

第6章 彩色图像处理

□ 彩色的重要性

- 彩色是一个强有力的描绘子，常常可简化从场景中提取和识别目标
- 人只能辨别几十种灰度色调，但可辨别几千种彩色色调和亮度

□ 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

- 全彩色处理：通常要求图像用全彩色传感器获取
- 伪彩色处理：对一种特定的单色灰度或灰度范围赋予一种颜色

□ 前面几章介绍的一些灰度方法可直接用于彩色图像。



第6章 彩色图像处理

- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

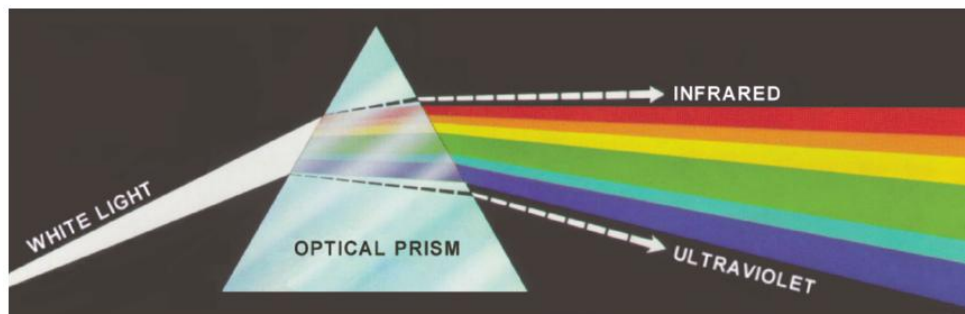


第6章 彩色图像处理

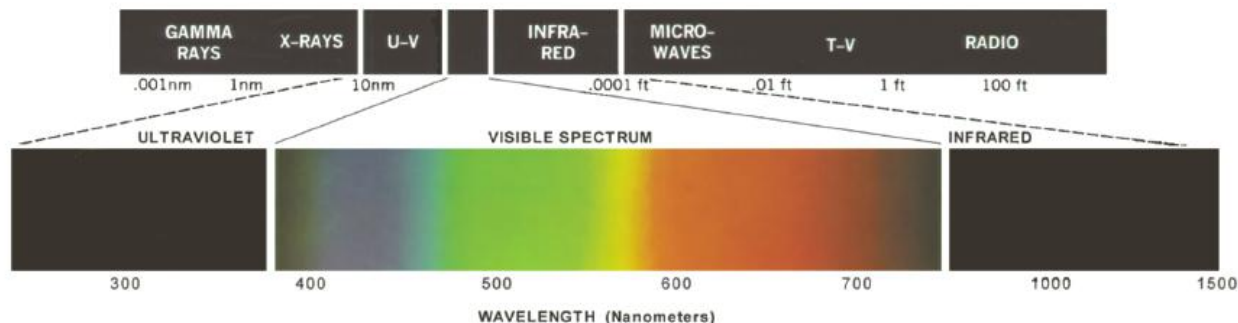
- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.1 彩色基础

- 1661年，艾萨克·牛顿发现了太阳光的分解



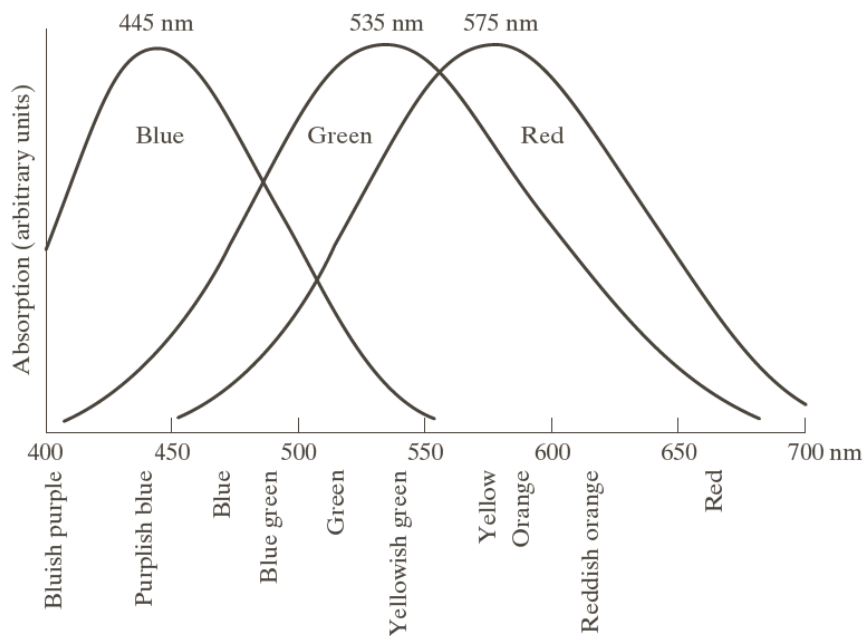
- 彩色光大约覆盖电磁波谱中的400~700nm的范围
 - 色谱末端的颜色不是突变的，而是平滑过渡的
 - 一个物体反射有限的可见光谱时，则呈现某种颜色
 - 彩色光源质量描述：辐射，光强，亮度



6.1 彩色基础

□ 人的视觉

- 人眼中的锥状细胞是负责彩色视觉的传感器
- 人眼中600~700万个锥状细胞分为3个主要的感知类别，分别对应于红色、绿色和蓝色
- 65%细胞对红光敏感，33%对绿光敏感，只有2%对蓝光敏感



标准原色

蓝色：435.8 nm
绿色：546.1 nm
红色：700 nm

以波长为函数，人眼中的红色、绿色和蓝色锥状细胞对光的吸收曲线

6.1 彩色基础

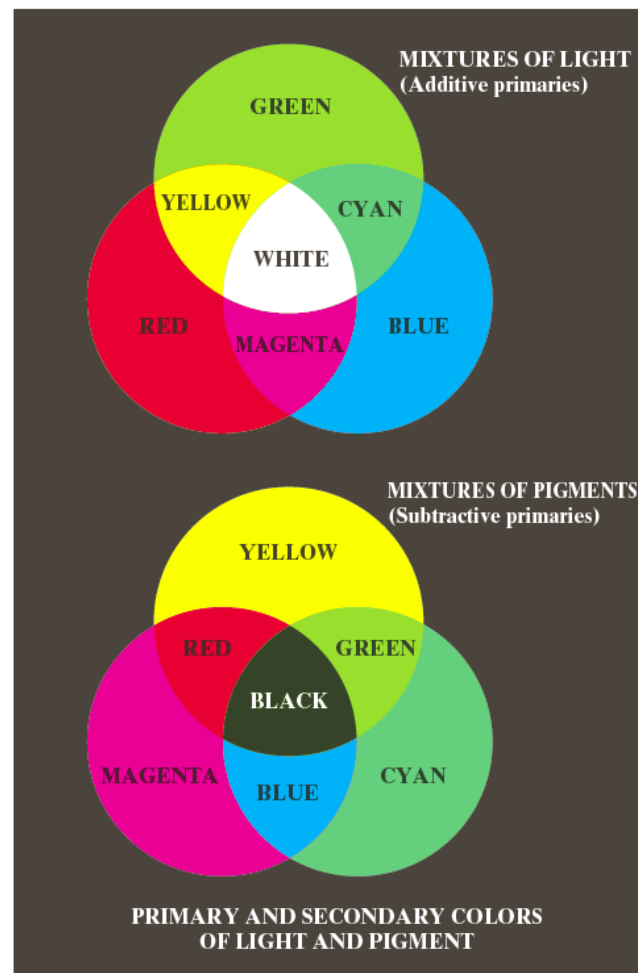
□ 光的原色与颜料的原色

□ 光的原色

- 红(R)、绿(G)、蓝(B)
- 满足加色原理
- 应用：CRT显示器
 - ✓ CRT：阴极射线管显示器

□ 颜料、着色剂的原色

- 深红色(M)、青色(C)、黄色(Y)
- 满足减色原理
- 应用：彩色打印机

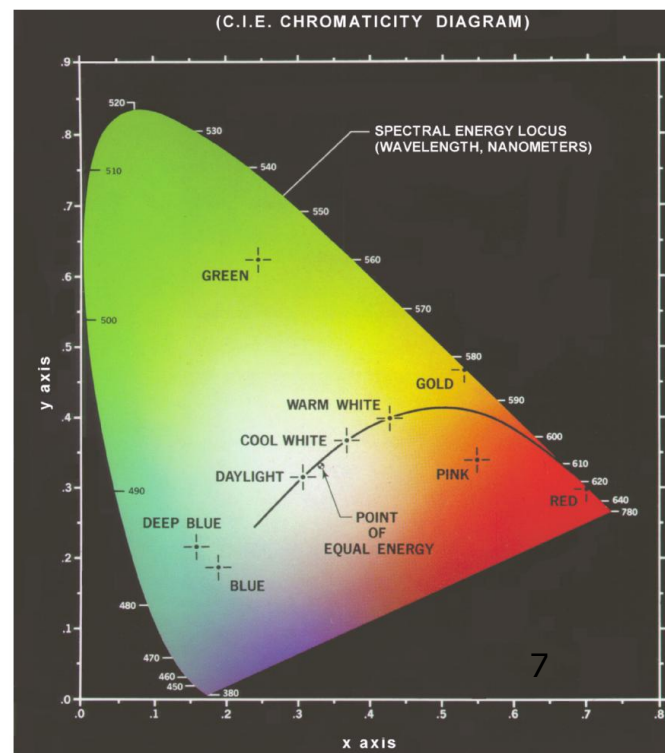


色度图

- 颜色的物理特征：亮度(Intensity)、色调(Hue)、饱和度(Saturation)
 - 亮度：体现了无色的强度概念
 - 色调：光波混合中与主波长有关的属性，观察者感知的主要颜色
 - 饱和度：一种颜色混合白光数量，与所加白光数量成反比
- 形成任何特殊颜色的红、绿、蓝的数量称为**三色值**，并分别表示为X、Y、Z，这样，一种颜色可由其三色值系数定义为：

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, y = \frac{Y}{X + Y + Z}, z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

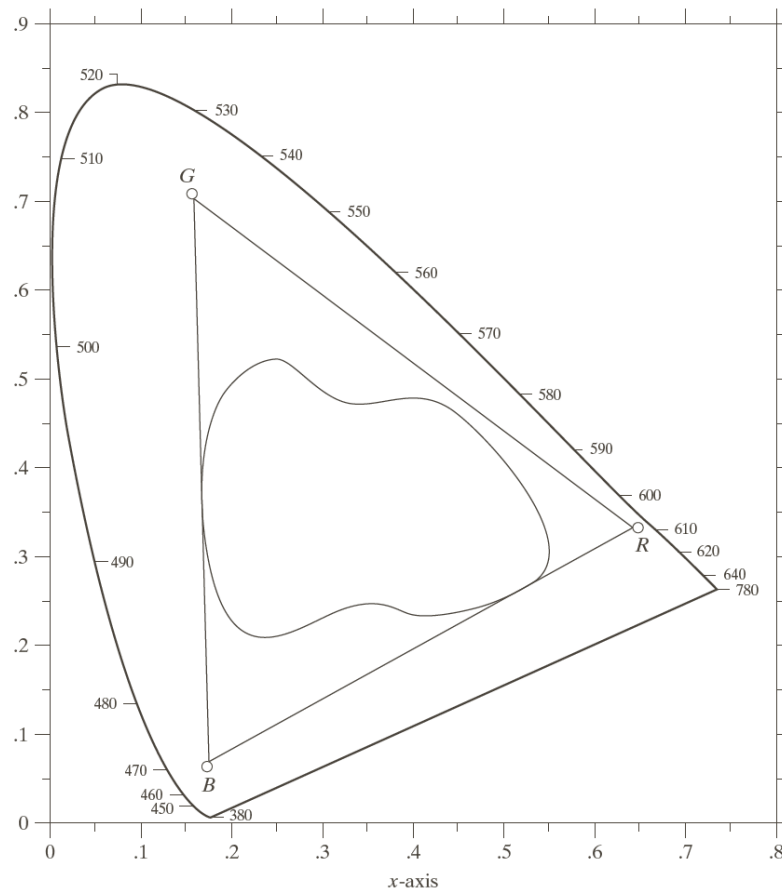
- 确定颜色的方法：CIE色度图
 - CIE: 国际照明委员会
 - CIE色度图以x和y的函数表示颜色的组成
 - 相应的z值可由下式得到
 - ✓ $z = 1 - x - y$
 - 由(x, y, z)即可在右图画出相应颜色
 - 色度图边界上的点为全饱和的纯色
 - 等能量点的饱和度为0



6.1 彩色基础

□ 彩色显示器的彩色域

- 三个单一且固定的原色无法得到所有颜色
- 右图三角形为彩色显示器的典型彩色域
- 三角形内的不规则区域是今天高质量彩色打印设备的代表性彩色域。
- 彩色打印设备的彩色域的边界是**不规则**的，因为彩色打印是相加色彩和相减色彩混合的组合，不易控制。
- 显示器显示颜色基于三原色相加，高度可控





第6章 彩色图像处理

- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

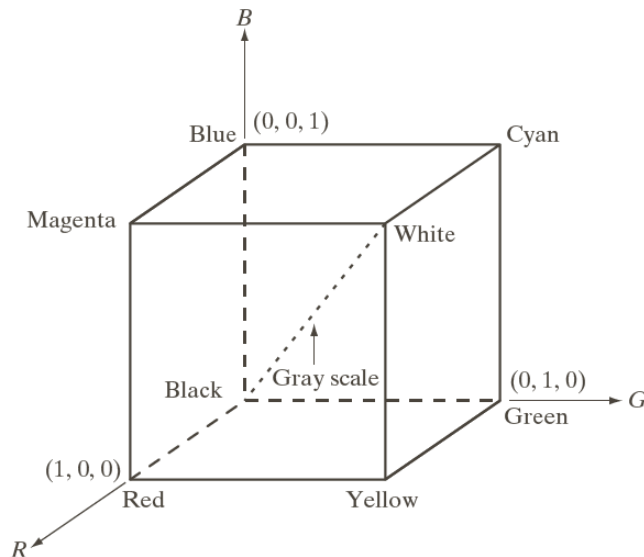
6.2 彩色模型

- 彩色模型（彩色空间、彩色系统）的目的：在某些标准下用通常可以接受的方式方便地对彩色加以说明
- 在数字图像处理中，最通用的模型如下：
 - 面向硬件的**RGB（红、绿、蓝）模型**，用于彩色摄像机
 - **CMY（青、粉红、黄）模型**和**CMYK（青、粉红、黄、黑）模型**，用于彩色打印机
 - **HSI（色调、饱和度、亮度）模型**，更符合人描述和解释颜色的方式

6.2.1 RGB彩色模型

□ RGB彩色模型

- 基于笛卡尔坐标系，三原色位于3个角上
- 在RGB空间中，表示每个像素的比特数称为像素深度
 - ✓ 考虑一幅RGB图像，其中每幅红/绿/蓝图像都是8比特图像，所以每个RGB像素有24比特的深度
- 与色度图的区别：归一化方式不一样



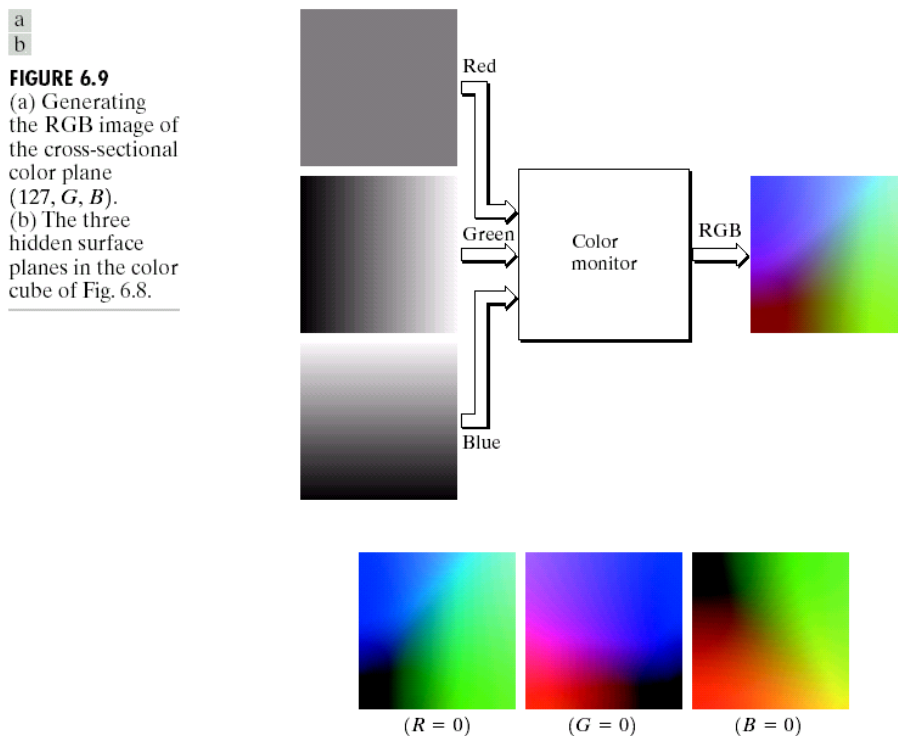
RGB彩色立方体



RGB 24比特彩色立方体 (实心)¹¹

6.2.1 RGB彩色模型

- 生成RGB彩色立方体的隐藏面和剖面
 - 彩色平面通过固定三种颜色中的一种并让其他两种颜色变化
 - a图说明，简单把三幅独立的分量图像送入彩色监视器，可观察一幅横截面图像，b图以同样方式生成立方体的3个隐藏面
 - 上述过程的逆过程，可获取一副彩色图像



6.2.1 RGB彩色模型

□ 稳定色

- 假定256种颜色是最小颜色数，已知256颜色中的40种可被各种操作系统进行不同处理，剩下的216中颜色已成为稳定色
- 216种稳定色中的每种可由3个RGB值形成，但每个值只能是0,51,102,153,204或255，这些RGB三元组提供 $(6)^3 = 216$ 种

Number System		Color Equivalents					
Hex	00	33	66	99	CC	FF	
Decimal	0	51	102	153	204	255	

TABLE 6.1

Valid values of each RGB component in a safe color.

- 因为要取3个数来形成RGB彩色，每种稳定色由上表中的3个两位十六进制数形成。
 - ✓ 例如，最纯净的红色是FF0000。
 - ✓ 使用更为熟悉的十进制表示可得到相同的结果，例如，以十进制表示的最亮红色为R=255(FF)和G=B=0。

6.2.1 RGB彩色模型

□ 稳定色

- 右图显示了按RGB的值降序排列的216种稳定色
- 不是所有可能的8比特灰色都包含在216中稳定色中
- RGB稳定色立方体仅在表面上存在有效的颜色，整个表面被216种颜色覆盖

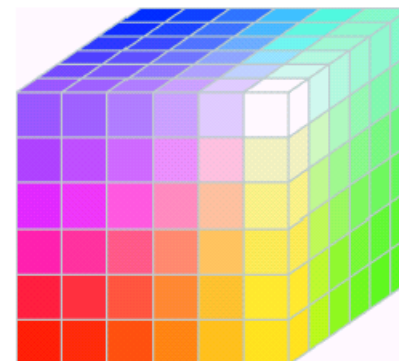
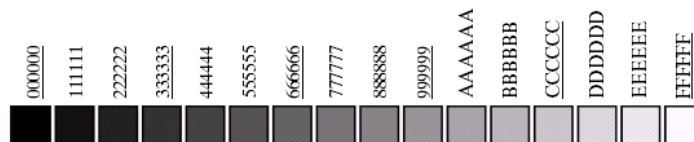
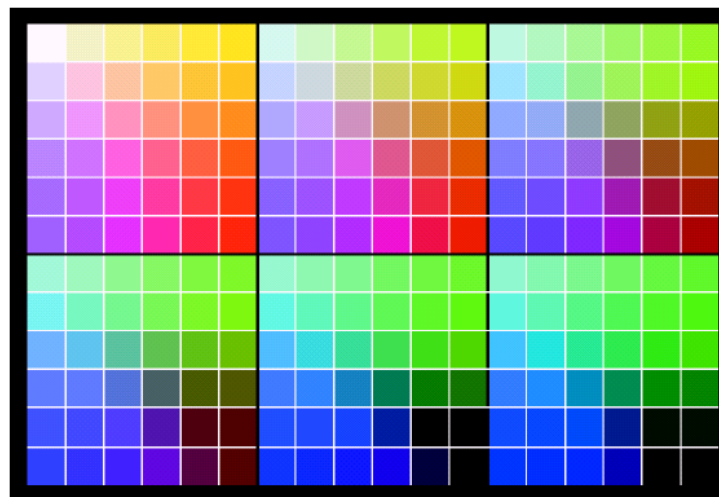


FIGURE 6.10
(a) The 216 safe RGB colors.
(b) All the grays in the 256-color RGB system (grays that are part of the safe color group are shown underlined).

FIGURE 6.11 The RGB safe-color cube.

6.2.2 CMY和CMYK彩色模型

□ CMY彩色模型

- 青色、深红色、黄色是光的二次色，是颜料的原色
- 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数据或在内部进行RGB到CMY的转换：

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

□ CMYK模型

- 等量的颜料原色可以生成黑色，但为打印目的组合这些颜色产生的黑色是不纯的。
- 为了生成真正的黑色（在打印中起主要作用的颜色），加入了第4种颜色——黑色，提出了CMYK彩色模型

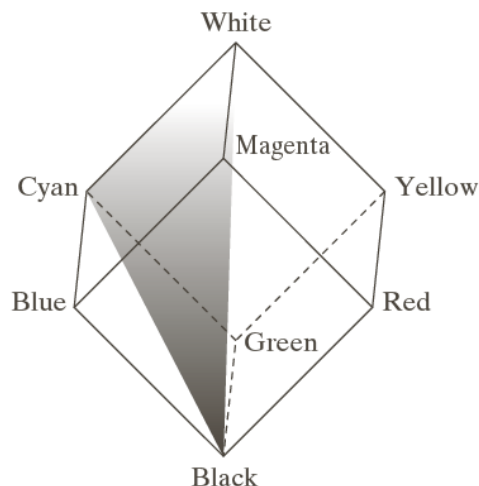
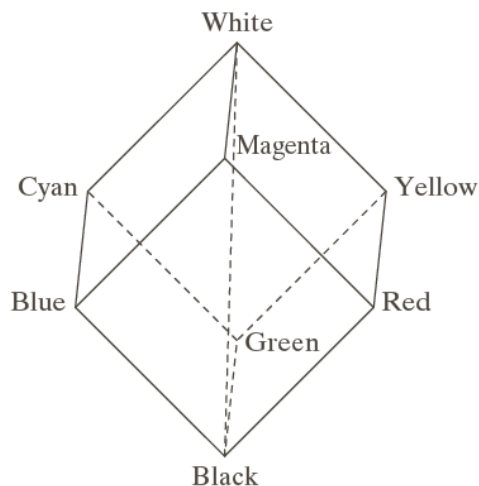
6.2.3 HSI彩色模型

□ HSI彩色模型

- 即色调 (hue)、饱和度 (saturation)、强度 (intensity)
- I分量与图像的彩色信息无关
- H和S分量与人感受颜色的方式紧密相连 (合成色度)

□ HSI模型与RGB模型间的概念关系

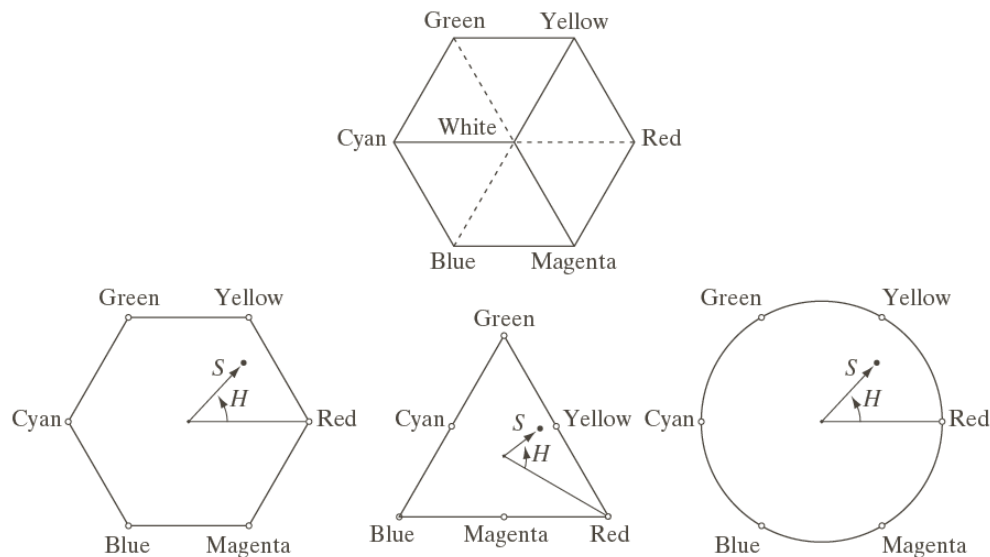
- 灰色平面上点都有相同的色调，强度和饱和度是不同的
- 形成HSI空间所要求的色调、饱和度和强度值可由RGB彩色立方体得到，可将任何RGB点转换为相应的HSI彩色模型中的点



6.2.3 HSI彩色模型

□ HSI彩色模型的色调和饱和度

- HSI空间由一个垂直**强度轴**和位于垂直于该轴的**彩色平面**表示。
- HSI平面什么形状（六边形、三角形或圆形）无关紧要，因为这些形状中的任何一个都可以通过几何变换为其他两种形状

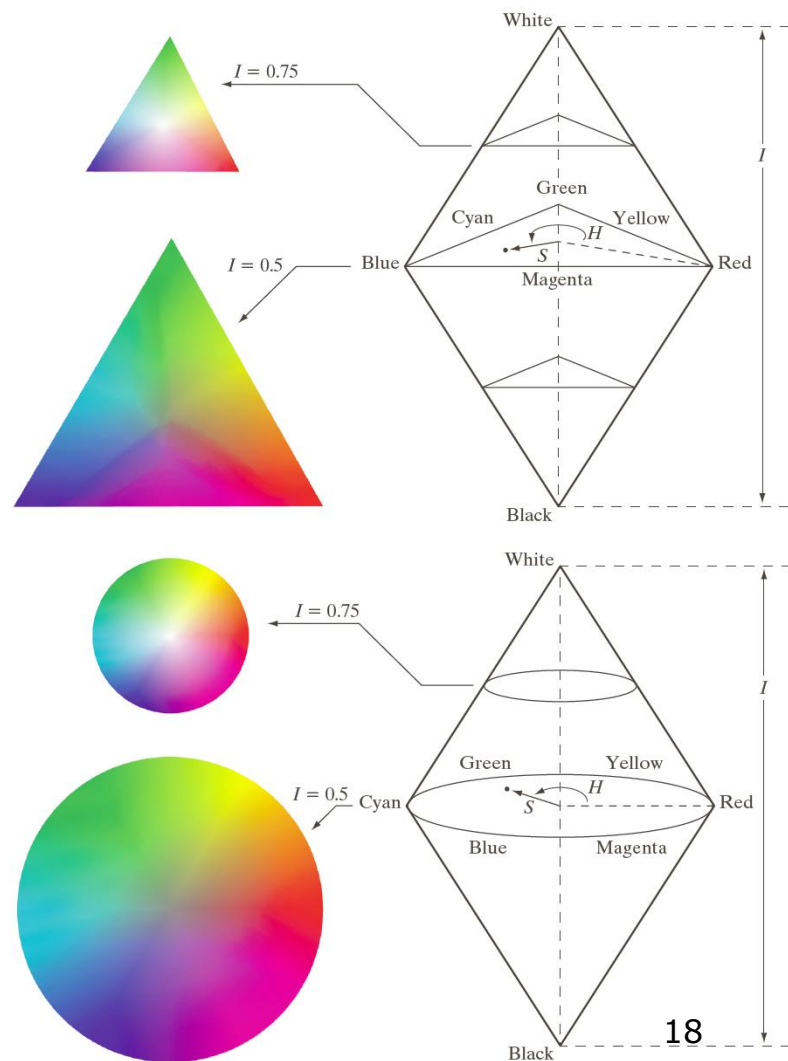


HSI彩色模型中的色调和饱和度：黑点是一个任意彩色点。与红轴的**夹角**给出了**色调**，向量的长度是**饱和度**。这些平面中的所有彩色的**强度**由垂直强度轴上的平面的位置给出

6.2.3 HSI彩色模型

□ HSI彩色模型

- 右图显示了基于彩色三角形和圆形的HSI模型
- 三角形和圆形平面 垂直于强度轴



6.2.3 HSI彩色模型

□ 从RGB转换到HIS

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

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

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

思考： 若一幅图像所有像素的R/G/B三通道的值都经历相同参数(a, b)的线性变换： $f(x) = a \cdot x + b$ ，变换前后的图像H通道是否有变化？

6.2.3 HSI彩色模型

□ 从HSI转换到RGB

■ 当H在 $[0, 120]$ 之间

$$B = I(1 - S) \quad R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \quad G = 3I - (B + R)$$

■ 当H在 $[120, 240]$ 之间

$$R = I(1 - S) \quad G = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 120^\circ)}{\cos(180^\circ - H)} \right] \quad B = 3I - (R + G)$$

■ 当H在 $[240, 360]$ 之间

$$G = I(1 - S) \quad B = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 240^\circ)}{\cos(300^\circ - H)} \right] \quad R = 3I - (G + B)$$

6.2.3 HSI彩色模型

- 对应于RGB彩色立方体图像的HSI值
 - 下图显示了RGB立方体的色调、饱和度和强度图像。
 - 色调存在不连续性

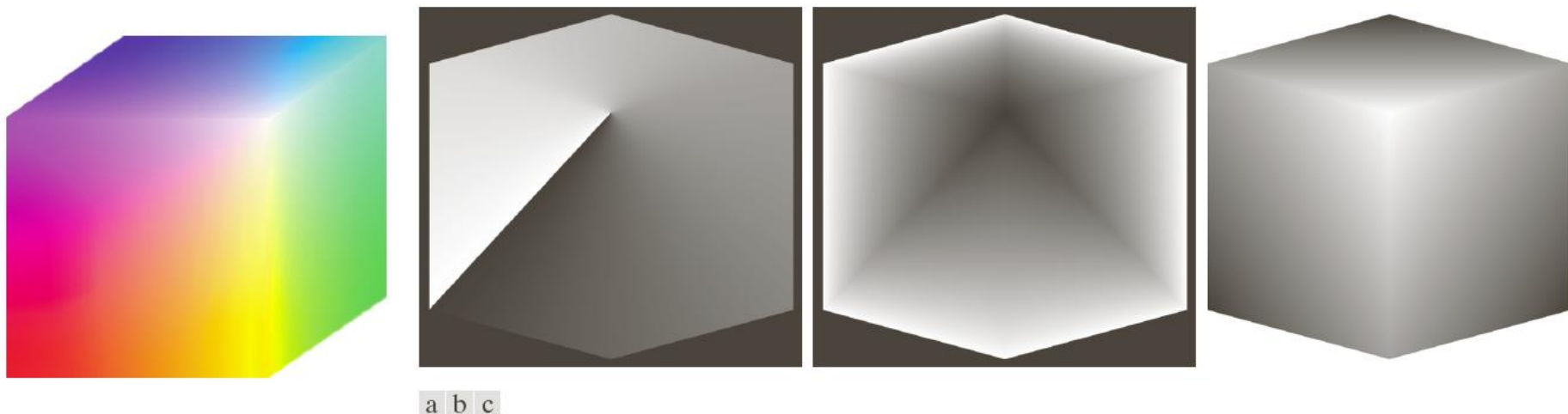
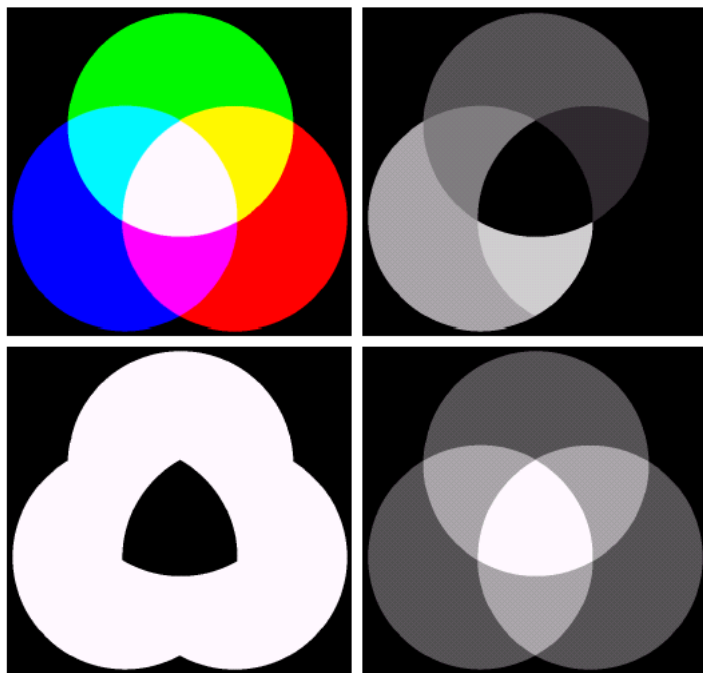


FIGURE 6.15 HSI components of the image in Fig. 6.8. (a) Hue, (b) saturation, and (c) intensity images.

6.2.3 HSI彩色模型

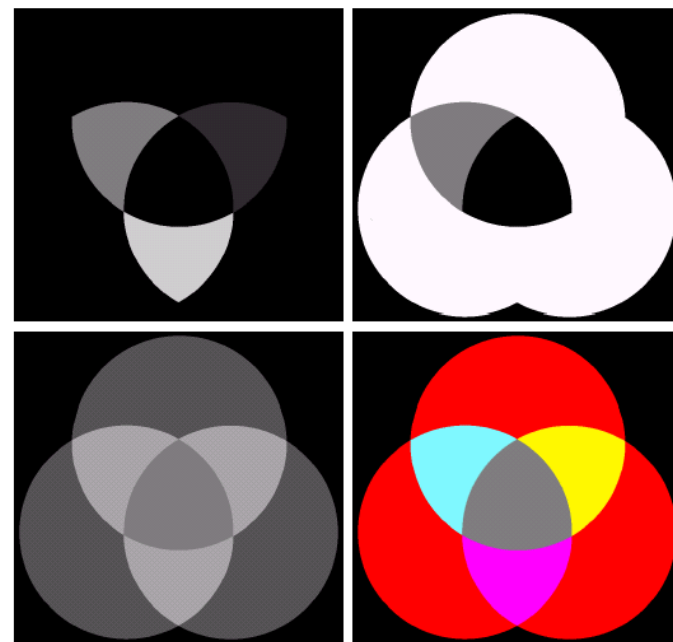
□ 处理HSI分量图像

- 要在RGB图像中更改任何区域的个别颜色，可以**改变色调图像相应区域的值**，将新的H图像和没有变化的S图像与I图像一起变换回RGB图像。改变饱和度和强度类似，可同时进行



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.



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.)



第6章 彩色图像处理

- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.3 伪彩色图像处理

□ 特点

- 伪彩色（也称假彩色）图像处理是基于一种指定规则，对灰度值赋以颜色的处理
- 不同灰度区域 → 赋予不同颜色

□ 原理

- 人眼对颜色比对灰度有较大的分辨能力
- 对灰度：几十
- 对彩色：几千

□ 分类

- 灰度分层
- 灰度到彩色的变换

6.3.1 灰度分层

□ 灰度分层

- 一幅图像 $f(x, y)$ 被描述为三维曲面
- 用一些平行于该图像的坐标平面的平面去切割图像的三维曲面，从而把灰度函数分成一些灰度区间
- 每个灰度区间赋予不同的颜色

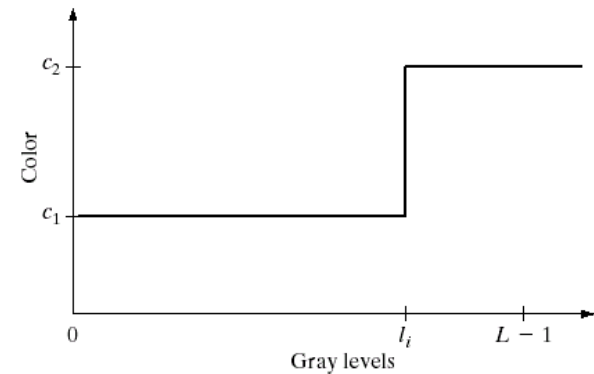
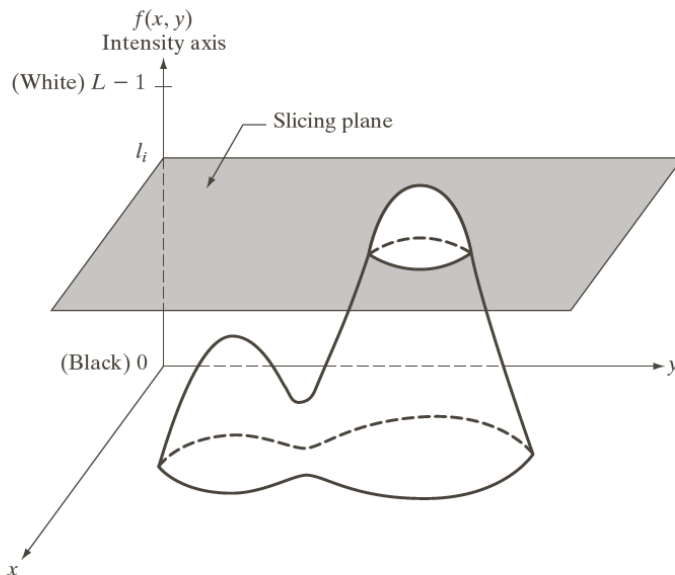


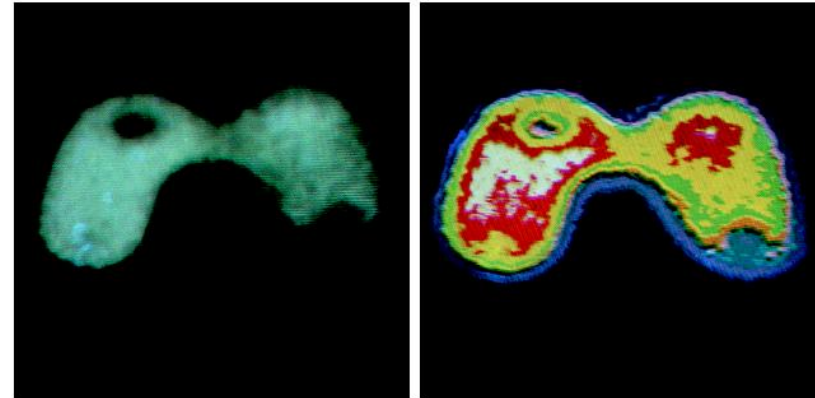
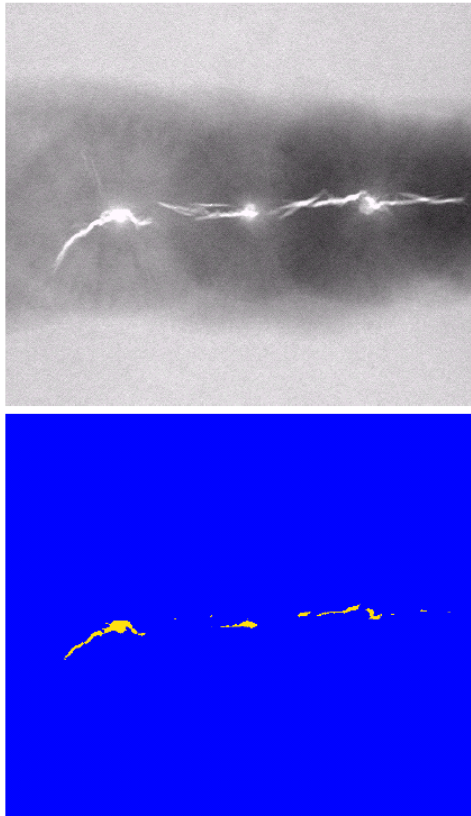
FIGURE 6.19 An alternative representation of the intensity-slicing technique.

6.3.1 灰度分层

□ 例

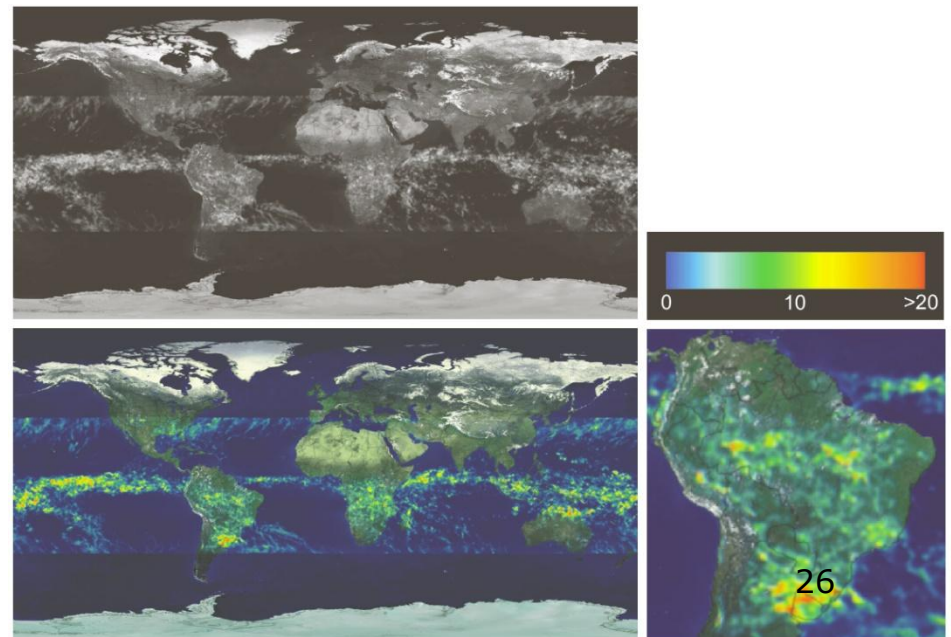
a
b

FIGURE 6.21
(a) Monochrome X-ray image of a weld. (b) Result of color coding.
(Original image courtesy of X-TEK Systems, Ltd.)



a b

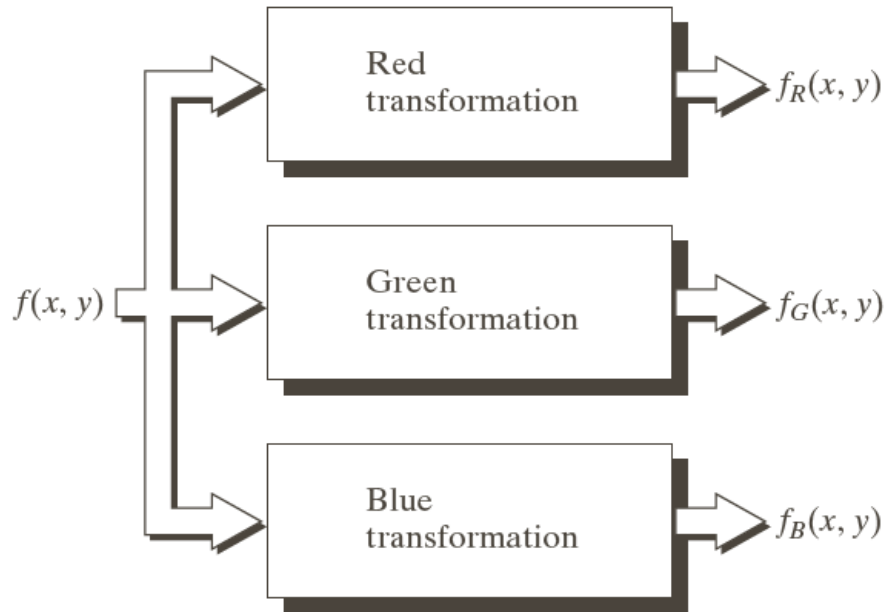
FIGURE 6.20 (a) Monochrome image of the Picker Thyroid Phantom. (b) Result of density slicing into eight colors. (Courtesy of Dr. J. L. Blankenship, Instrumentation and Controls Division, Oak Ridge National Laboratory.)



6.3.2 灰度到彩色的变换

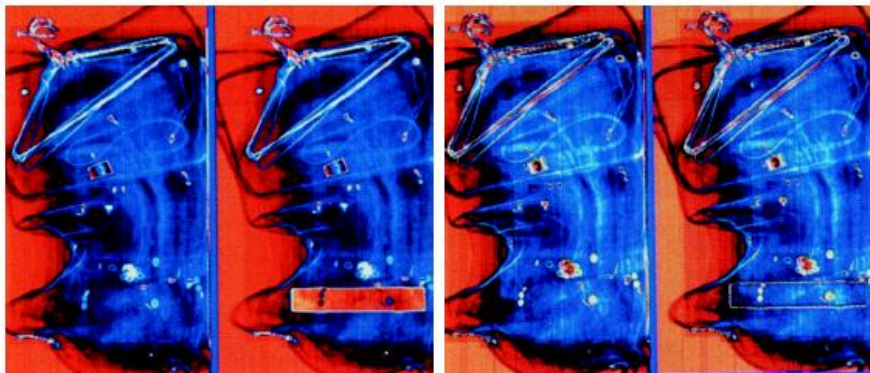
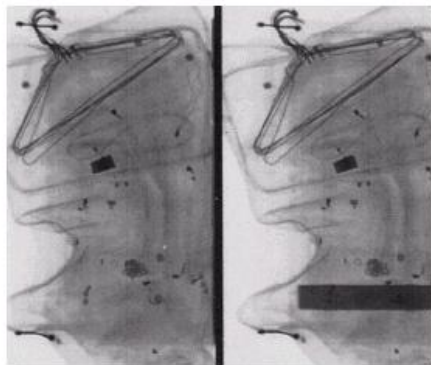
□ 从灰度到彩色的变换（映射）

- 对任何输入像素的灰度执行3个独立的变换
- 将3个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，图像的彩色内容有变换函数的特性调制
- 该方法是灰度分层方法的推广



6.3.2 灰度到彩色的变换

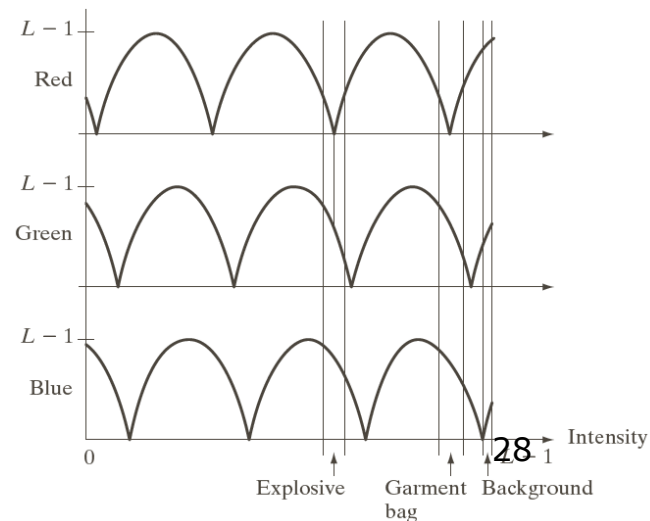
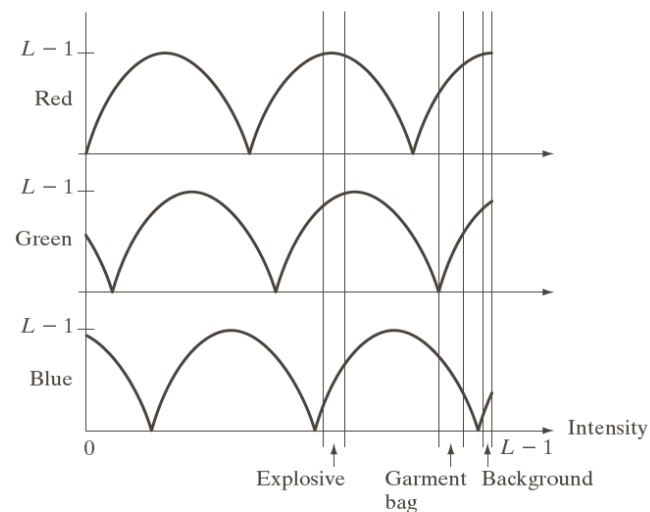
□ 例：X射线扫描系统得到的图象



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.)

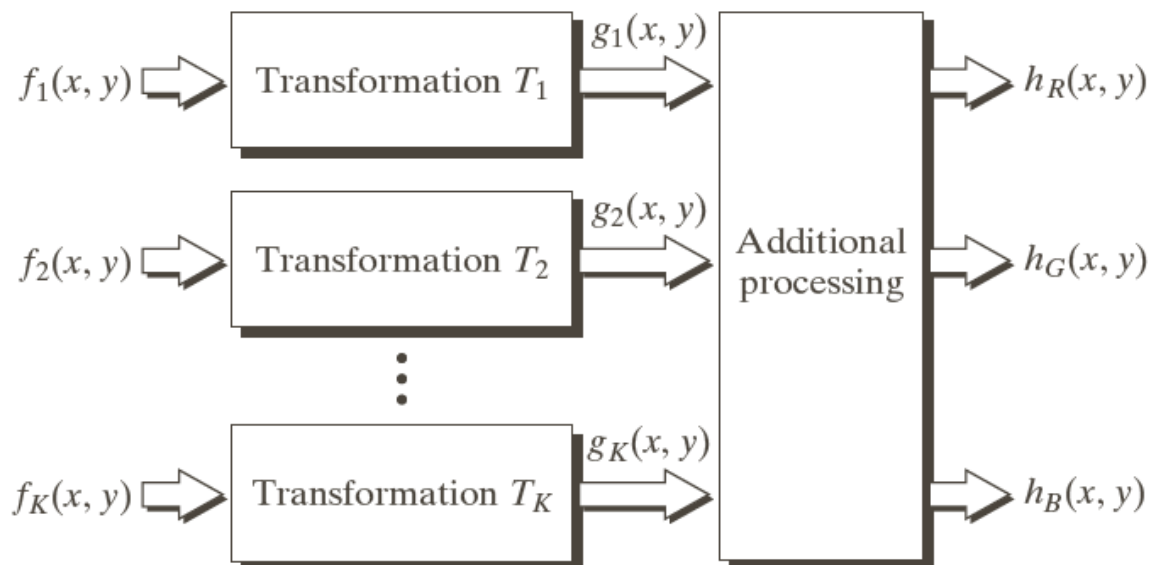
可调整频率和相位



6.3.2 灰度到彩色的变换

□ 多光谱图像处理

- 将多幅单色图像组合为一幅彩色图像合成图像是很重要的
- 不同的传感器在不同的谱段产生独立的单色图像
- 附加处理可以是彩色平衡、混合图像，以及以产生图像的传感器响应特性的知识为基础来选择三幅用于显示的图像等技术



6.3.2 灰度到彩色的变换

□ 多光谱图像的彩色编码

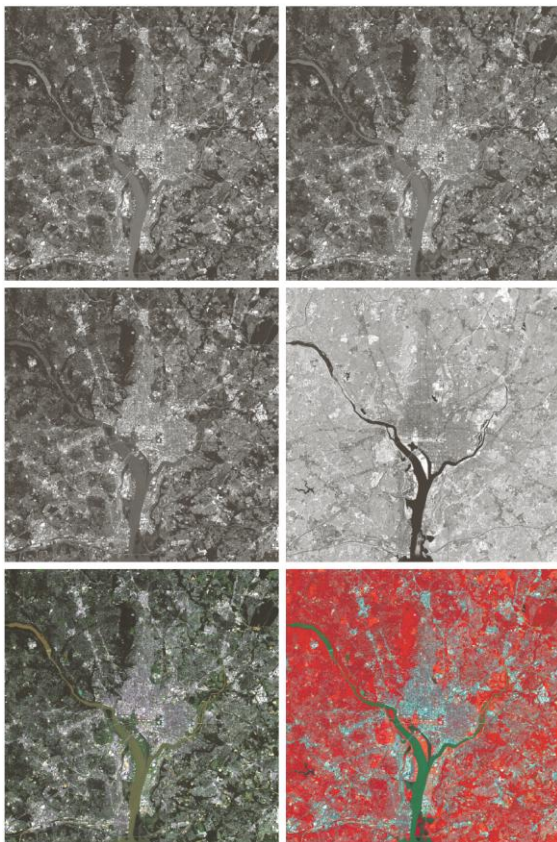
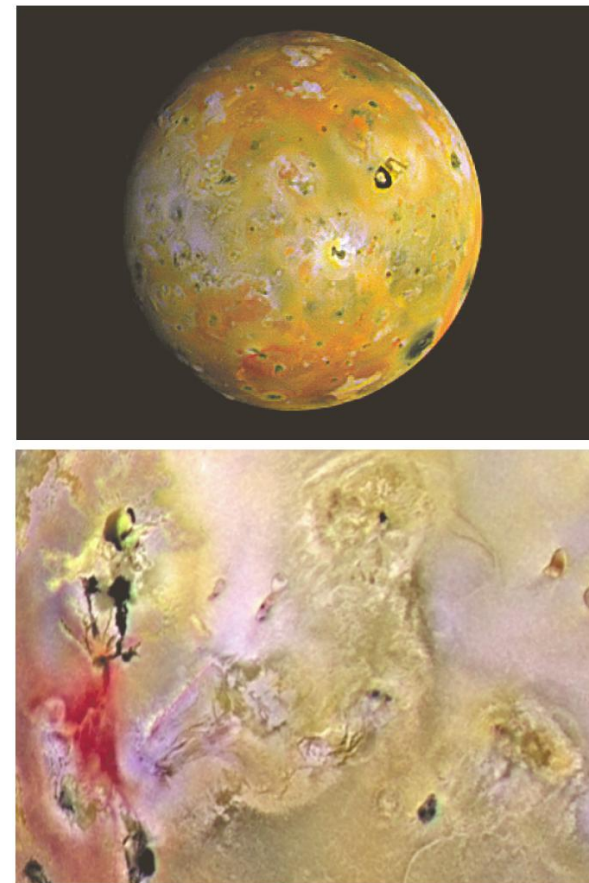


FIGURE 6.27 (a)–(d) Images in bands 1–4 in Fig. 1.10 (see Table 1.1). (e) Color composite image obtained by treating (a), (b), and (c) as the red, green, blue components of an RGB image. (f) Image obtained in the same manner, but using in the red channel the near-infrared image in (d). (Original multispectral images courtesy of NASA.)

a
b

FIGURE 6.28
(a) Pseudocolor
rendition of
Jupiter Moon Io.
(b) A close-up.
(Courtesy of
NASA.)



红色：火山近期喷出物质
黄色：陈旧的硫沉积物

a b
c d
e f



第6章 彩色图像处理

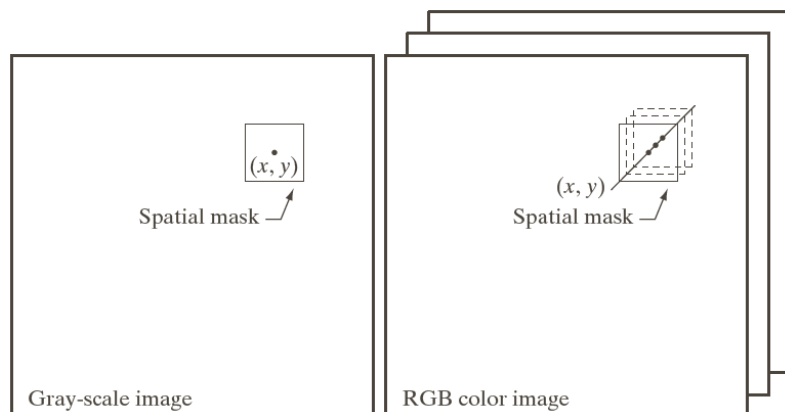
- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.4 真彩色图像处理

- 真（全）彩色图像处理方法分为两大类
 - 将一幅彩色图象看作三幅分量图象的组合体，先分别单独处理，再将结果合成
 - 将一幅彩色图象中的每个象素看作具有三个属性值，即属性现在为一个矢量，利用对矢量的表达方法进行处理

6.4 真彩色图像处理

- 每种彩色分量的处理等同于基于向量的处理的两个条件
 - 第一，处理必须对向量和标量都可用；
 - 第二，对向量的每个分量的操作对于其他分量必须是独立的



a b

FIGURE 6.29
Spatial masks for
gray-scale and
RGB color
images.

- 图显示了灰度图像和全彩色图像的邻域空间处理，邻域平均
 - ✓ (a)中平均是把邻域内的所有像素的灰度相加除以像素总数
 - ✓ (b)中是把邻域内所有向量相加，并用邻域向量总数去除每个分量
- 这两个条件满足，两种处理结果是相同的



第6章 彩色图像处理

- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换**
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.5 彩色变换

□ 变换公式

- 如灰度变换技术那样，用下式表达的彩色变换作为模型

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

- 其中 $f(x, y)$ 是输入图像， $g(x, y)$ 是变换后处理过的彩色输出图像， T 是在 (x, y) 的空间领域上对 f 操作的一个算子
- 类似于灰度变换的方法，本节只关注如下的彩色变换

$$s_i = T_i(r_1, r_2, \dots, r_n), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

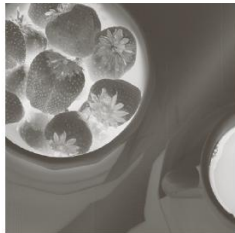
- ✓ 为标记简单起见， r_i 和 s_i 是 $f(x, y)$ 和 $g(x, y)$ 在任何点处彩色分量的变量， n 是彩色分量数。
- ✓ 注意， n 个变换合并可执行单一变换函数 T 。
- ✓ 用于描述 f 和 g 的像素的所选彩色空间决定 n 的值。
- ✓ 例如，如果选择 RGB 彩色空间，则 $n=3$ ，且 r_1, r_2, r_3 分别表示输入图像的红、绿、蓝分量。

6.5 彩色变换

□ 全彩色图像及其各种彩色空间分量



Full color



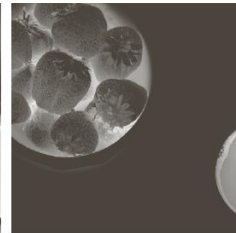
Cyan



Magenta



Yellow



Black



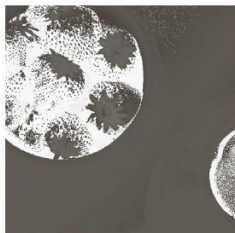
Red



Green



Blue



Hue



Saturation



Intensity

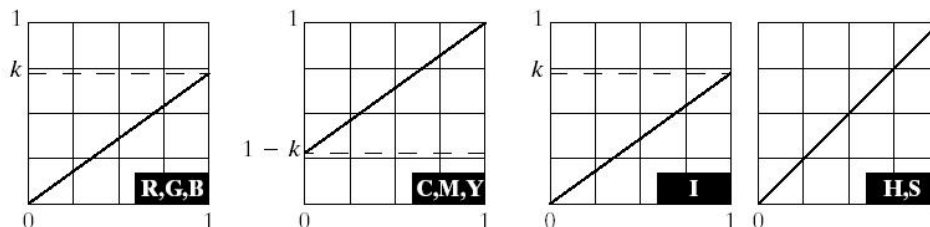
6.5 彩色变换

- 理论上，任何变换都可在任何彩色模型中执行。但实际上，某些操作对特定的模型比较适用(简洁)
 - 例如，要降低彩色图像的亮度，在RGB、CMY和HSI模型中的变换函数是不同的

a b
c d e

FIGURE 6.31

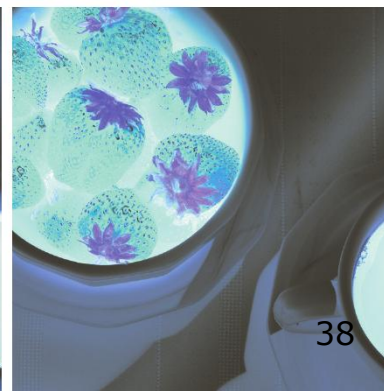
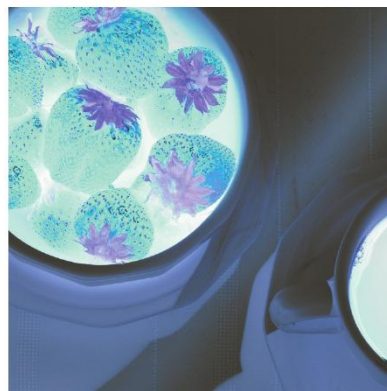
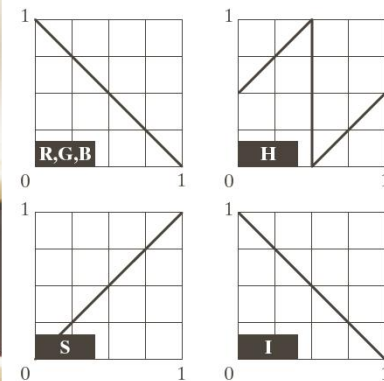
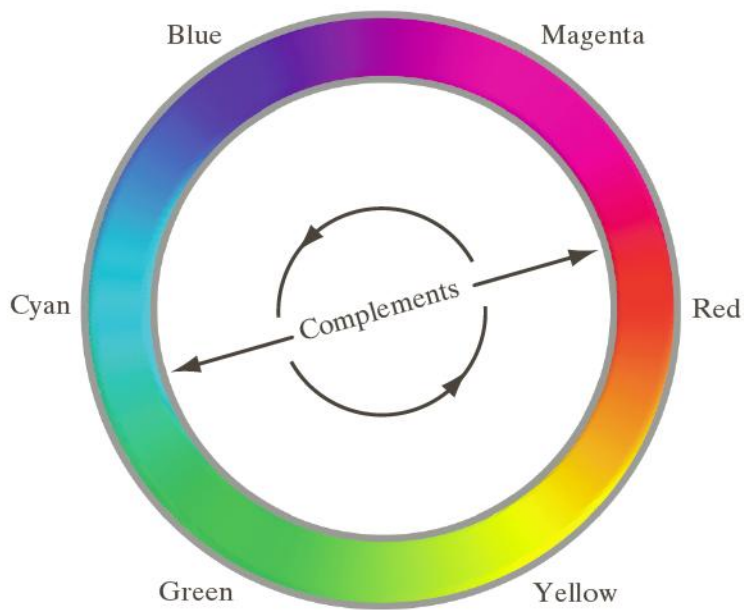
Adjusting the intensity of an image using color transformations. (a) Original image. (b) Result of decreasing its intensity by 30% (i.e., letting $k = 0.7$). (c)–(e) The required RGB, CMY, and HSI transformation functions. (Original image courtesy of MedData Interactive.)



6.5 彩色变换

□ 补色

- 彩色环上与色调直接相对的另一端被称为补色
- 补色对于增强嵌在彩色图像暗区的细节很有用
- RGB补色变换函数没有HSI空间的直接等效力



6.5 彩色变换

□ 彩色分层

- 突出图像中**某个特定彩色区域**，对从周围分离出目标物体很有用
- 变换函数涉及 n 维向量，一般很复杂
 - ✓ 其中较为简单的方法之一是，把某些感兴趣区域之外的彩色映射为不突出的无确定性质的颜色

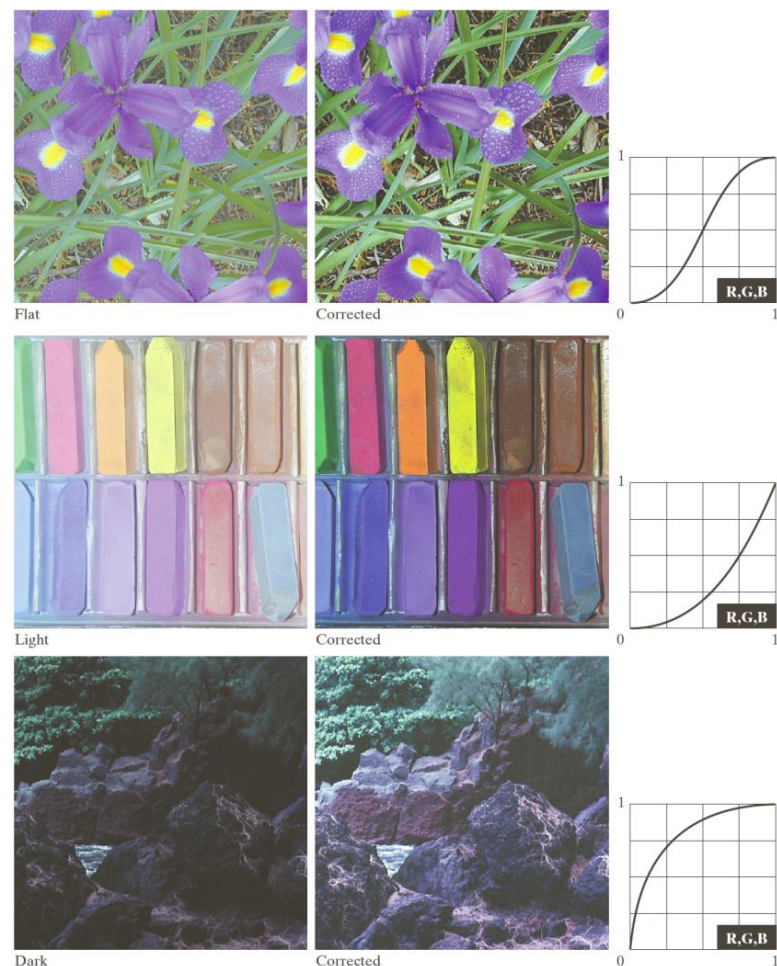
$$s_i = \begin{cases} 0.5, & \left[|r_j - a_j| > \frac{W}{2} \right]_{1 \leq j \leq n} \\ r_i, & \text{其他} \end{cases}$$

$$s_i = \begin{cases} 0.5, & \sum_{j=1}^n (r_j - a_j)^2 > R_0^2 \\ r_i, & \text{其他} \end{cases}$$



6.5 彩色变换

- 色调和彩色校正
 - 照片增强和颜色再现
- 色调变换
 - 色调变换通常需要交互选择，**试验性调整图像亮度和对比度**，在合适的范围提供更多的细节，彩色本身不改变。
 - 在RGB和CMY空间中，这意味着使用相同的变换函数映射所有的3个彩色分量
 - 在HSI彩色空间中，则改进了亮度分量
 - 图为校正3种常见色调不平衡的变换即平淡、较亮、较暗



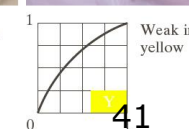
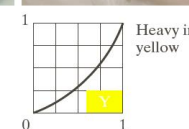
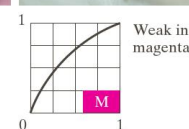
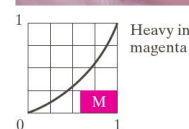
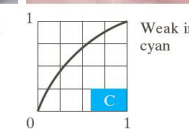
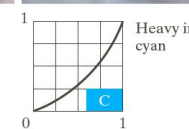
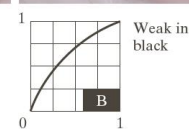
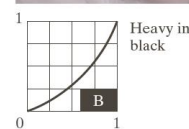
6.5 彩色变换

□ 彩色平衡

- 在调整一幅图像的彩色分量时，要意识到**每个操作都会影响到图像的全部彩色平衡**
- 彩色环可用于预测一个彩色分量如何影响其他彩色分量
 - ✓ 基于彩色环，任何颜色的比例都可通过减小图像中相对色（或补色）数量来增大
- 右图显示了用于校正简单CMYK输出不平衡的变换的反函数



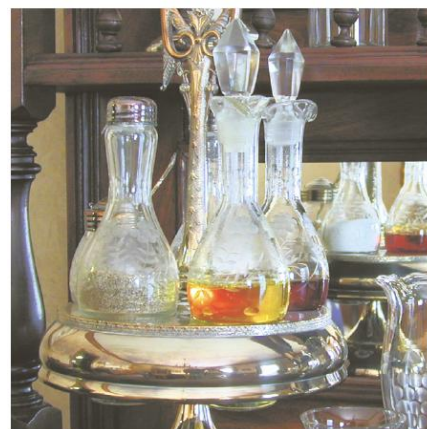
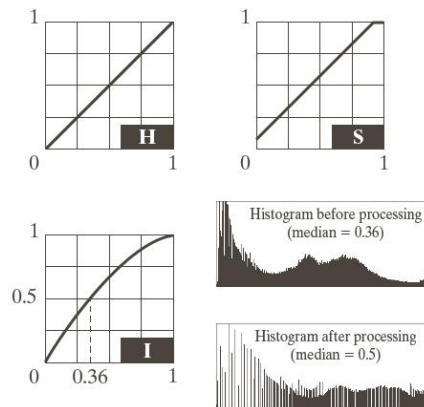
Original/Corrected



6.5 彩色变换

□ 直方图处理

- 直方图均衡会自动确定一种变换，产生具有均匀灰度值的直方图的图像
- 单独对彩色图像的分量进行直方图均衡是不明智的
- 应该均匀展开这种彩色灰度，而保持彩色本身（色调）不变
- 图为HSI彩色空间的直方图均衡



亮度分量直方图均衡



亮度分量直方图均衡
且增大饱和度分量



第6章 彩色图像处理

- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化**
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.6 平滑和锐化

□ 彩色图像平滑

- 灰度图像平滑是一种空间滤波操作，每个像素被由模板定义的邻域中的像素的平均值代替。可推广到彩色图像处理上
- 邻域平均平滑可以在每个彩色平面的基础上执行，其结果与使用RGB彩色向量执行平均是相同的
- 下图为一副彩色图像及其R/G/B分量图像



6.6 平滑和锐化

- 第一行为该图的H/S/I分量图像，下图为平滑这2种彩色模型的区别
 - 仅平滑I分量图像，不会改变图像的颜色



用 5×5 模板平滑图像：处理每个RGB分量结果（左）；处理HSI的I分量（中）；差别（右）

6.6 平滑和锐化

□ 彩色图像锐化

- 采用拉普拉斯变换方法的图像锐化处理
- 可通过分别计算每幅**分量**图像的拉普拉斯变换来计算彩色图像的拉普拉斯变换



拉普拉斯锐化图像：处理每个RGB分量结果（左）；处理HIS的I分量（中）；差别（右）



第6章 彩色图像处理

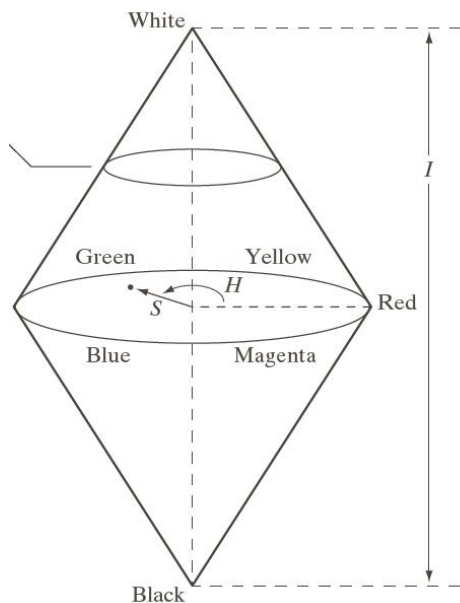
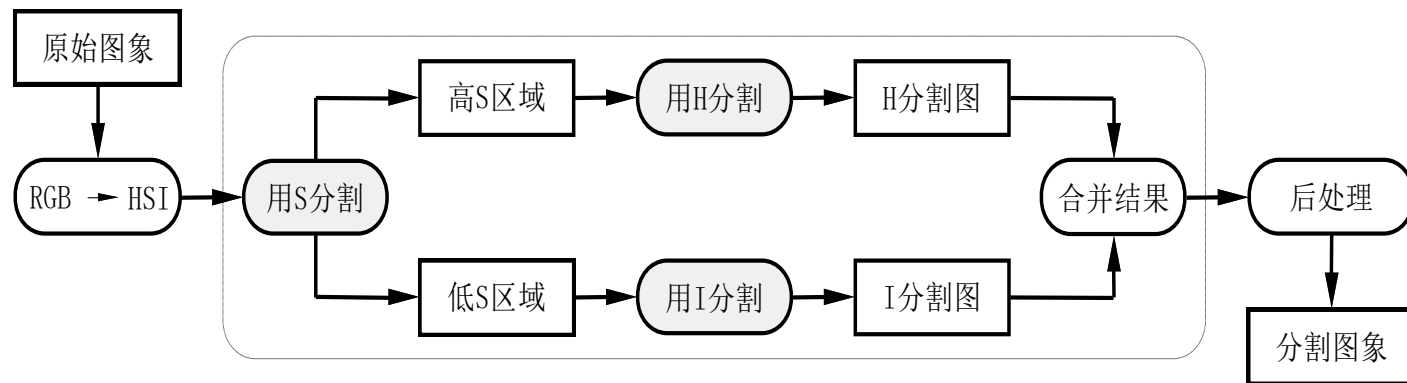
- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割**
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.7 基于彩色的图像分割

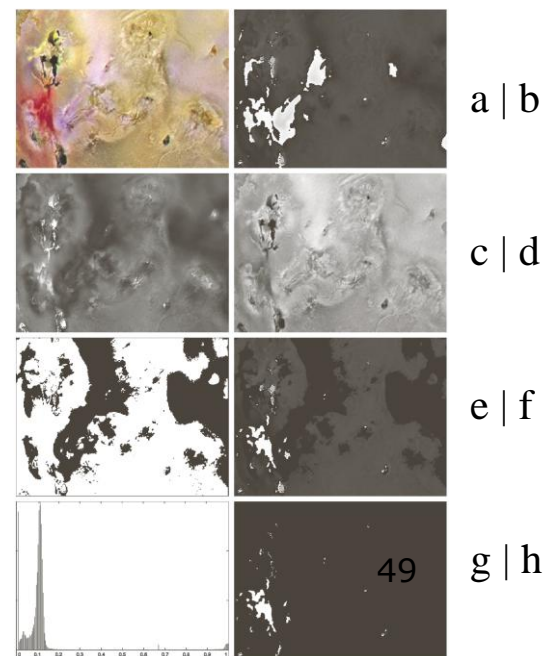
- 分割是把一幅图像分成多个区域的处理，虽然分割是后面几章讨论的问题，但出于连续性原因，这里简单地介绍一下彩色分割
 - HSI彩色空间的分割
 - RGB向量空间中的分割
 - 彩色边缘检测

6.7 基于彩色的图像分割

□ HSI彩色空间的分割



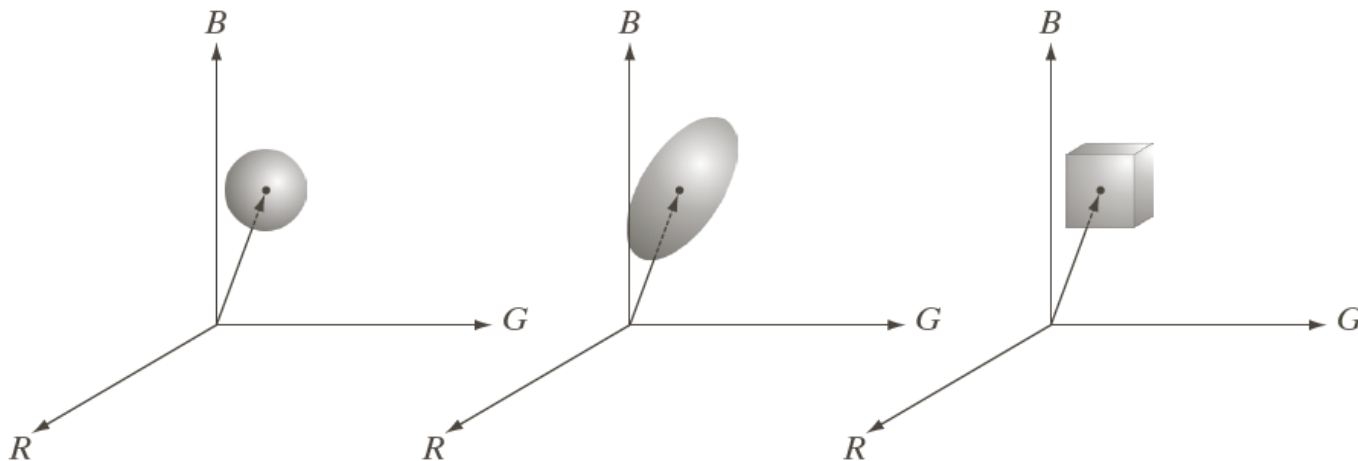
- ✓ (a) 原图像，为分割微红色区
- ✓ (b) 色调图像
- ✓ (c) 饱和度图像
- ✓ (d) 亮度图像
- ✓ (e) 二值饱和度模板（黑=0）
- ✓ (f) 图b和图e相乘后的结果
- ✓ (g) 图f的直方图
- ✓ (h) 图a中红色分量的分割



6.7 基于彩色的图像分割

□ RGB向量空间中的分割

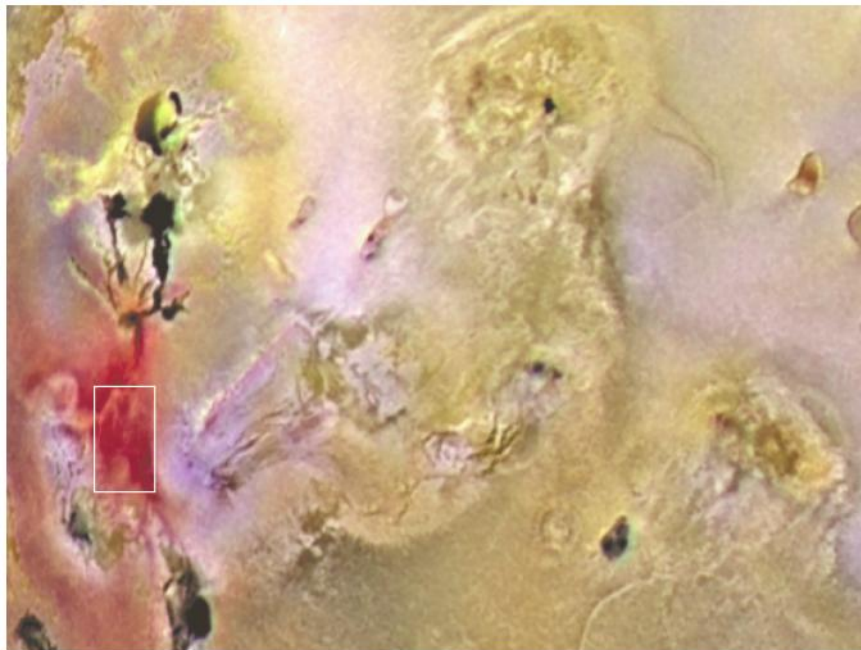
- 给定感兴趣的有代表性彩色的样点集，得到平均彩色用 a 表示
- 相似性度量，比较空间任一点 z 与 a 的距离
 - ✓ 欧式距离（轨迹是球体） $D(z, a) = \|z - a\|$
 - ✓ 马氏距离（轨迹是椭球体） $D(z, a) = [(z - a)^T C^{-1} (z - a)]^{\frac{1}{2}}$
 - ✓ 边界盒（避免开方运算）
- 通过确定它是否在球体或盒子内部来进行分割



6.7 基于彩色的图像分割

□ RGB向量空间中的分割

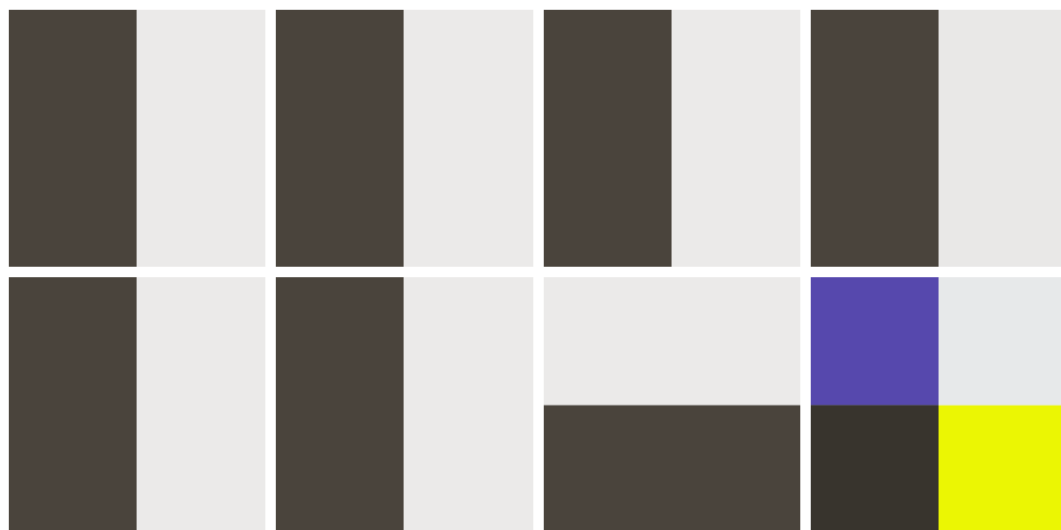
- 通过交互，计算矩形区域内的像素的颜色均值，作为参考颜色



6.7 基于彩色的图像分割

□ 彩色边缘检测

- 以单一图像为基础计算边缘还是直接在彩色空间计算边缘？
- 例下图，如果计算每个分量图像的梯度，并将结果相加形成两幅相应的RGB梯度图像，则中心点处的梯度值在两种情况下都将相同。直观看，我们希望图d中图像那一点梯度更强，因为R，G，B图像的边缘在该图像中的方向相同，而对于图h的图像只有两个边缘具有相同的方向。
- 所以，处理3个单独的平面所形成的合成梯度图像可能导致错误



(a)~(c)R,G,B分量图像；
(d)产生的RGB彩色图像；
(e)~(g)R,G,B分量图像；
(h)产生的RGB彩色图像；

6.7 基于彩色的图像分割

□ 彩色边缘检测 (Di Zenzo[1986])

- 对于标量函数, 梯度是坐标点指向 f 的最大变化率方向的向量
- 令 \mathbf{r} , \mathbf{g} 和 \mathbf{b} 是沿RGB彩色空间的R, G, B轴的单位向量, 并定义

$$\mathbf{u} = \frac{\partial R}{\partial x} \mathbf{r} + \frac{\partial R}{\partial y} \mathbf{g} + \frac{\partial R}{\partial z} \mathbf{b}, \quad \mathbf{v} = \frac{\partial G}{\partial x} \mathbf{r} + \frac{\partial G}{\partial y} \mathbf{g} + \frac{\partial G}{\partial z} \mathbf{b},$$

- 令 g_{xx} , g_{yy} , g_{xy} 表示这些向量的点积, 如下所示

$$g_{xx} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{u} = \left| \frac{\partial R}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial R}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial R}{\partial z} \right|^2, \quad g_{yy} = \mathbf{v} \cdot \mathbf{v} = \left| \frac{\partial G}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial G}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial G}{\partial z} \right|^2, \quad g_{xy} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = \frac{\partial R}{\partial x} \frac{\partial G}{\partial x} + \frac{\partial R}{\partial y} \frac{\partial G}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \frac{\partial G}{\partial z}$$

- 可以证明 $c(x, y)$ 的最大变化率方向可以由以下角度给出

$$\theta(x, y) = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{2g_{xy}}{g_{xx} - g_{yy}} \right]$$

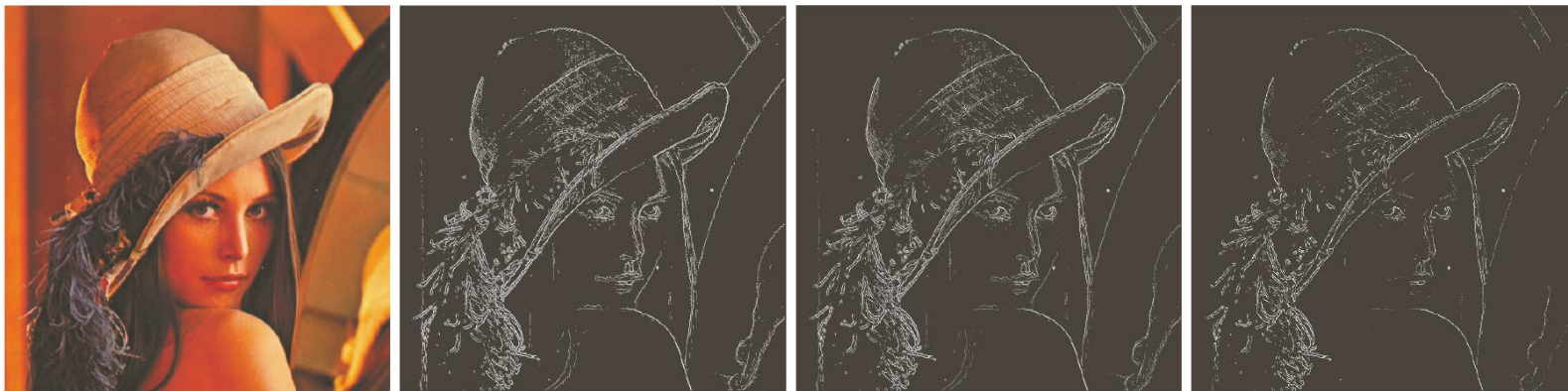
- 且角度方向上点 (x, y) 处的变化率的值由下式给出

$$F_{\theta}(x, y) = \left\{ \frac{1}{2} [(g_{xx} + g_{yy}) + (g_{xx} - g_{yy}) \cos 2\theta(x, y) + 2g_{xy} \sin 2\theta(x, y)] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

6.7 基于彩色的图像分割

□ 例

(a)RGB图像；(b)在RGB彩色空间中计算的梯度；(c)在每幅分量图像基础上计算梯度，然后相加；(d)图b和图c的差



彩色图像的分量梯度图像：

(a)红分量；

(b)绿分量；

(c)蓝分量。

这3幅图像相加并标定后产生了上图c中的图像 54



第6章 彩色图像处理

- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.8 彩色图像中的噪声

- 5.2节讨论的噪声模型可用于彩色图像
- 通常，彩色图像的噪声内容在每个彩色通道中具有相同的特性，但噪声对不同彩色通道所造成的影响不同
- 不同的噪声水平是由每个彩色通道的相对照射强度的差异造成的
 - 例如，在CCD摄像机中，红色滤镜的使用将减少用于红色传感器的照射强度。CCD传感器在低照明水平下就是噪声源，因此，这种情况下得到的RGB图像红色分量图像与其他两幅分量图像相比往往是噪声源

6.8 彩色图像中的噪声

- 与在单色图像中相比，细粒噪声在彩色图像中不太引人注意



(a)~(c)由均值为0、方差为800的高斯噪声污染的红、绿和蓝分量图像；
(d)最终的RGB图像

6.8 彩色图像中的噪声

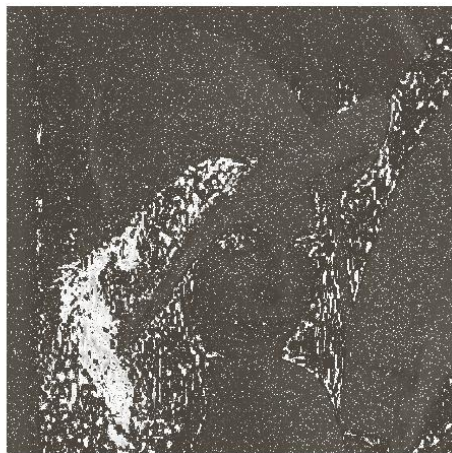
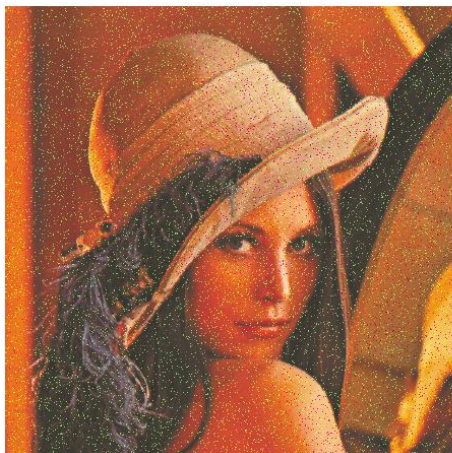
- 噪声从一个彩色模型转换为另一个模型
 - 噪声图像的色调与饱和度分量明显降质了，这分别是由转换函数中求余弦与取最小值操作的非线性性造成的
 - 图c中的强度分量比3个带噪声的RGB分量图像中的任何一个都要平滑一些，这是由亮度图像是RGB图像的平均这一事实造成的



上图(d)中带噪声的彩色图像的HSI分量：(a)色调图像；(b)饱和度图像；(c)亮度图像

6.8 彩色图像中的噪声

- 在仅有一个RGB通道受噪声影响的情况下，到HSI的转换才将噪声扩散到所有HSI分量图像



- (a) 绿平面被椒盐噪声污染的RGB图像；
- (b) HSI图像的色调分量；
- (c) 饱和度分量；
- (d) 亮度分量



第6章 彩色图像处理

- 6.1 彩色基础
- 6.2 彩色模型
- 6.3 伪彩色图像处理
- 6.4 真彩色图像处理
- 6.5 彩色变换
- 6.6 平滑和锐化
- 6.7 基于彩色的图像分割
- 6.8 彩色图像中的噪声
- 6.9 彩色图像压缩

6.9 彩色图像压缩

- 因为描述彩色所要求的比特数比描述灰度级所要求的比特数大3~4倍，所以数据压缩在**存储**和**传输**彩色图像中起着核心的作用。
- 对于前几节描述的RGB，CMY(K)和HSI图像，任何压缩对象的数据是每个彩色像素的分量，它们是传达彩色信息的方式。
- 压缩是**减少或消除冗余和不相干数据**的处理。

6.9 彩色图像压缩

□ 实例

- 一幅24比特RGB全彩色图像
- 采用JPEG 2000压缩算法
- 原图每230比特数据，压缩后仅包含1个数据比特
- 假定压缩后图像在Internet上能于1分钟内传输完成，那么原图像的传输至少需要4小时

