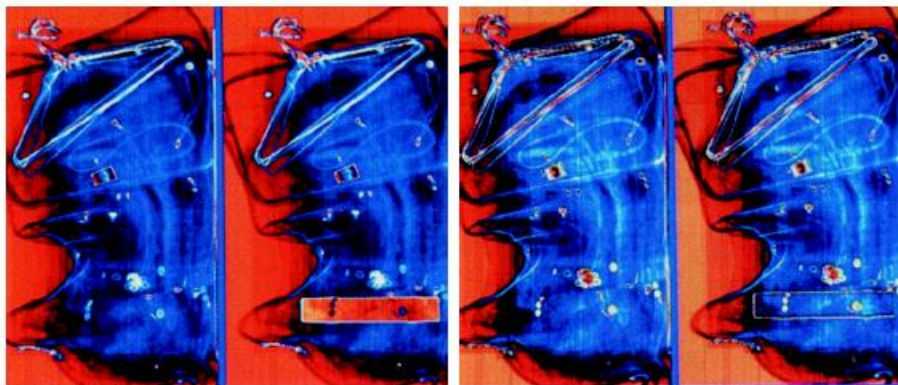
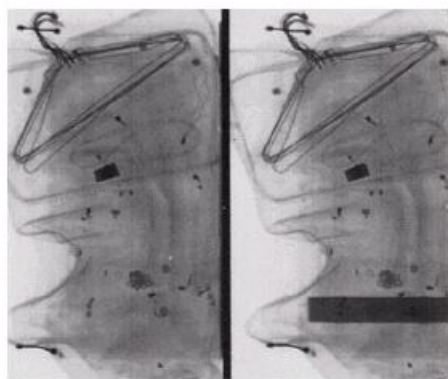
Functional block diagram for pseudocolor image processing. Images f_R , f_G , and f_B are fed into the corresponding red, green, and blue inputs of an RGB color monitor.



对任何输入像素的灰度级执行三个独立的变换，结果分别送入彩色监视器的红绿蓝通道，产生一幅合成图像。

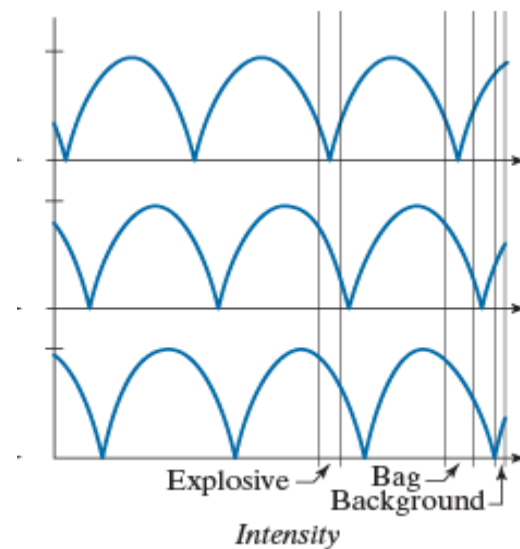
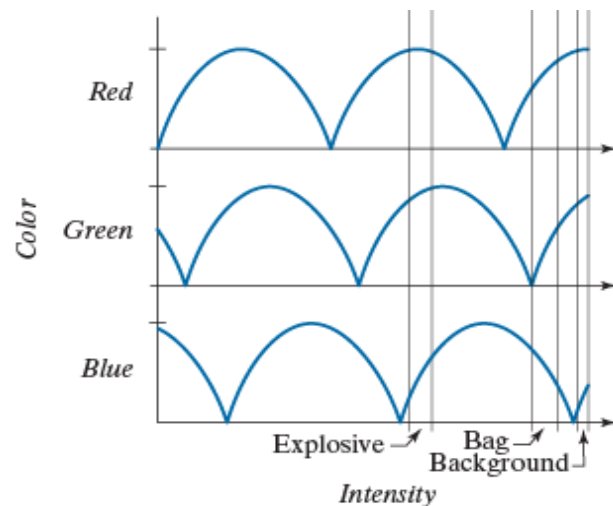


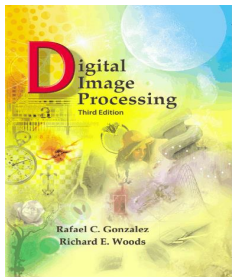
突出装在行李中的爆炸物的伪彩色应用



a
b c

FIGURE 6.24 Pseudocolor enhancement by using the gray-level to color transformations in Fig. 6.25. (Original image courtesy of Dr. Mike Hurwitz, Westinghouse.)

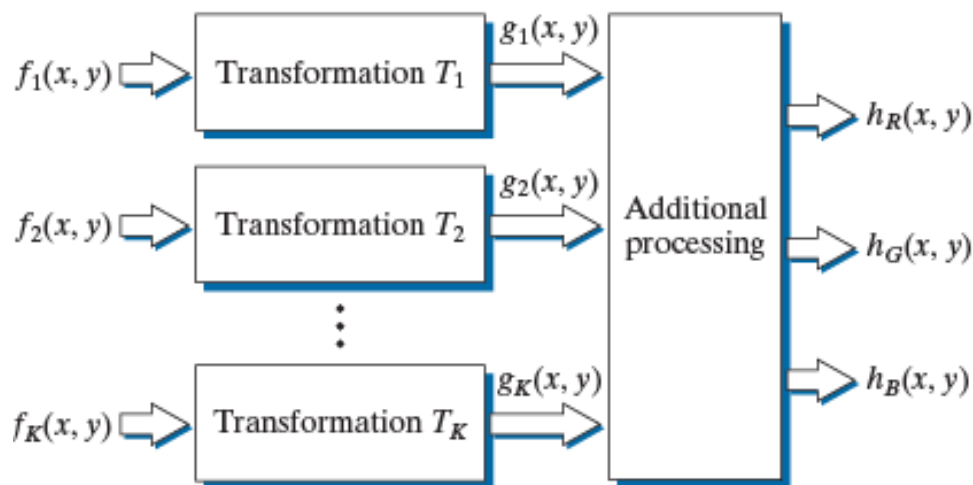




多幅单色图像合成一幅彩色图像

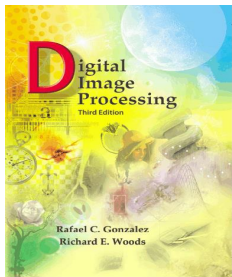
FIGURE 6.24

A pseudocolor coding approach using multiple grayscale images. The inputs are grayscale images. The outputs are the three components of an RGB composite image.



不同的传感器在不同的谱段产生独立的单色图像，然后合成为一幅彩色图像进行显示。

附加处理类型可以是彩色平衡、混合图像，选择三幅用于显示等。



6.3.2 多光谱图像彩色编码

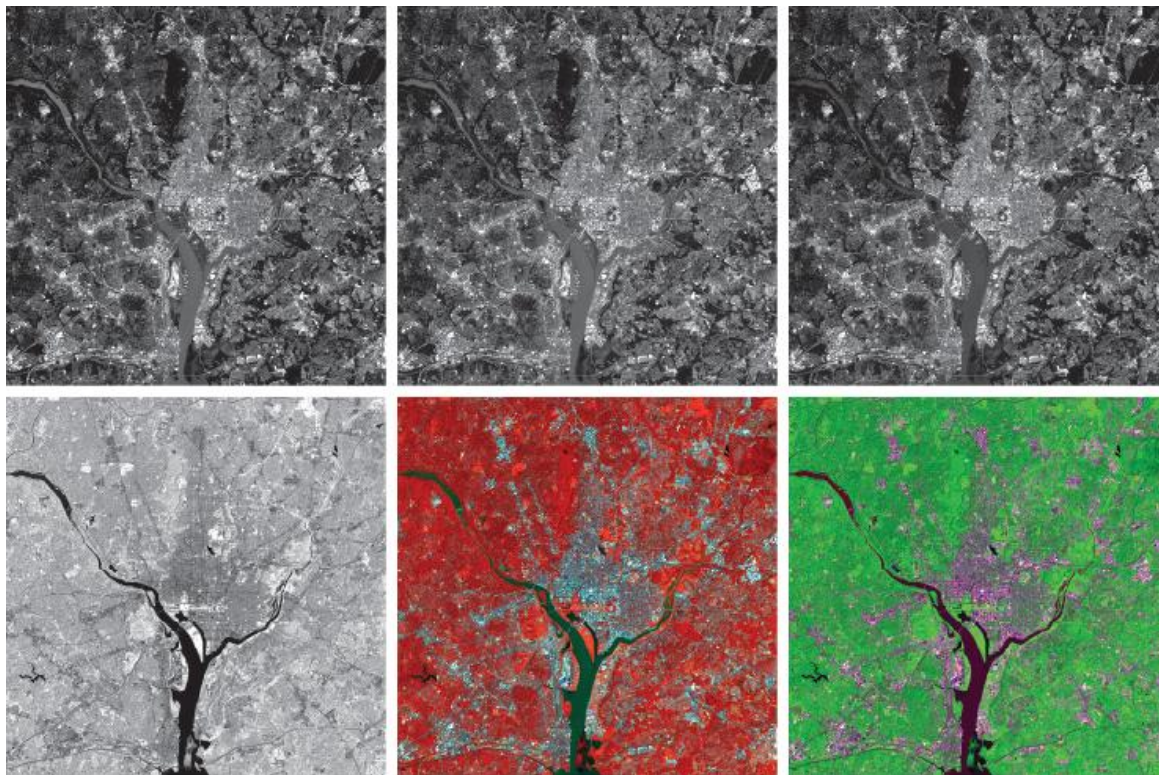
华盛顿的光谱卫星图像，包括波托马克河部分

a)-c) 可见光的红绿蓝图像

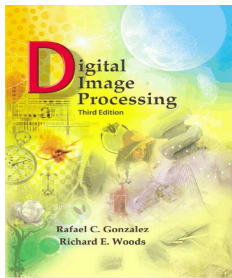
d) 近红外图像

e) IR、G、B合成图

f) R、IR、B合成图



E图中在近红外具有较弱响应的其他场景显示蓝色。
F图中植被为亮绿色，其他场景为淡紫色

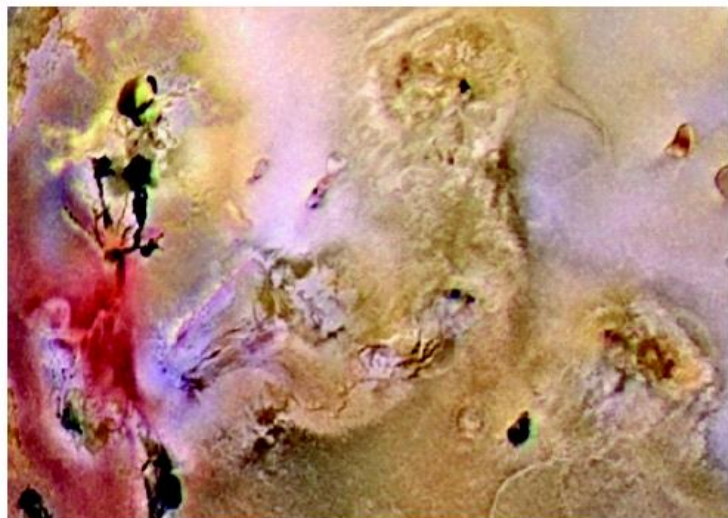


6.3.2 多光谱图像彩色编码

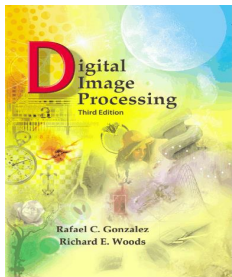


木星的伪彩色图像

Galileo宇宙飞船几幅不同传感器图像合并伪彩方式显示的图像，其中一些传感器是人眼不可见的谱范围。



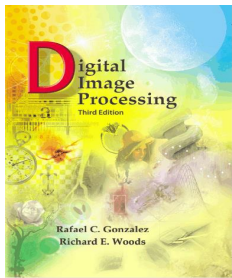
亮红色为活火山喷出的物质
黄色为陈旧的硫沉积物



6.4全彩色图像处理

- 第一类是分别处理每一图像分量，然后根据处理后的图像分量合成彩色图像。
- 直接对彩色图像进行处理。

因为全彩色图像至少有三个分量，彩色像素实际上是一个向量。

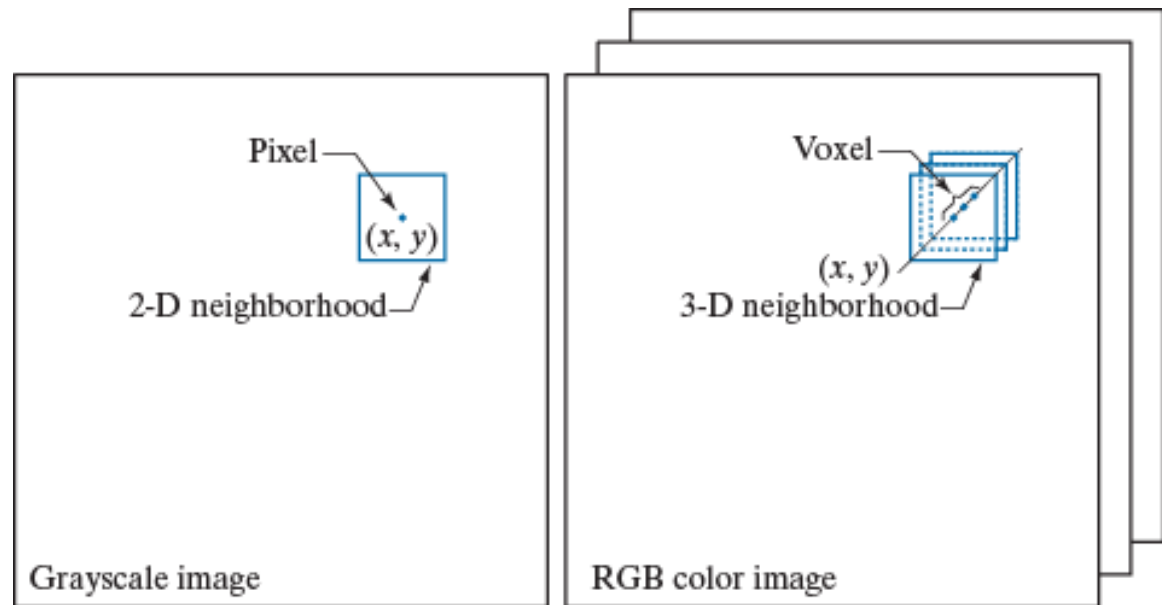


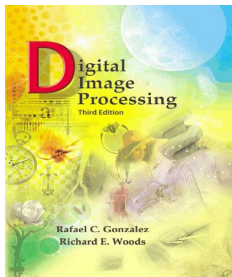
对灰度和RGB彩色图像的空间掩模

a b

FIGURE 6.27

Spatial neighborhoods for grayscale and RGB color images. Observe in (b) that a *single* pair of spatial coordinates, (x, y) , addresses the same spatial location in all three images.



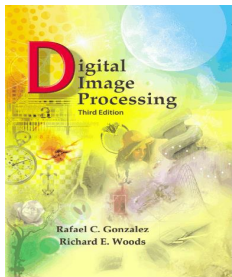


6.5 彩色变换

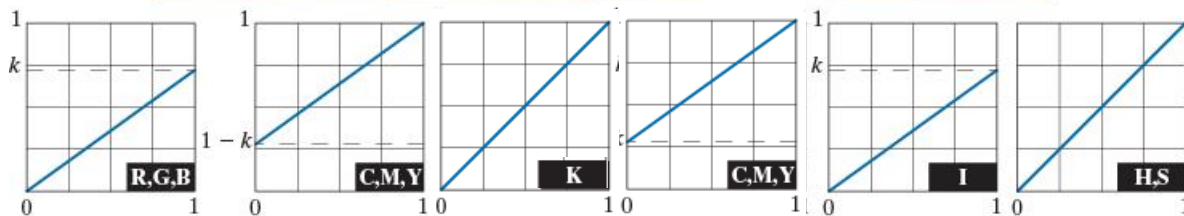
- 彩色变换模型：
 $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 。其中
 $f(x, y)$ 是彩色输入图像，
 $g(x, y)$ 是彩色输出图像， T 是
对 f 的一种操作。
- 类似于基本灰度变换的过程：
 $s_i = T_i(r_1, r_2, \dots, r_n)$ ， s 和 r 表 g
和 f 在任何点的彩色分量的变
量。（例如选择RGB空间，则
 $n=3$ ）
- 图示第一行为一全彩色图像；
- 第二行为CMYK彩色分量图；
- 第三行为RGB彩色分量图；
- 第四行为HSI彩色分量图。



FIGURE 6.30 A full-color image and its various color-space components. (Original image courtesy of Med-Data Interactive.)



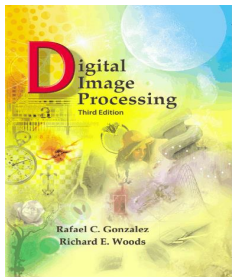
彩色变换



a b
c d e f g h

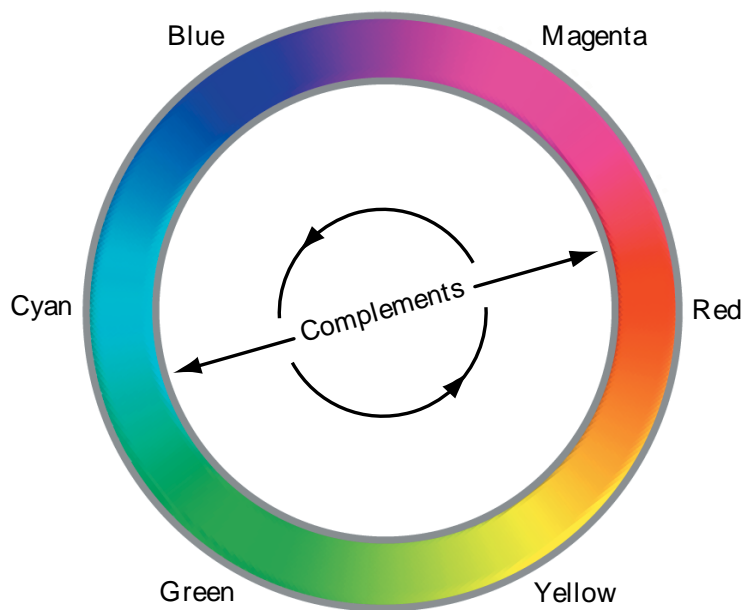
FIGURE 6.29 Adjusting the intensity of an image using color transformations. (a) Original image. (b) Result of decreasing its intensity by 30% (i.e., letting $k = 0.7$). (c) The required RGB mapping function. (d)–(e) The required CMYK mapping functions. (f) The required CMY mapping function. (g)–(h) The required HSI mapping functions. (Original image courtesy of MedData Interactive.)

用彩色变换调整图像亮度

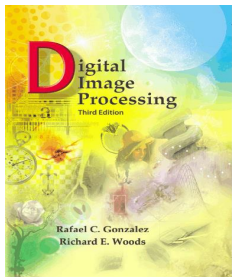


补色

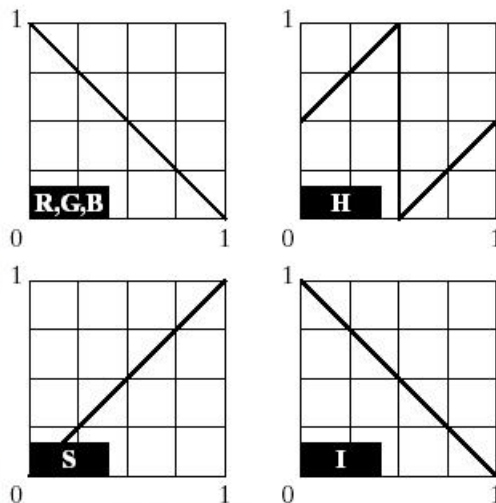
FIGURE 6.30
Color
complements on
the color circle.



- 图示彩色环上，与一种色调直接对立的另一种色调称为补色。补色对于增强嵌在彩色图像暗区的细节，特别是在大小上占支配地位的细节很有用



计算彩色图像的补色

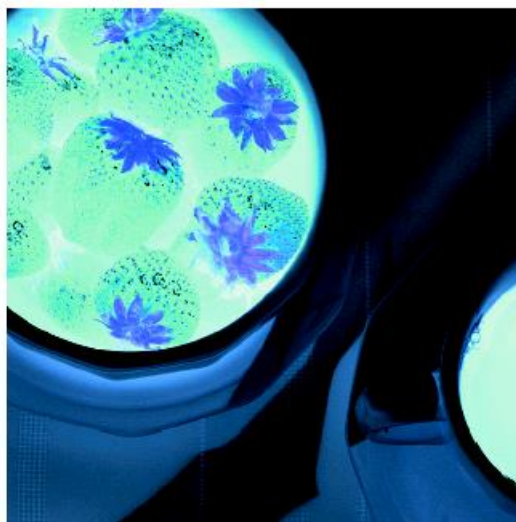
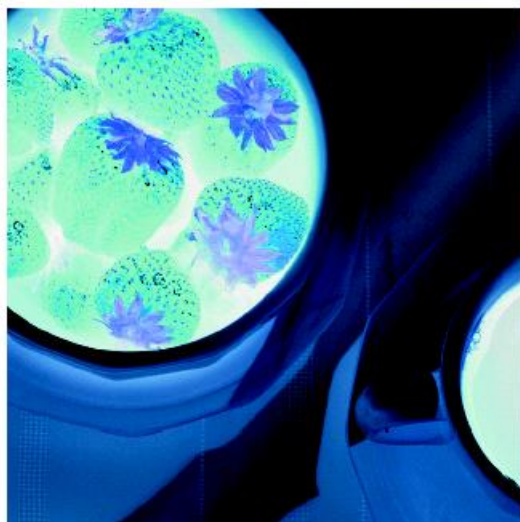


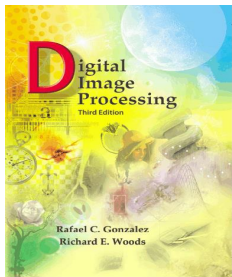
(a)原像

(b)补色变换函数

(c)基于RGB映射函数的(a)的补色

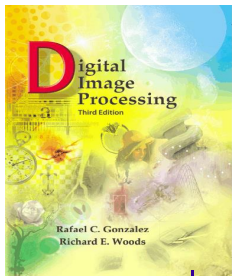
(d)用HSI变换的RGB补色的近似





6.5.3 彩色分层

- 突出图像中特殊的彩色区域对从其中分理出目标物很有用。其基本思路是：
 - 显示感兴趣的颜色以便从背景中把它们分离出来；
 - 像模板那样使用彩色定义的区域以便进一步处理。
- 最直接的彩色分层方法是沿用灰度分层技术，但一个彩色像素是一个 n 维参量，彩色变换相对灰度变换要复杂得多。对一幅彩色图像分层最简单的方法之一是，把某些感兴趣区域以外的彩色映射为不突出的自然色。



彩色分层

⊕ 彩色分层

⊕ $S_i = 0.5$

r_i

⊕ $S_i = 0.5$

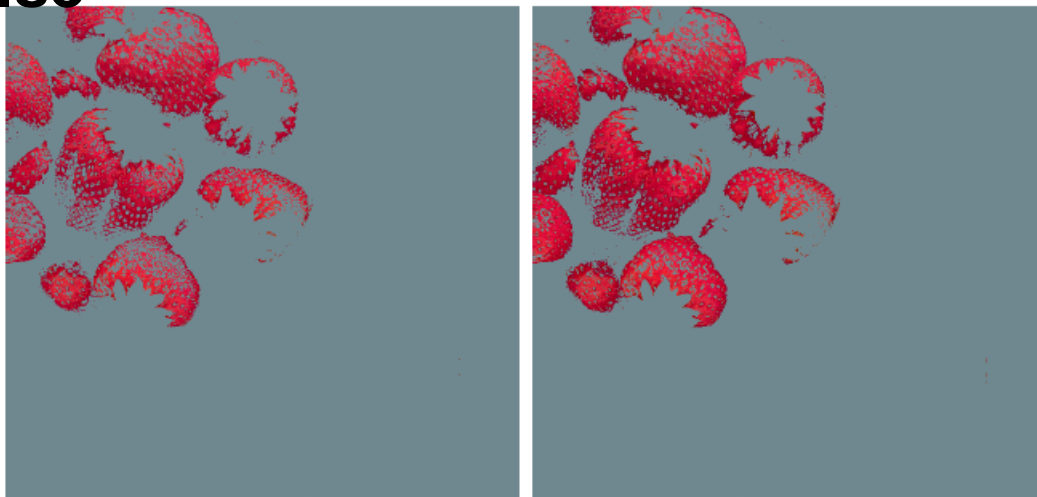
r_i

$[|r_j - a_j| > w/2]_{\text{any } 1 \leq j \leq n, l=1, 2, \dots, n}$

else

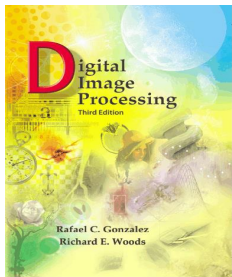
$\sum |r_j - a_j|^2 > R_0^2, l=1, 2, \dots, n$

else



a b

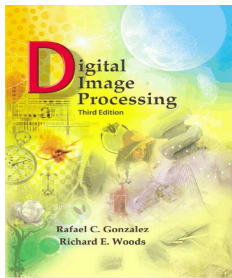
FIGURE 6.32 Color-slicing transformations that detect (a) reds within an RGB cube of width $W = 0.2549$ centered at $(0.6863, 0.1608, 0.1922)$, and (b) reds within an RGB sphere of radius 0.1765 centered at the same point. Pixels outside the cube and sphere were replaced by color $(0.5, 0.5, 0.5)$.



6.5.4彩色校正

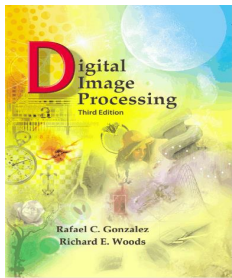
- 灰度变换
- 改善图像色调的变换通常交互的选择，其目的在于调整图像亮度和对比度从而以在合适的亮度上提供最大的细节。
- 在RGB和CMY(K)空间，这意味着用相同的变换函数映射3（或4）个彩色分量；在HSI彩色空间，仅改进强度分量即可。





6.5.4 彩色校正

- 彩色平衡
- 对彩色平衡，可以客观的通过分析一幅图像中已知色彩来决定，当存在白色区域时，则这里**RGB**或**CMY(K)**分量应当相等，通过视觉可以准确的鉴定。对视觉彩色鉴别，皮肤的颜色是优秀的对象，因为人对一定的肤色高度敏感。鲜明的颜色对视觉鉴别没有什么价值。
- 当存在彩色不平衡时，有很多方法可以校正它。例如当**RGB**图像中有过多的深红色，可以通过减少红和蓝的比例，或增加绿的方法减少深红色。

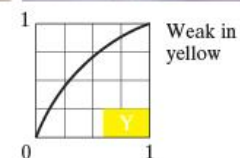
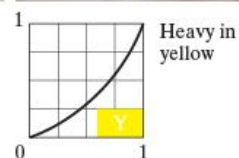
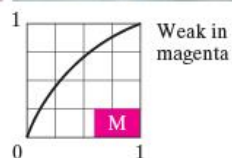
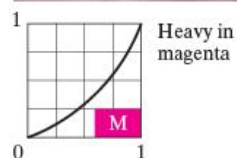
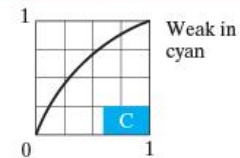
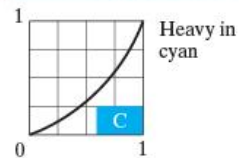
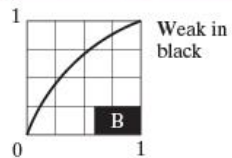
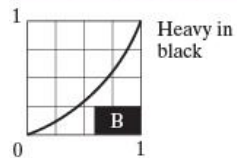


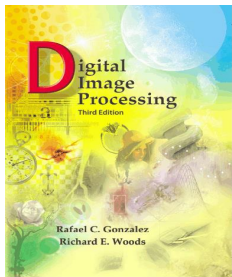
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods



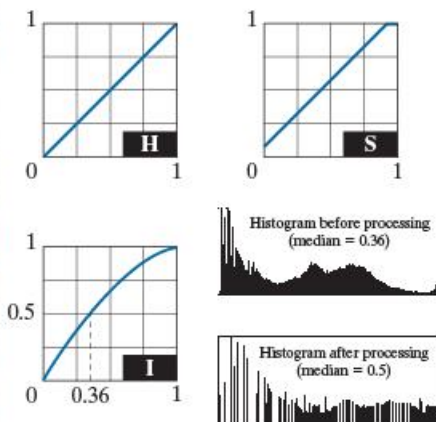
Original/Corrected





6.5.5直方图处理

- 合理的彩色图像的直方图处理方法是均匀地扩展彩色强度，保留彩色本身不变。



(a) 原图

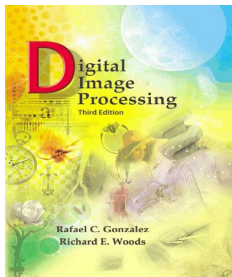
(b) H、S、I分量的变换图和处理前与处理后的直方图



(c) 只有亮度均衡化后的图像



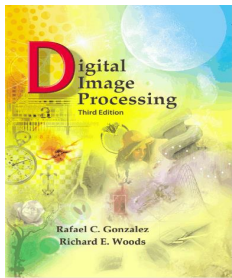
(d) 饱和度调整后的图像



彩色直方图均衡化



对彩色图像直方图均衡化，采用什么样的彩色模型处理更适合？为什么？

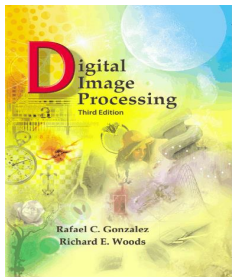


6.6平滑和锐化

- 彩色图像平滑
- 灰度图像的均值平滑很容易扩展到彩色图像。令 S_{xy} 表示在RGB图像中定义一个中心在 (x, y) 的邻域的坐标集，在该区域中RGB分量的平均值为：

$$\bar{c}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} c(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{1}{K} \sum_{S_{xy}} R(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{S_{xy}} G(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{S_{xy}} B(x, y) \end{bmatrix}$$

则邻域均值平滑可以在每个彩色平面上进行，其结果和在RGB彩色向量执行平均是相同的。



图像的RGB空间表示

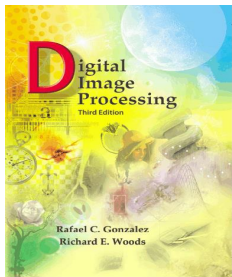


a b
c d

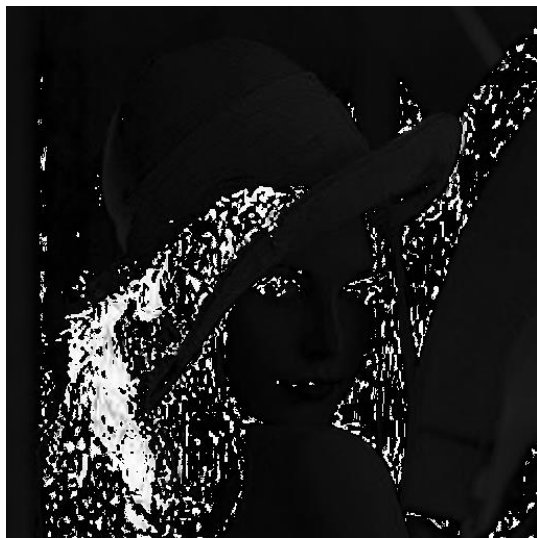
FIGURE 6.36

(a) RGB image.
(b) Red component image.
(c) Green component.
(d) Blue component.

- (a) RGB彩色图
- (b)红色分量图
- (c)绿色分量图
- (d)蓝色分量图



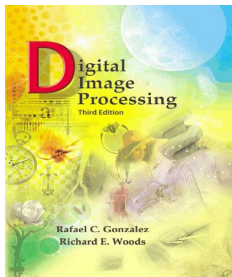
图像的HSI空间表示



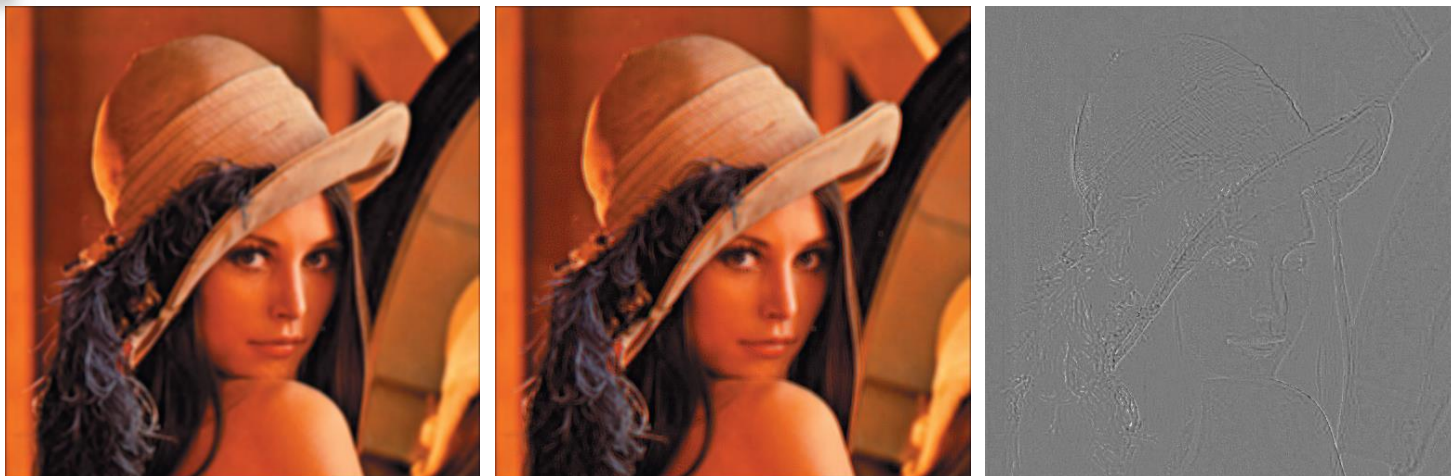
a b c

FIGURE 6.37 HSI components of the RGB color image in Fig. 6.36(a). (a) Hue. (b) Saturation. (c) Intensity.

- RGB彩色图像的HSI分量。(a)色调(b)饱和度(c)强度



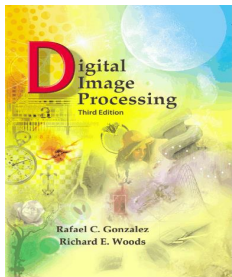
彩色图像平滑



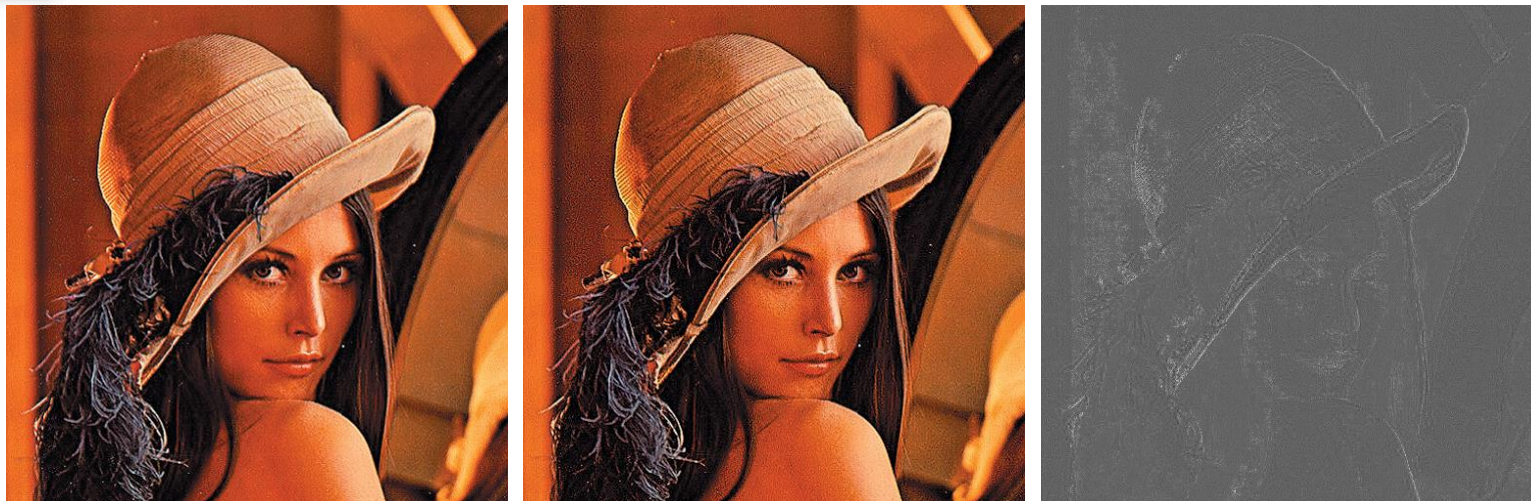
a b c

FIGURE 6.38 Image smoothing with a 5×5 averaging kernel. (a) Result of processing each RGB component image. (b) Result of processing the intensity component of the HSI image and converting to RGB. (c) Difference between the two results.

- 用 5×5 均值模板平滑图像
- (a)处理RGB每一分量的结果
- (b)处理HSI图像强度分量转换为RGB的结果
- (c)两幅图像的差值图



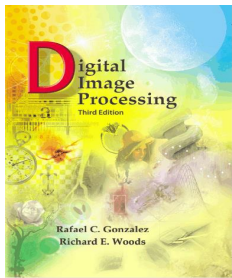
彩色图像锐化



a b c

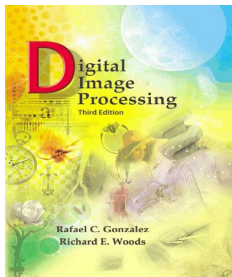
FIGURE 6.39 Image sharpening using the Laplacian. (a) Result of processing each RGB channel. (b) Result of processing the HSI intensity component and converting to RGB. (c) Difference between the two results.

- 用拉普拉斯算子进行图像锐化
- (a)处理每一个RGB通道的锐化
- (b)处理强度分量锐化后，转为RGB图像
- (c)两种结果的差别



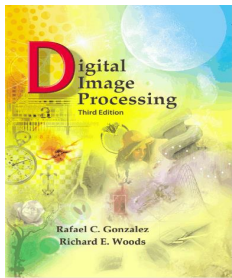
作业

- 试述光的三原色与原料的三原色成色原理，并举例说明其各自的应用范围；如果有一计算机显示的颜色偏蓝，应如何调整颜色？



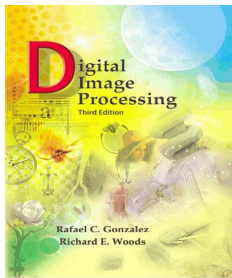
答案

- 光的三原色为红、绿、蓝，原色相加可产生二次色，深红色（ $R+B$ ），青色（ $G+B$ ），黄（ $R+G$ ）。以正确的亮度把三原色或一种二次色与其相反的原色相混合可产生白光。光的三原色成色原理是加色原理。
- 颜料的三原色是光的三原色的补色，是一种原色为减去或吸收光的一种原色并反射另两种原色。因此，原料的原色是深红色，青色和黄色，而二次色是红、绿、蓝。
- 显示器的成色原理是应用了光的三原色原理，因此，当显示偏蓝时，只需降低蓝色分量或相应的提高红色与绿色分量即可。



作业

- 计算机中如何实现彩色直方图的匹配？



答案

- (1) 计算机中应用的彩色模型是**RGB**模型，因此，对要处理的彩色图像应首先应用转换公式将**RGB**模型转换为**HSI**模型，这样，分离出强度和颜色；
- (2) 其次，对强度图首先进行直方图均衡化；
- (3) 然后，对所要匹配的直方图也进行直方图均衡化；
- (4) 对均衡化后的直方图在计算机中进行查表对应，从而将(2)中的强度图按照(3)中的直方图进行分配；
- (5) 对重新分配后的强度图加入颜色信息，恢复出彩色图像