

彩色图像处理

Outline

- ① 彩色基础
- ② 彩色模型
- ③ 颜色空间转换
- ④ 彩色图像处理
- ⑤ 彩色变换
- ⑥ 彩色图像平滑、锐化
- ⑦ 彩色分割
- ⑧ 彩色图像的噪声

Topic

① 彩色基础

② 彩色模型

③ 颜色空间转换

④ 彩色图像处理

⑤ 彩色变换

⑥ 彩色图像平滑、锐化

⑦ 彩色分割

⑧ 彩色图像的噪声

为什么要研究彩色图像处理?

- 符合人类视觉特点
 - 人类可以辨别几千种颜色色调和亮度
 - 只能辨别几十种灰度层次
- 特征描述
 - 简化目标物的区分
 - 目标识别: 根据目标的颜色特征

研究领域

- 全彩色处理：全彩色传感器获取
 - 彩色相机
 - 彩色扫描仪
- 伪彩色处理：对不同的灰度或灰度范围赋予不同的颜色

颜色特性

描述彩色光的 3 个基本量：

- 辐射率：从光源流出能量的总量，用瓦特 (W) 度量
- 光强：观察者从光源接收的能量总和
- 亮度：主观描绘子

颜色分解与合成

- 三原色: 红色 (Red)、绿色 (Green)、蓝色 (Blue)
- 原色相加可产生二次色
 - 深红色: 红 + 蓝
 - 青色: 绿 + 蓝
 - 黄色: 红 + 绿

Topic

① 彩色基础

② 彩色模型

③ 颜色空间转换

④ 彩色图像处理

⑤ 彩色变换

⑥ 彩色图像平滑、锐化

⑦ 彩色分割

⑧ 彩色图像的噪声

彩色空间

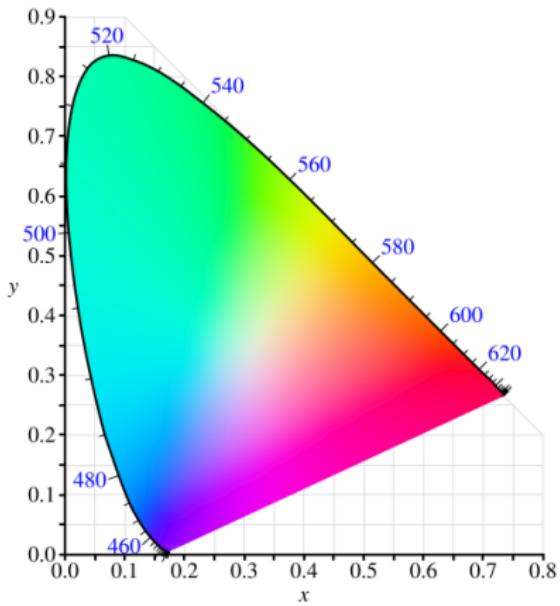
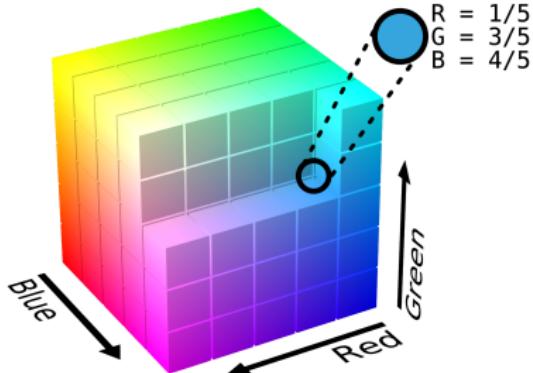
- RGB
- CMY 和 CMYK
- HSI
- YIQ
- YUV
- YCbCr

RGB

- CCD 技术直接感知 R,G,B 三个分量
- 是图像成像、显示、打印等设备的基础



RGB 颜色空间



CMY 和 CMYK 彩色空间

- CMY(青、深红、黄)、CMYK (青、深红、黄、黑)
- 运用在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
- CMYK
 - 打印中的主要颜色是黑色
 - 等量的 CMY 原色产生黑色，但不纯
 - 在 CMY 基础上，加入黑色，形成 CMYK 彩色空间

HSI(色调、饱和度、亮度)

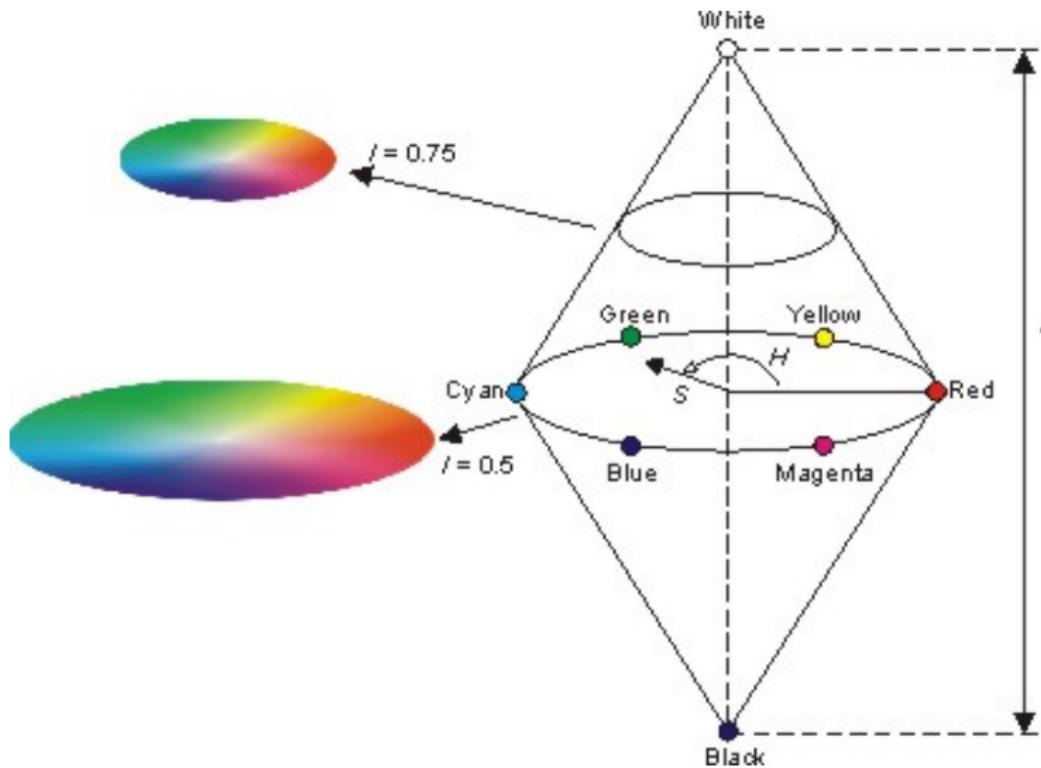
- 特点：

- 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是紧密相连的

- 广泛用于计算机视觉、图像检索和视频检索

- 将亮度 (I) 与色调 (H) 和饱和度 (S) 分开
- 避免颜色受到光照明暗 (I) 等条件的干扰
- 可分析反映色彩本质的色调和饱和度

HSI



YIQ

- Y 指亮度 (Brightness), 即灰度值
- I 和 Q 指色调, 描述色彩及饱和度
- 用于彩色电视广播, 被北美的电视系统所采用 (属于 NTSC 系统)
- Y 分量可提供黑白电视机的所有影像信息

YUV

- Y 指亮度，与 YIQ 的 Y 相同
- U 和 V 也指色调，不同于 YIQ 的 I 和 Q
- 用于彩色电视广播，被欧洲的电视系统所采用（属于 PAL 系统）
- Y 分量也可提供黑白电视机的所有影像信息

YCbCr

- Y 指亮度, 与 YIQ 和 YUV 的 Y 相同
- Cb 和 Cr 由 U 和 V 调整得到
- JPEG 采用的彩色空间

Topic

- ① 彩色基础
- ② 彩色模型
- ③ 颜色空间转换
- ④ 彩色图像处理
- ⑤ 彩色变换
- ⑥ 彩色图像平滑、锐化
- ⑦ 彩色分割
- ⑧ 彩色图像的噪声

颜色空间转换

- $\text{RGB} \leftrightarrow \text{CMY}$
- $\text{RGB} \leftrightarrow \text{HSI}$
- $\text{RGB} \leftrightarrow \text{YIQ}$
- $\text{RGB} \leftrightarrow \text{YUV}$
- $\text{RGB} \leftrightarrow \text{YCbCr}$

RGB-CMY

RGB 和 CMY 值都归一化到 $[0, 1]$

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

RGB → HSI

$$\theta = \arccos \frac{\frac{1}{2}((R - G) + (R - B))}{((R - G)^2 + (R - G)(G - B))^{\frac{1}{2}}}$$

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

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

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

HSI → RGB

- $0^\circ \leq H < 120^\circ$ 时

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

- $120^\circ \leq H < 240^\circ$ 时

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

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

- $240^\circ \leq H < 360^\circ$ 时

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

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

RGB-YIQ

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.106 & 1.703 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

Topic

- ① 彩色基础
- ② 彩色模型
- ③ 颜色空间转换
- ④ 彩色图像处理
- ⑤ 彩色变换
- ⑥ 彩色图像平滑、锐化
- ⑦ 彩色分割
- ⑧ 彩色图像的噪声

伪彩色图像处理

- 也叫假彩色图像处理
- 根据一定的准则对灰度值赋以彩色的处理
- 区分: 伪彩色图像、真彩色图像、单色图像
- 为什么需要伪彩色图像处理?
 - 人类可以辨别上千种颜色和强度
 - 只能辨别二十几种灰度
- 应用
 - 为人们观察和解释图像中的灰度目标

怎样进行伪彩色图像处理?

- 强度分层技术
- 灰度级到彩色转换技术

强度分层技术

- 令 $[0, L - 1]$ 表示灰度级, 使 I_0 代表黑色 ($f(x, y) = 0$), I_{L-1} 代表白色 ($f(x, y) = L - 1$)。
- 假设垂直于强度轴的 P 个平面定义为量级 I_1, I_2, \dots, I_P 。
 $0 < P < L - 1$, P 个平面将灰度级分为 $P + 1$ 间隔,
 V_1, V_2, \dots, V_{P+1} ,
- 则灰度级到彩色的赋值关系:

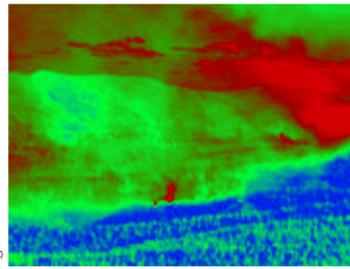
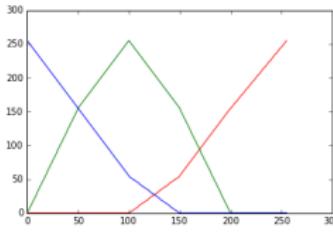
$$f(x, y) = c_k, \quad f(x, y) \in V_k$$

- c_k 是与强度间隔
- V_k 第 K 级强度有关的颜色
- V_k 是由在 $I = k - 1$ 和 $I = k$ 分割平面定义的

灰度级到彩色的转换

- 对任何输入像素的灰度级执行 3 个独立变换
- 3 个变换结果分别送入彩色监视器的红、绿、蓝三个通道
- 合成彩色图像

伪彩色处理



全彩色图像处理

- 全彩色图像处理研究分为两大类：
 - 分别处理每一分量图像，然后，合成彩色图像
 - 直接对彩色像素处理：3个颜色分量表示像素向量。

Topic

- ① 彩色基础
- ② 彩色模型
- ③ 颜色空间转换
- ④ 彩色图像处理
- ⑤ 彩色变换
- ⑥ 彩色图像平滑、锐化
- ⑦ 彩色分割
- ⑧ 彩色图像的噪声

彩色变换函数

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

- $f(x, y)$ 是彩色输入图像
- $g(x, y)$ 是变换或处理过的彩色输出图像
- T 是在 (x, y) 的空间邻域上对 $f(x, y)$ 的操作

亮度变换

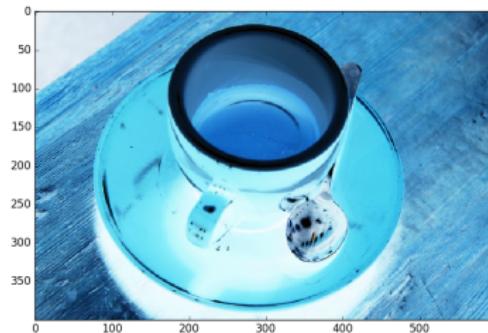
亮度变换示例



程序

```
from skimage import data,io
import numpy as np
image=data.coffee()
brighter=np.uint8(image*0.5+255*0.5)
darker=np.uint8(image*0.5)
invert=255-image
```

补色



彩色分层



色调和彩色校正

调整饱和度



程序

```
image=data.astronaut()  
h1=color.rgb2hsv(image)  
h2=h1.copy()  
h1[:, :, 1]=h1[:, :, 1]*0.5  
h2[:, :, 1]=h2[:, :, 1]*0.5+0.5
```

色调和彩色校正

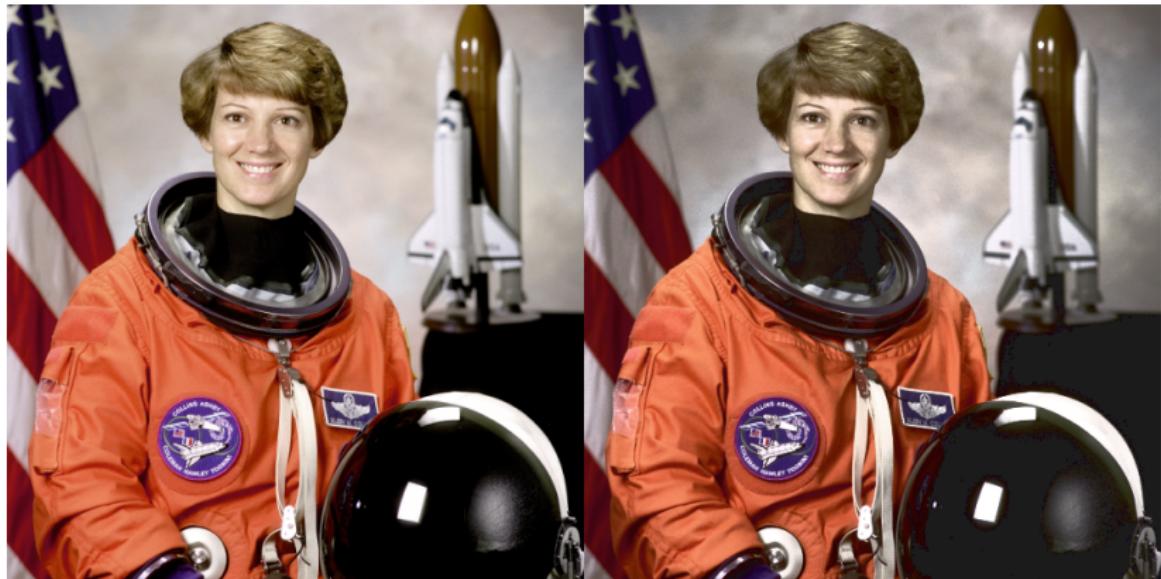
改变颜色分量



程序

```
imagered[:, :, 0] = image[:, :, 0] * 127.0 / 255 + 128  
imageyellow[:, :, 0] = image[:, :, 0] * 127.0 / 255 + 128  
imageyellow[:, :, 1] = image[:, :, 1] * 127.0 / 255 + 128  
imageblue[:, :, 2] = image[:, :, 2] * 127.0 / 255 + 128
```

HSI 颜色空间下的直方图均衡



Topic

- ① 彩色基础
- ② 彩色模型
- ③ 颜色空间转换
- ④ 彩色图像处理
- ⑤ 彩色变换
- ⑥ 彩色图像平滑、锐化
- ⑦ 彩色分割
- ⑧ 彩色图像的噪声

彩色图像平滑

令 S_{xy} 表示 (x, y) 邻域的坐标集，，在该邻域中 RGB 分量的平均值为

$$\bar{c}(x, y) = \frac{1}{k} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} c(x, y)$$

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

彩色图像平滑



彩色图像锐化 (拉普拉斯微分)

RGB 彩色空间, 分别计算每一分量图像的拉普拉斯变换

$$\nabla^2 c(x, y) = \begin{bmatrix} \nabla^2 R(x, y) \\ \nabla^2 G(x, y) \\ \nabla^2 B(x, y) \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} g(x, y) &= f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) \\ &= f(x, y) - (f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) \\ &\quad - 4f(x, y)) \\ &= 5f(x, y) - (f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)) \end{aligned}$$

锐化示例 (RGB 分量锐化与 HSV 空间 V 分量锐化)



Topic

① 彩色基础

② 彩色模型

③ 颜色空间转换

④ 彩色图像处理

⑤ 彩色变换

⑥ 彩色图像平滑、锐化

⑦ 彩色分割

⑧ 彩色图像的噪声

彩色分割

- RGB 彩色空间——直接
- HSI 彩色空间分割——物理意义明确
 - H 色调图像方便描述彩色
 - S 饱和度图像做模板分离感兴趣的特征区
 - I 强度图像不携带彩色信息

RGB 彩色空间分割

令 z 代表 RGB 空间中的任意一点, a 是分割颜色样本集的平均颜色向量

$$\begin{aligned} D(z, a) &= ||z - a|| \\ &= \sqrt{(z_R - a_R)^2 + (z_G - a_G)^2 + (z_B - a_b)^2} \end{aligned}$$

- D_0 是距离阈值
- 如果 $D(z, a) \leq D_0$ ，则 z 和 a 相似
- 如果 $D(z, a) > D_0$ ，则 z 和 a 不相似

RGB 颜色分割



彩色边缘检测

$$\vec{u} = \frac{\partial R}{\partial x} \vec{r} + \frac{\partial G}{\partial x} \vec{g} + \frac{\partial B}{\partial x} \vec{b}$$

$$\vec{v} = \frac{\partial R}{\partial y} \vec{r} + \frac{\partial G}{\partial y} \vec{g} + \frac{\partial B}{\partial y} \vec{b}$$

$$g_{xx} = \vec{u} \cdot \vec{u} = \left(\frac{\partial R}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial x} \right)^2$$

$$g_{yy} = \vec{v} \cdot \vec{v} = \left(\frac{\partial R}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial y} \right)^2$$

$$g_{xy} = \vec{u} \cdot \vec{v} = \frac{\partial R}{\partial x} \frac{\partial R}{\partial y} + \frac{\partial G}{\partial x} \frac{\partial G}{\partial y} + \frac{\partial B}{\partial x} \frac{\partial B}{\partial y}$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2g_{xy}}{g_{xx} - g_{yy}} \right)$$

$$F(\theta) = \left(\frac{1}{2} ((g_{xx} + g_{yy}) + (g_{xx} - g_{yy}) \cos 2\theta + 2g_{xy} \sin 2\theta) \right)^{\frac{1}{2}}$$

彩色边缘检测



Topic

① 彩色基础

② 彩色模型

③ 颜色空间转换

④ 彩色图像处理

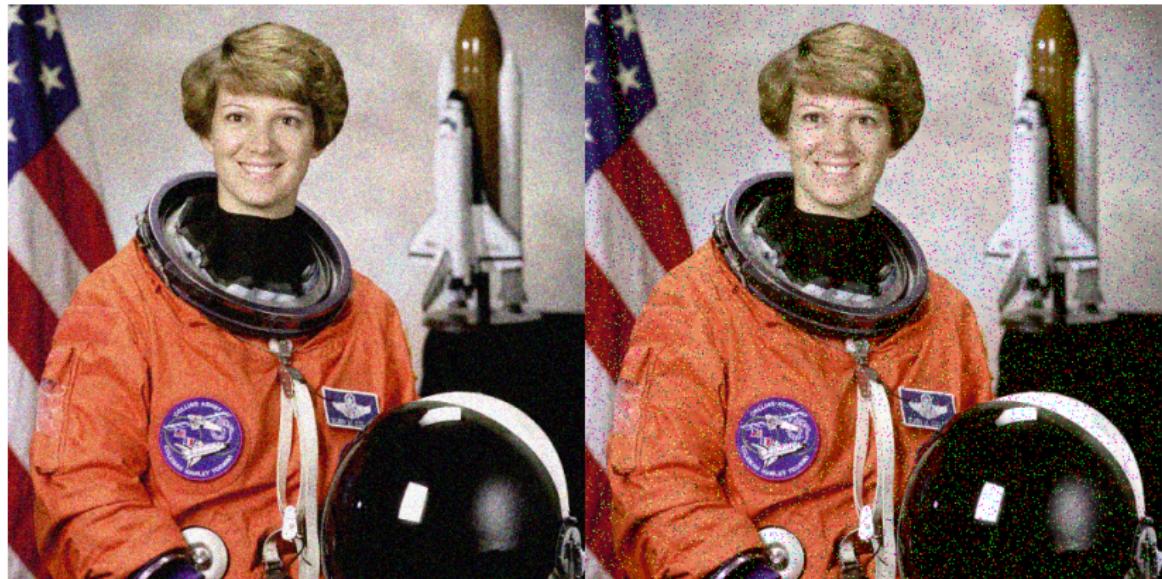
⑤ 彩色变换

⑥ 彩色图像平滑、锐化

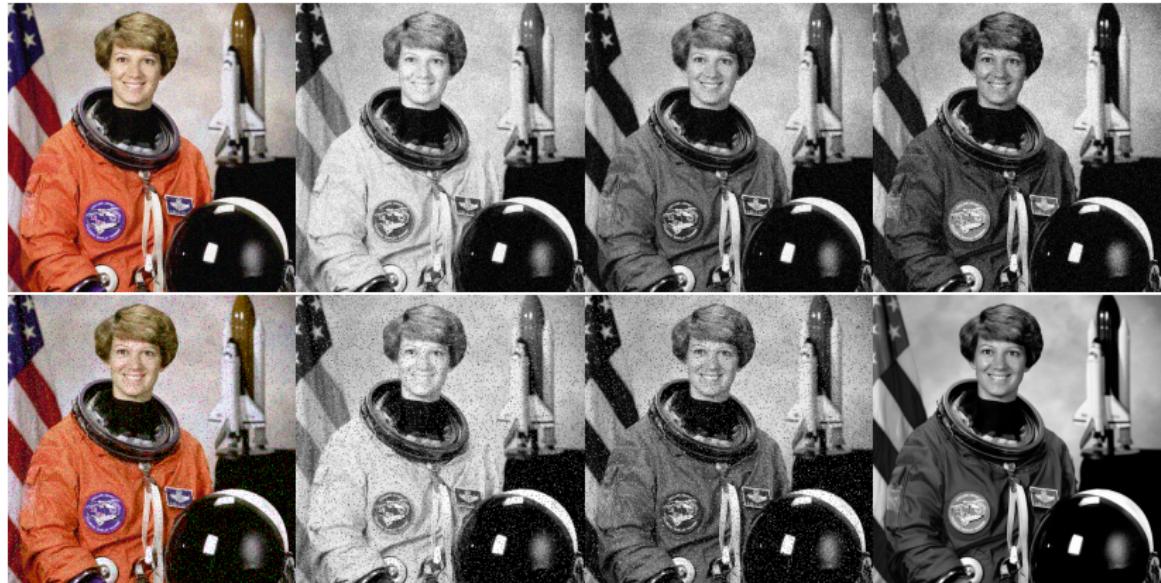
⑦ 彩色分割

⑧ 彩色图像的噪声

彩色图像的噪声



RGB 分量



HSV 分量

