บทที่ 4

Colour Image Processing

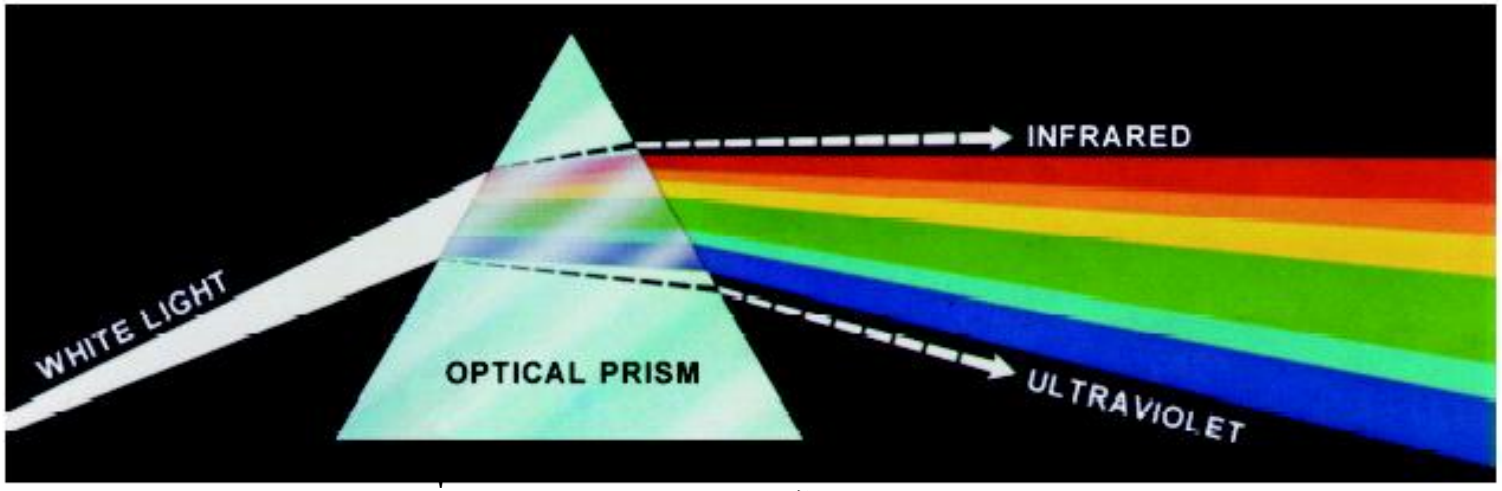
Introduction

วันนี้จะเรียนเรื่อง :

- Colour fundamentals
- Colour models

Colour Fundamentals

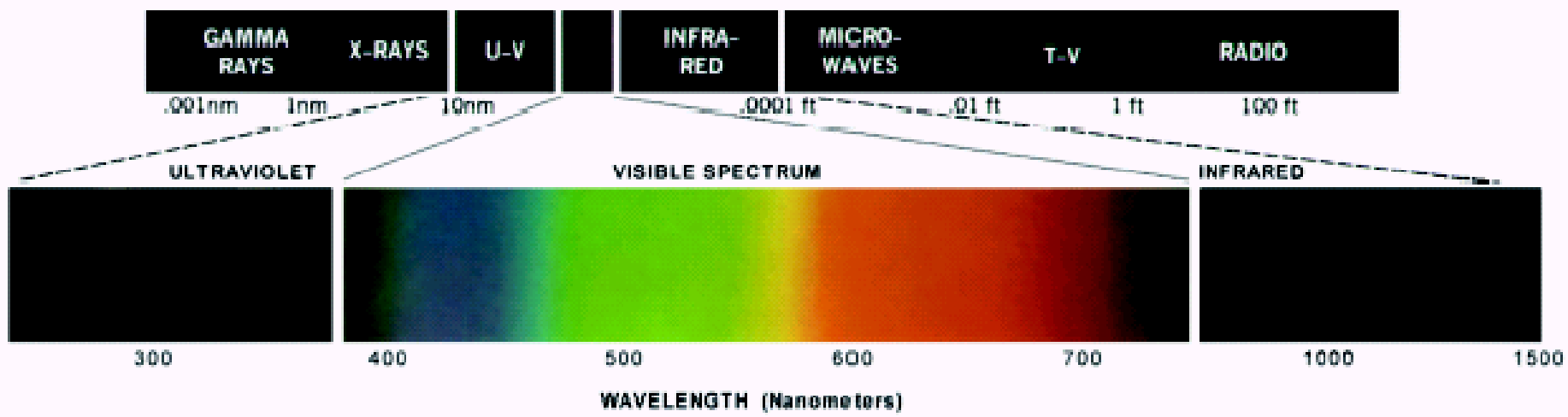
•ในปี 1666, Sir Isaac Newton พบว่าเมื่อลำแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงสีขาว (white light) ผ่าน prism จะเป็น spectrum ของสี ตั้งแต่สีม่วง สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง สีส้ม และสีแดง



สีที่อยู่ติดกัน จะมีลักษณะของสีไม่ต่างกันมาก

Colour Fundamentals (cont…)

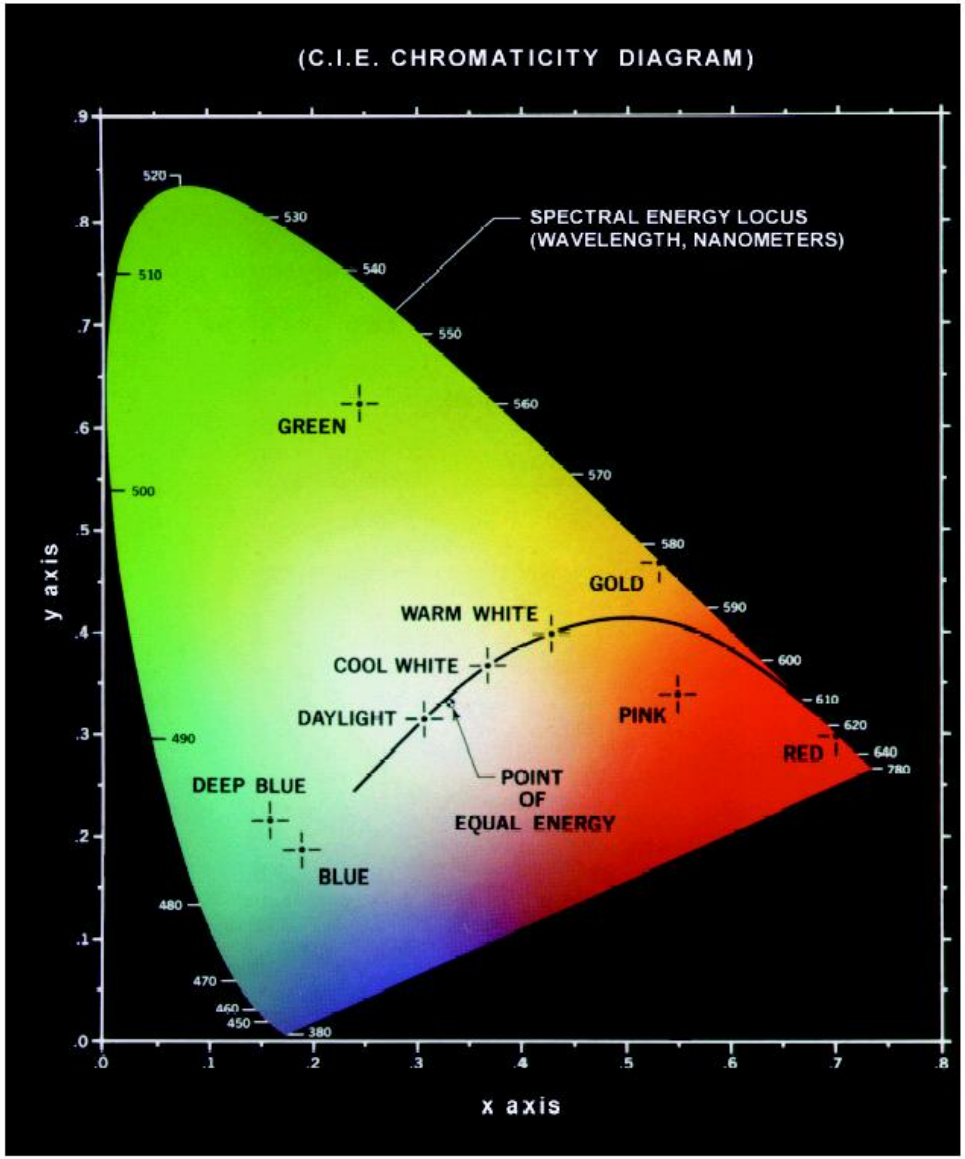
- สีแต่ละสีจะมีความถี่ต่าง ๆ กัน
- ความยาวคลื่นของแสงสีขาวอยู่ในช่วง 400-700 nm ซึ่งเป็นช่วงที่ตามนุษย์มองเห็น



CIE Chromacity Diagram

- Chromaticity diagram จะแสดงสีที่ขึ้นอยู่กับแกน x (red) และ y (green) และสำหรับ x และ y ใดๆ จะหา z (blue) ได้ด้วยสมการ $z = 1 – (x + y)$
- จุดที่ถูกกำหนดให้ในสีเขียวในรูปจะมี g 62% และ r 25% ซึ่งจะมี b 13% จากสมการ
- บริเวณขอบของภาพแสดงความยาวคลื่นตั้งแต่ violet ที่ 380 nmไปจนถึง 780 nm
- จุดที่ x, y, z เท่ากันหมดคือสีขาว (white light)

CIE Chromacity Diagram (cont…)



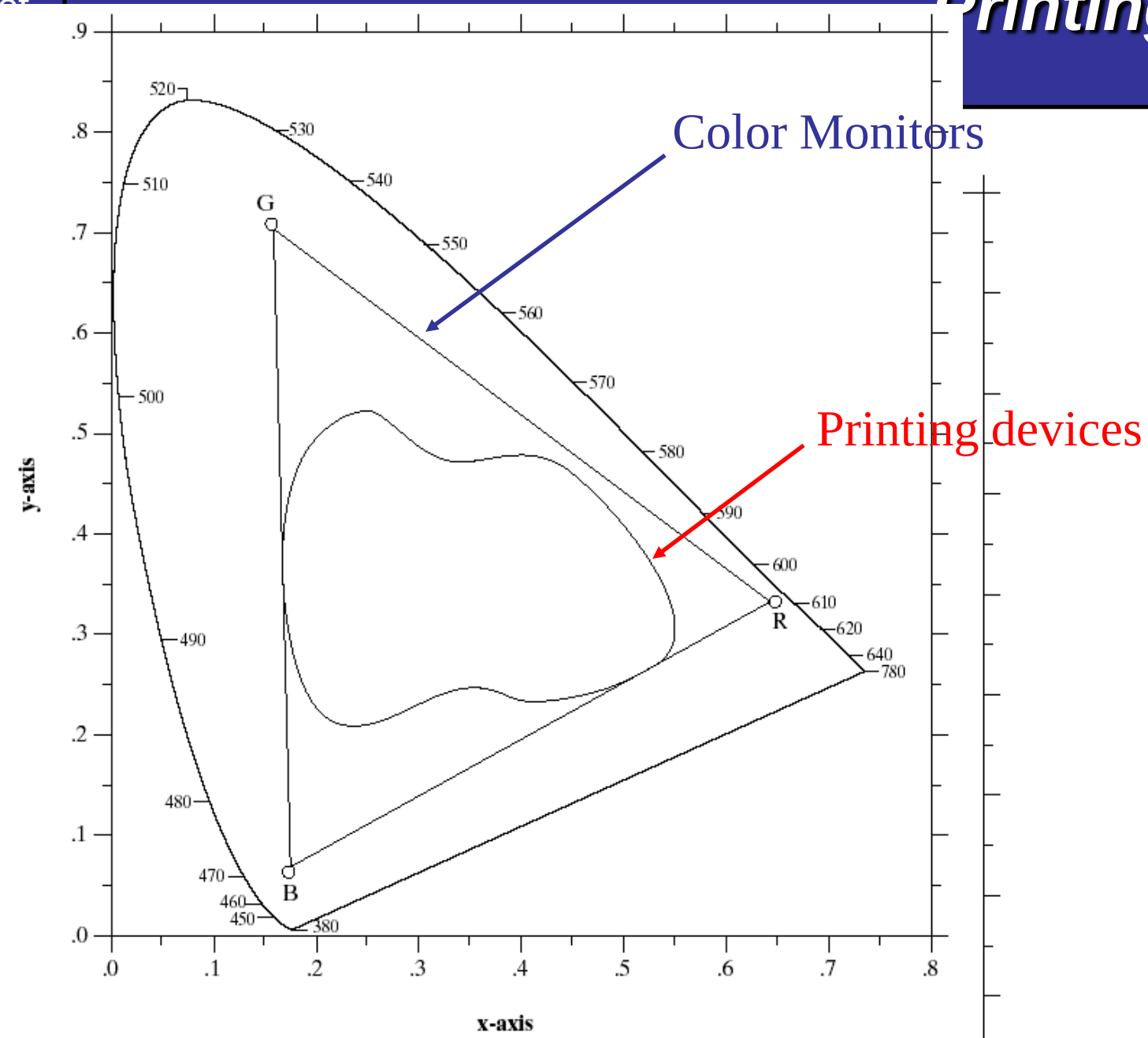
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

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

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

$$x + y + z = 1$$

Color Gamut of Color Monitors and Printing Devices

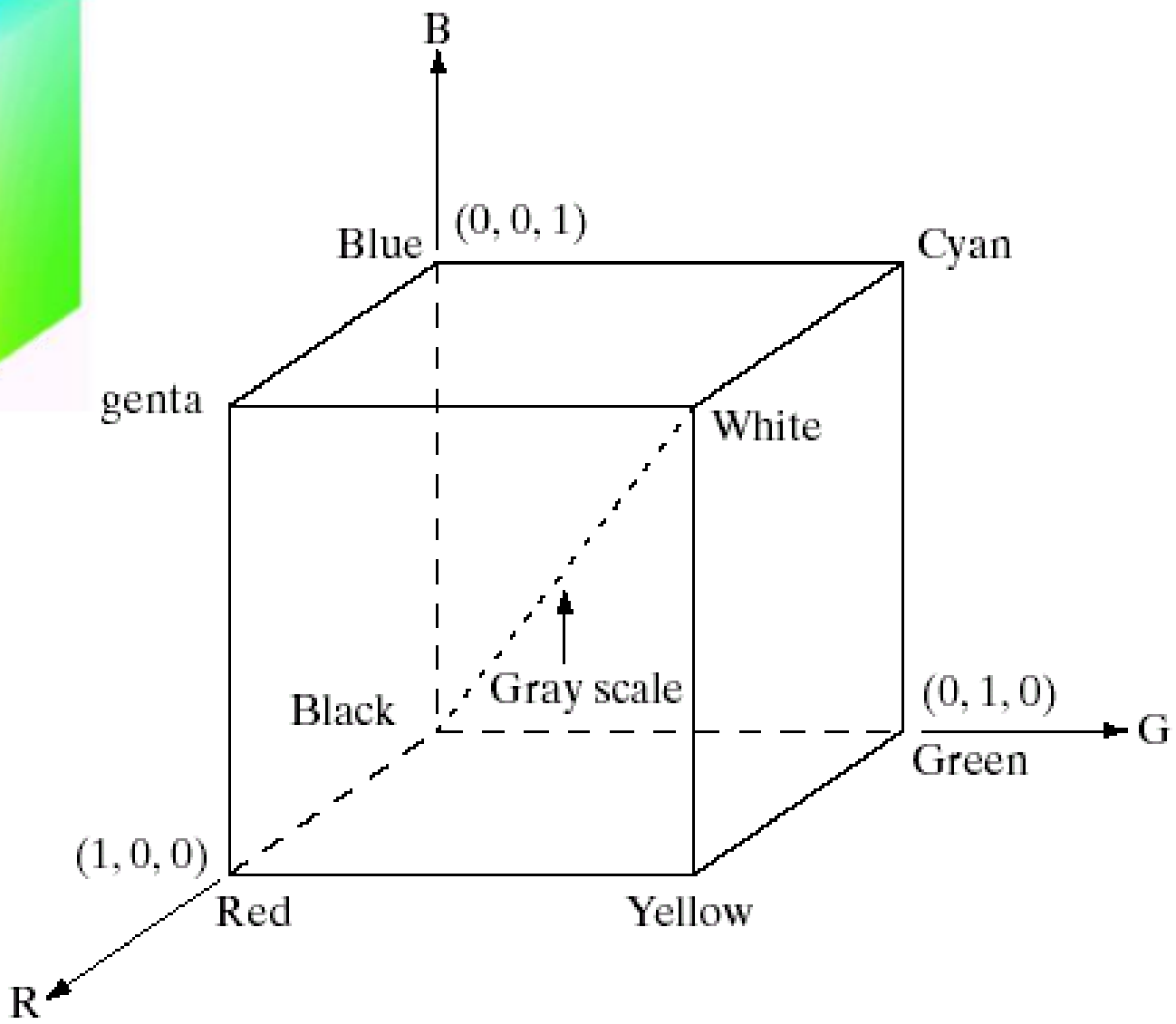


Colour Models

Model สีที่ควรรู้

- RGB (**R**ed **G**reen **B**lue)
- HIS (**H**ue **S**aturation **I**ntensity)

RGB (cont…)



Images taken from Gonzalez & Woods, Digital Image Processing (2002)

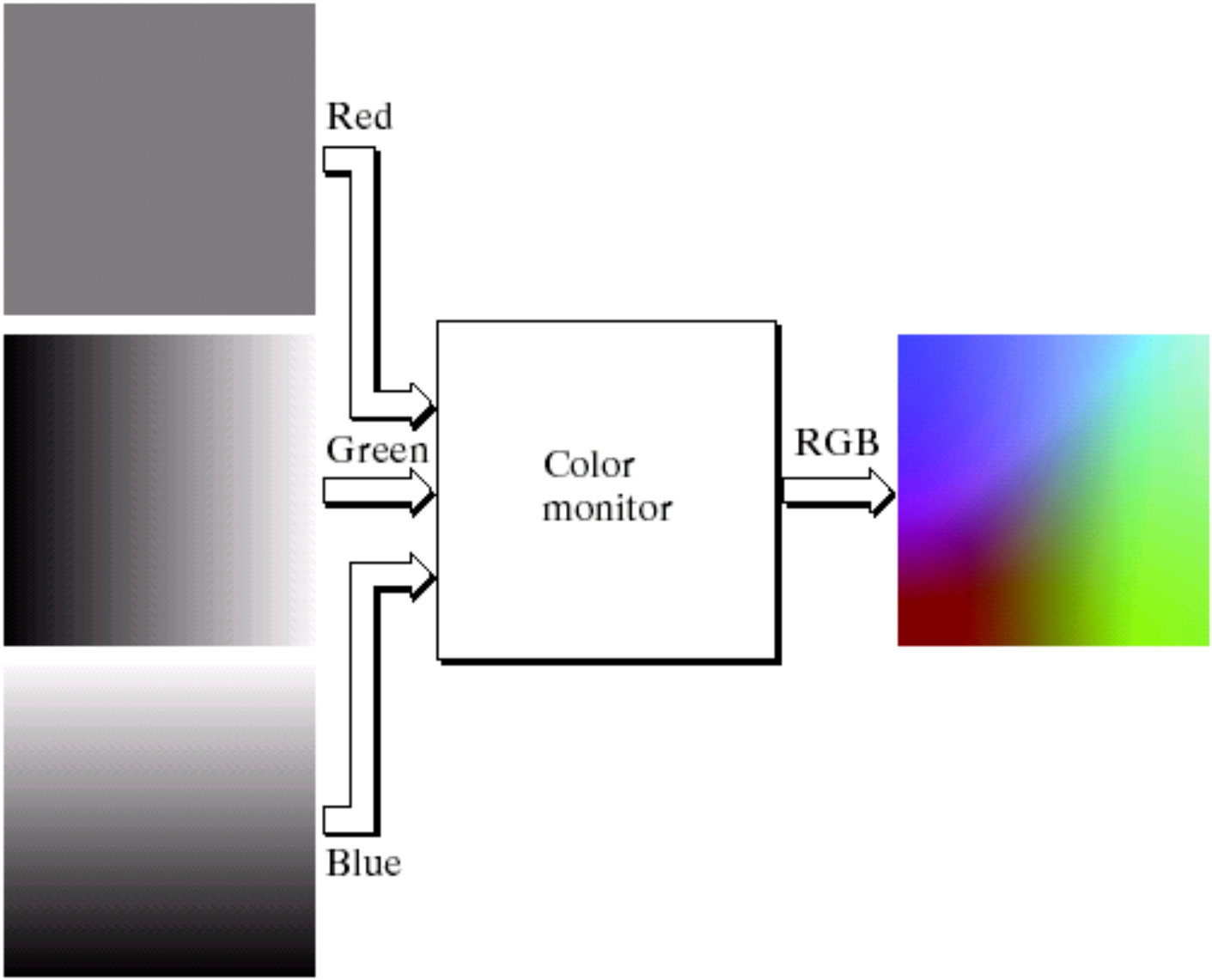
RGB

- ในแต่ละสีจะมีส่วนของ primary spectral ของ red, green, blue ขึ้นอยู่กับระบบ Cartesian coordinate ซึ่งแสดงในลักษณะรูปลูกบาศก์
- ที่มุมสามมุมจะมี cyan, magenta, และ yellow
- Black อยู่ที่ origin
- White อยู่ที่มุมตรงข้าม origin
- ถ้าลากเส้นเชื่อมต่อระหว่าง black กับ white ค่า gray level ที่อยู่ตามเส้นนี้จะมีค่า R, G, B เท่ากัน
- ค่าสีอื่น ๆ ภายในลูกบาศก์หาได้จาก vector จาก origin

RGB (cont…)

- สมมติให้มีการ normalized ก็จะเป็นลูกบาศก์หนึ่งหน่วย (unit cube) ซึ่งค่า R, G, B อยู่ในช่วง [0, 1]
- จำนวนบิทที่ใช้แสดงแต่ละ pixel ใน RGB space เรียกว่า “pixel depth” เช่น ถ้าเราบอกว่าใน RGB image จะมี red, green, และ blue อย่างละ 8 bits จะเรียกว่ามี depth 24 bits (3*8)
- สำหรับ 24-bits RGB image จะเรียกว่า “full color” ซึ่งจะมีจำนวนสีทั้งหมด $(2^8)^3 = 16,777,216$ สี

RGB (cont…)



Images taken from Gonzalez & Woods, Digital Image Processing (2002)

Psudocolor Image Processing

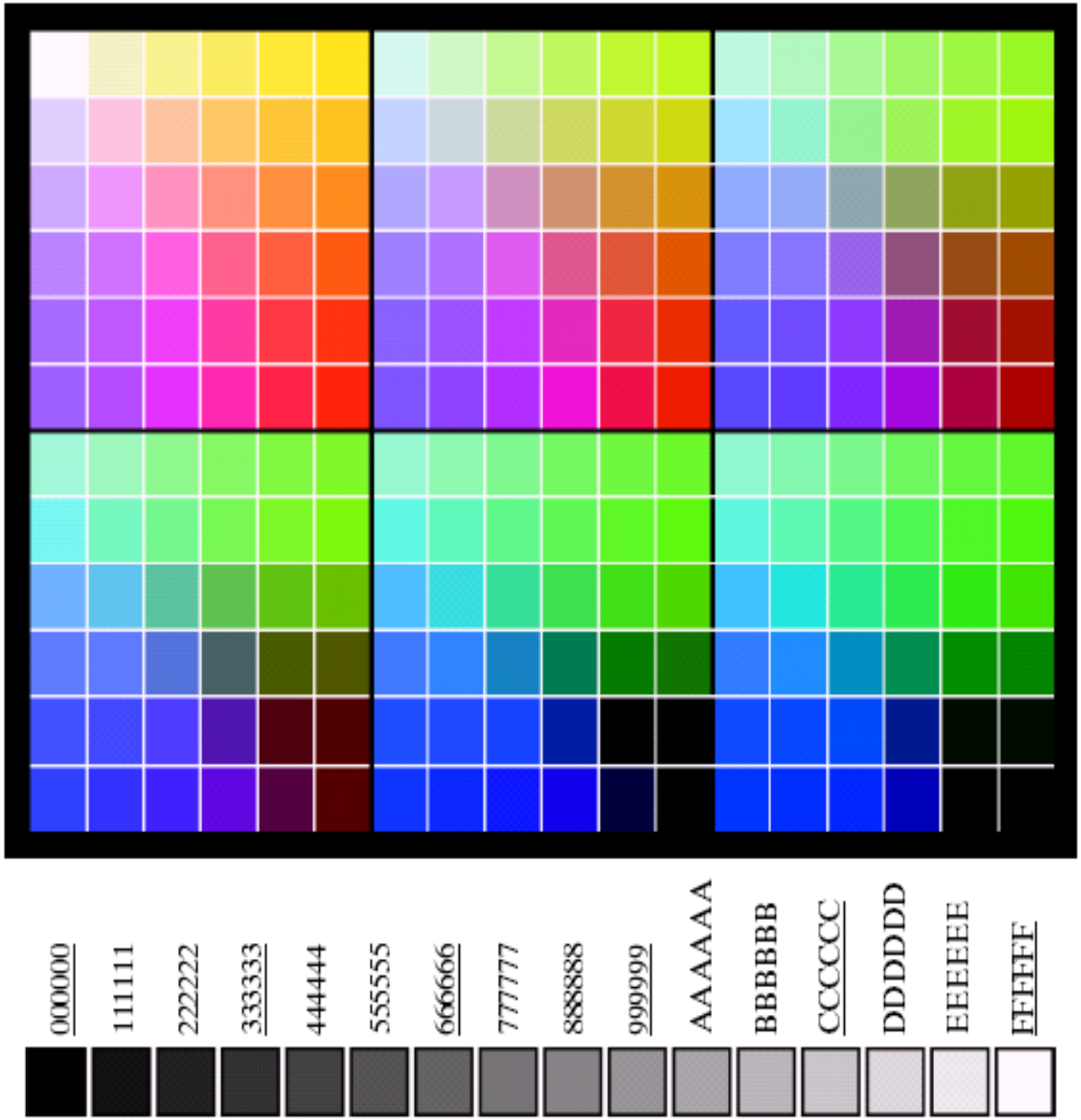
- ในหลาย ๆ ระบบอาจจะใช้แค่ 256 สี อาจจะแบ่งเป็น
  - 40 สี จาก 256 สี ใช้ใน operating system ซึ่ง operating system ต่าง ๆ กันจะมีกระบวนการใช้ต่างกัน
  - 216 สีที่เหลือ จะถูกใช้ในระบบปกติ เรียกว่าเป็นมาตรฐานสำหรับ “safe color” (subset of color)

Safe Color

- มาจาก RGB 3 ค่าซึ่งแต่ละค่าที่เป็นไปได้คือ 0, 51, 102, 153, 204, 255 ดังนั้น ค่าสีที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ $6^3 = 216$ ค่า

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

TABLE 6.1
Valid values o
each RGB
component in
safe color.



a
b

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).

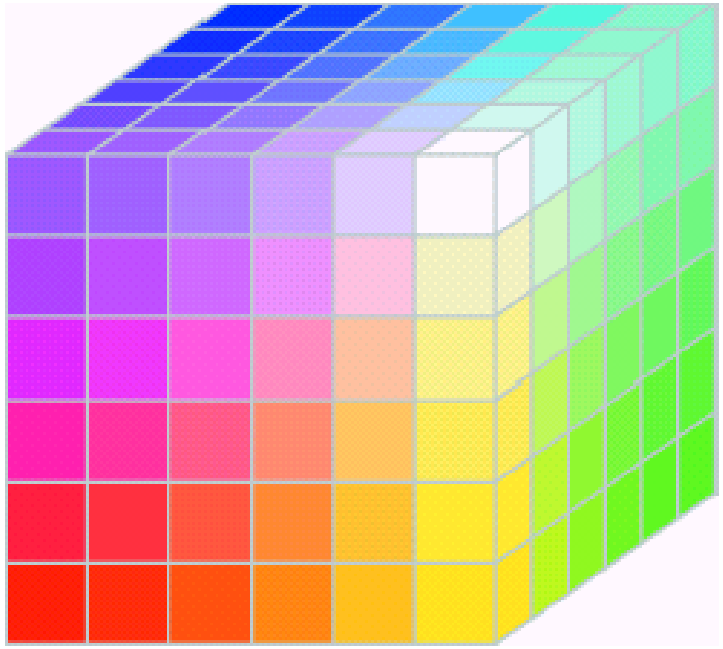


FIGURE 6.11 The RGB safe-color cube.

The CMY and CMYK Color Models

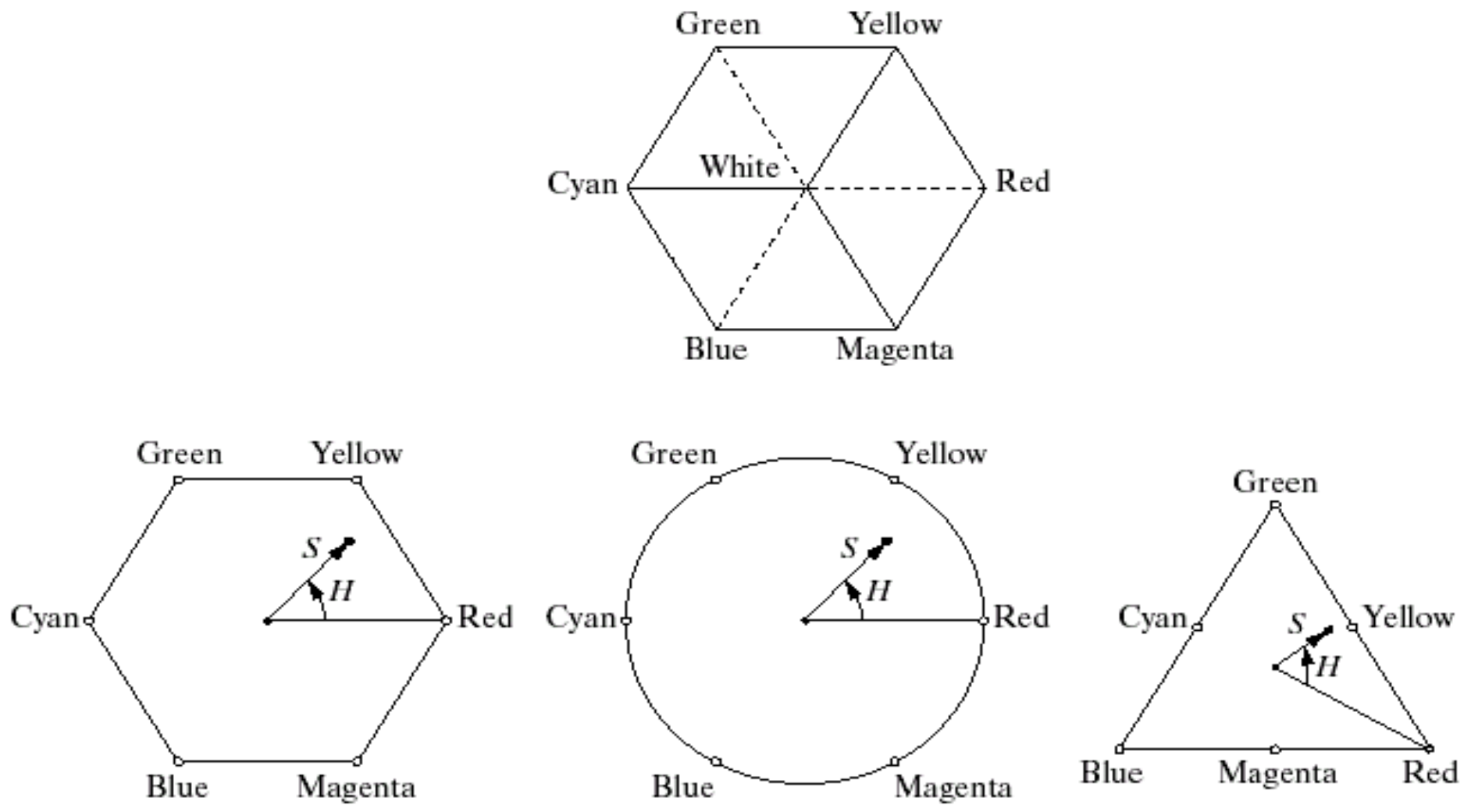
- อุปกรณ์บางอย่าง เช่น color printer, copiers ใช้สีที่เป็นแบบ CMY (cyan, magenta, yellow)
- ในการแปลง RGB เป็น CMY ใช้สมการ

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

- จากสมการ RGB ถูก normalized ให้อยู่ในช่วง [0, 1]
- สำหรับการ print สีดำ ถ้าใช้สี CMY ผสมกันก็อาจจะได้สีดำที่ไม่ค่อยเข้มเท่าไร จึงนำสีดำจริง ๆ มาใช้จึงเป็นที่มาของ CMYK โดย K แทนสีดำนั่นเอง

The HSI Colour Model

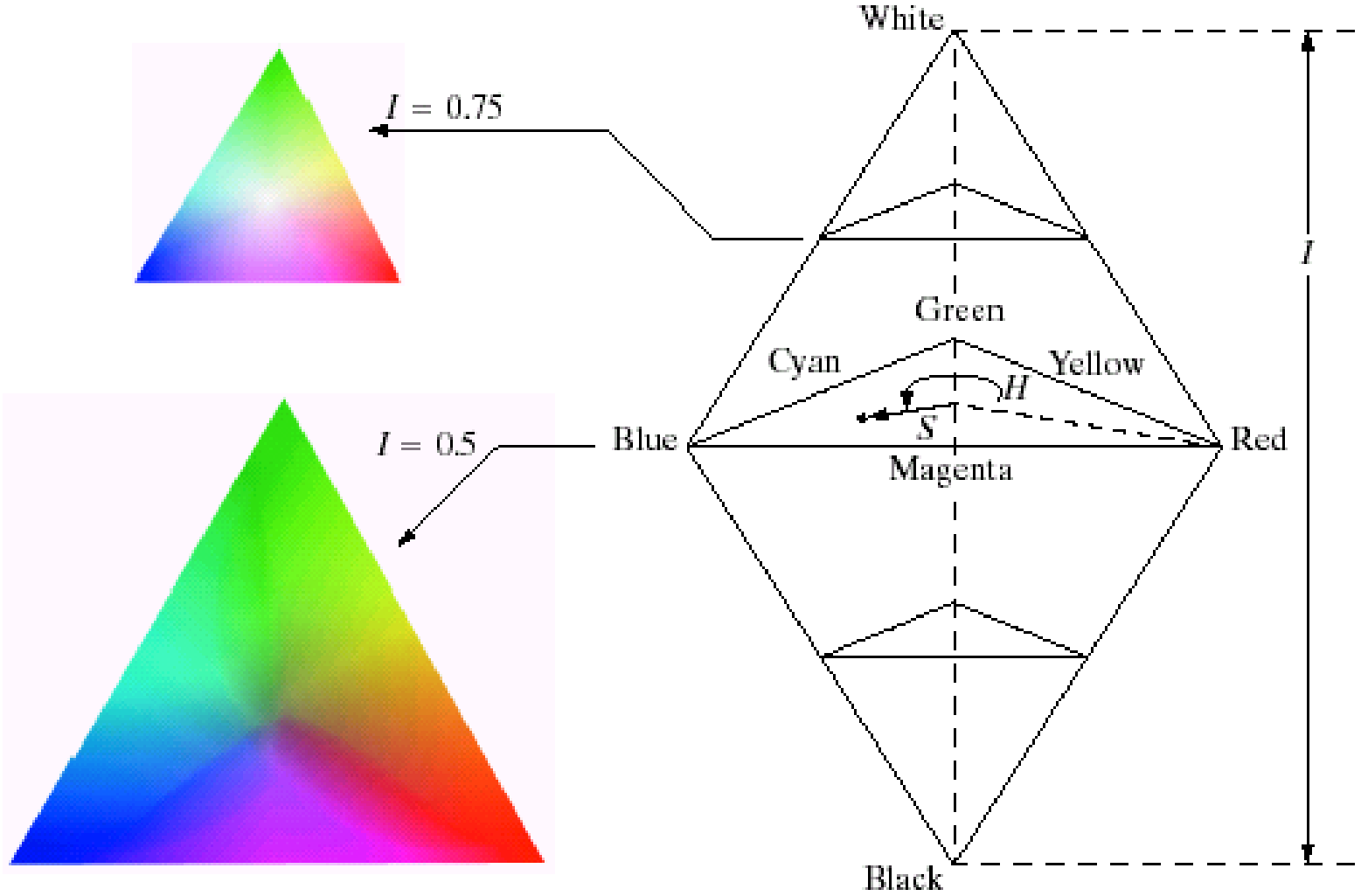
- มนุษย์จะตีความหมายของสี ตามรูปแบบของ HSI
- H : Hue คือค่าสีบริสุทธิ์ (pure color) เช่น เหลือง ส้ม แดง
- S : Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีเมื่อผสมกับแสงสีขาว
- I : Intensity = gray level



a
b c d

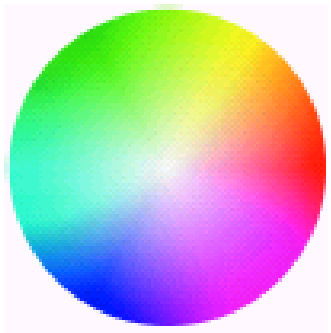
FIGURE 6.13 Hue and saturation in the HSI color model. The dot is an arbitrary color point. The angle from the red axis gives the hue, and the length of the vector is the saturation. The intensity of all colors in any of these planes is given by the position of the plane on the vertical intensity axis.

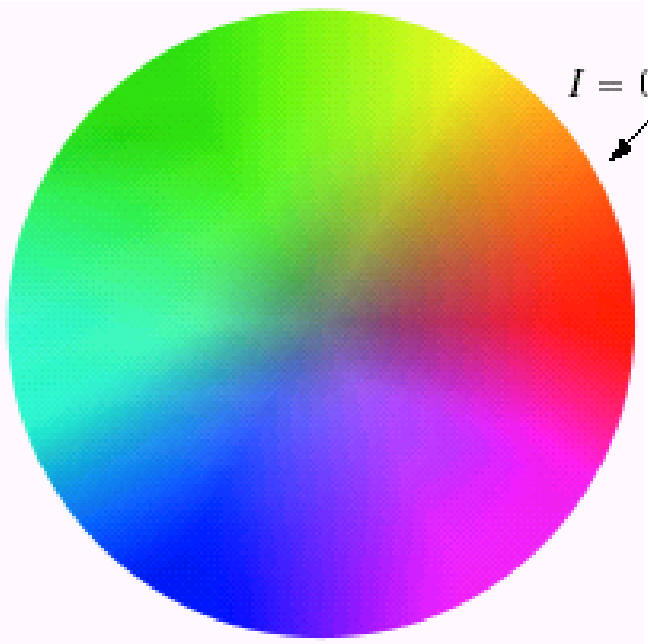
HSI Model Examples

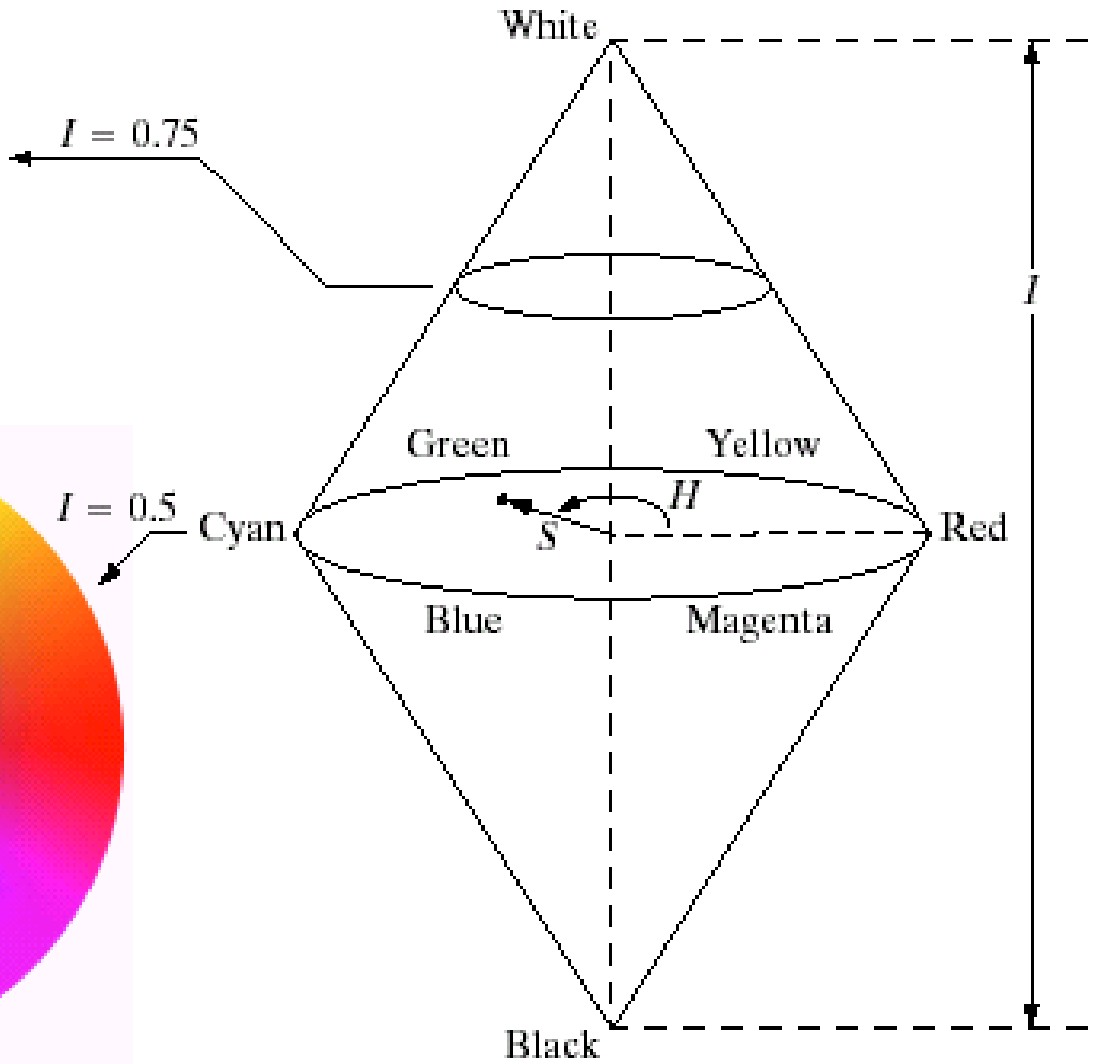


Images taken from Gonzalez & Woods, Digital Image Processing (2002)

HSI Model Examples







Images taken from Gonzalez & Woods, Digital Image Processing (2002)

Converting From RGB To HSI

1. ต้อง Normalizing ค่า สี RGB ก่อนจากสูตร

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B}.$$

Converting From RGB To HSI

2. หาค่า h,s,i จากสมการ

$$h = \cos^{-1}\left\{\frac{0.5\cdot[(r-g)+(r-b)]}{[(r-g)^2+(r-b)(g-b)]^{1/2}}\right\} \qquad h \in [0,\pi] \text{ for } b \le g$$

$$h = 2\pi - \cos^{-1}\left\{\frac{0.5\cdot[(r-g)+(r-b)]}{[(r-g)^2+(r-b)(g-b)]^{1/2}}\right\} \qquad h \in [\pi,2\pi] \text{ for } b > g$$

$$s = 1 - 3\cdot \min(r,g,b); \qquad s \in [0,1]$$

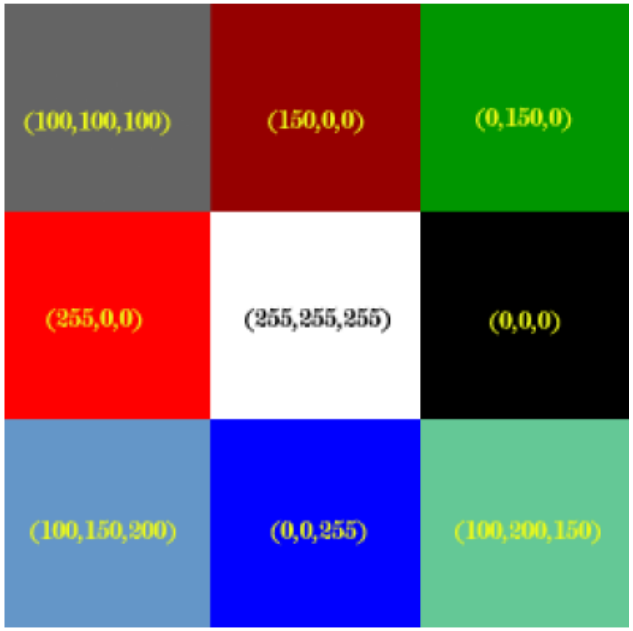
$$i = (R+G+B)/(3\cdot 255); \qquad i \in [0,1].$$

Converting From RGB To HSI

3. หาค่า H,S,I จากสมการ

$$H = h \times 180/\pi; \quad S = s \times 100 \text{ and } \quad I = i \times 255.$$

Example Converting From RGB To HSI



With RGB values as:

$$\begin{pmatrix} (100,100,100) & (150,0,0) & (0,150,0) \\ (255,0,0) & (255,255,255) & (0,0,0) \\ (100,150,200) & (0,0,255) & (100,200,150) \end{pmatrix}$$

Example Converting From RGB To HIS (cont..)

- ทดลองคำนวณจุด (100,150,200)

1. Normalizing

$$r = \frac{R}{R+G+B} = 0.222 \text{ , } g = \frac{G}{R+G+B} = 0.333 \text{ , } b = \frac{B}{R+G+B} = 0.444$$

2. จากข้อ 1 b>g ใช้สมการ

$$h = 2\pi - \cos^{-1}\left\{\frac{0.5\cdot\left[(r-g)+(r-b)\right]}{\left[(r-g)^2+(r-b)(g-b)\right]^{1/2}}\right\} = 1.167\pi$$

Example Converting From RGB To HIS (cont..)

- หาค่า S

$$s = 1 - 3 \cdot \min(r, g, b) = 0.333$$

3. เปลี่ยนค่า จาก RGB เป็น HIS

$$H = h \times 180 / \pi = 210$$

$$S = s \times 100 = 33.3$$

$$I = (R + G + B) / 3 = 150$$

Converting From RGB To HSI

1. Normalizing h,s,i จากสมการ

$$h = H \cdot \pi / 180 ; \qquad s = S / 100 ; \qquad i = I / 255$$

2. คำนวณหาค่า x,y,z จากสมการ

$$x = i \cdot (1 - s)$$

$$y = i \cdot \left[1 + \frac{s \cdot \cos(h)}{\cos(\pi / 3 - h)} \right]$$

$$z = 3i - (x + y);$$

Converting From RGB To HIS(cont..)

4. พิจารณตามเงื่อนไขดังนี้

when $h < 2\pi/3$, $b = x$; $r = y$ and $g = z$.

when $2\pi/3 \le h < 4\pi/3$, $h = h - 2\pi/3$, and $r = x$; $g = y$ and $b = z$.

when $4\pi/3 \le h < 2\pi$, $h = h - 4\pi/3$, and $g = x$; $b = y$ and $r = z$.

5. ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในช่วง [0,1] ให้คูณด้วย 255 จะได้ค่า R,G,B

Example Converting From HSI To RGB

เปลี่ยนค่า HIS เป็น RGB เมื่อ H=210,S=33.3,I=150

1. Normalize

$$h = H \cdot \pi / 180 = 7\pi / 6 \; ; \; s = S / 100 = 0.333 \; ; \; i = I / 255 = 0.588$$

2. เมื่อ $2\pi/3 \le h < 4\pi/3$ ำมการ

$$h = h - 2\pi/3 = \pi/2 ,$$

$$r = x = i \cdot (1 - s) = 0.392$$

$$g = y = i \cdot \left[1 + \frac{s \cdot \cos(h)}{\cos(\pi/3 - h)} \right] = 0.588$$

$$b = z = 3i - (x + y)$$

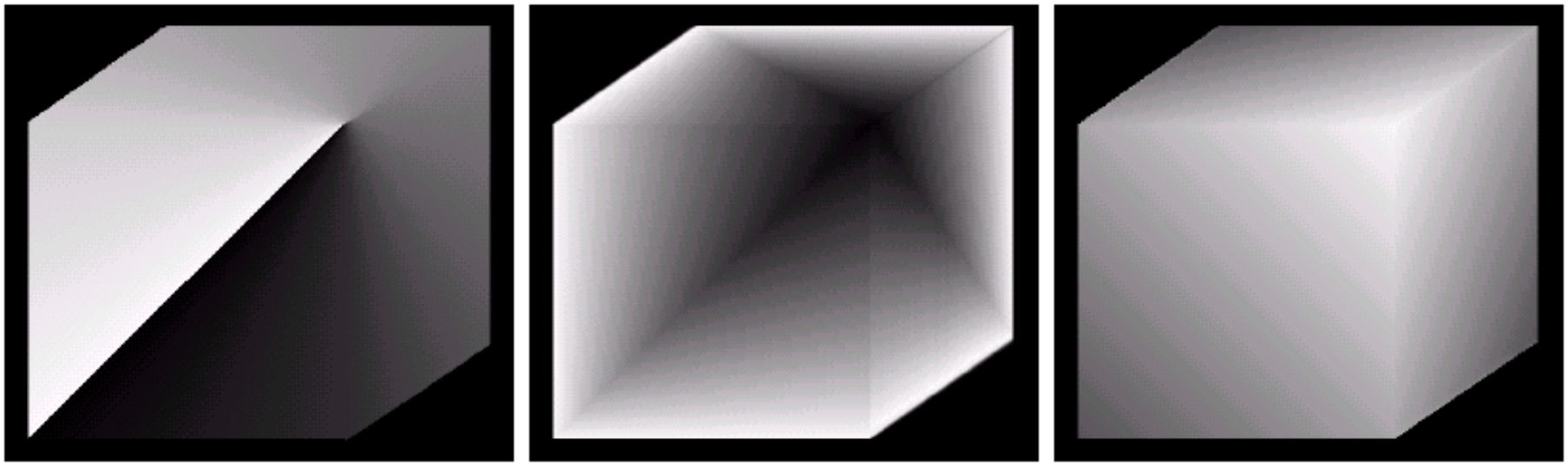
Example Converting From HSI To RGB (cont..)

3. คูณด้วย 255

$$R = 255 \cdot r = 100$$
$$G = 255 \cdot g = 150$$
$$B = 255 \cdot b = 200$$

HSI & RGB

RGB Colour Cube

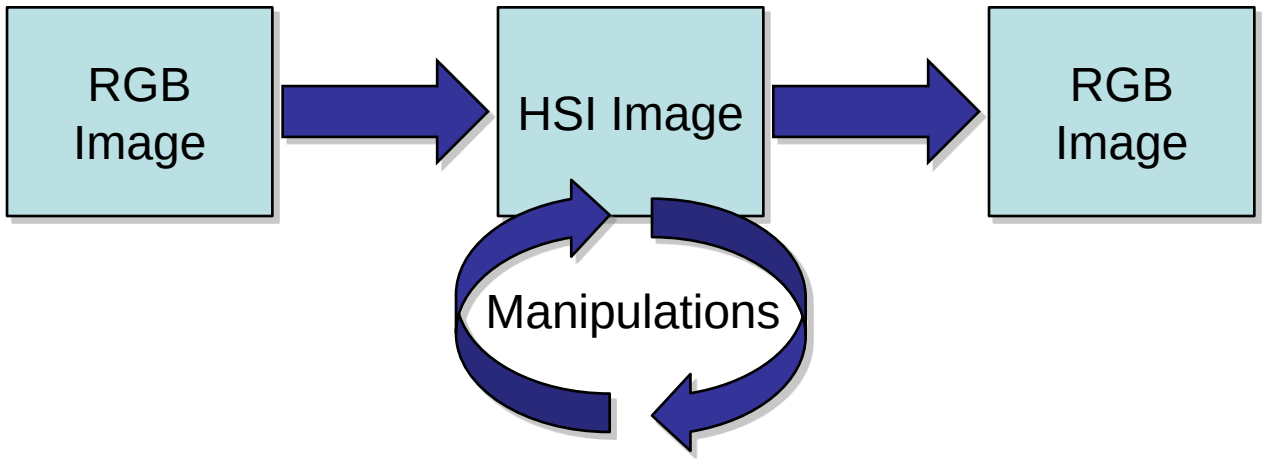


H, S, and I Components of RGB Colour Cube

Manipulating Images In The HSI Model

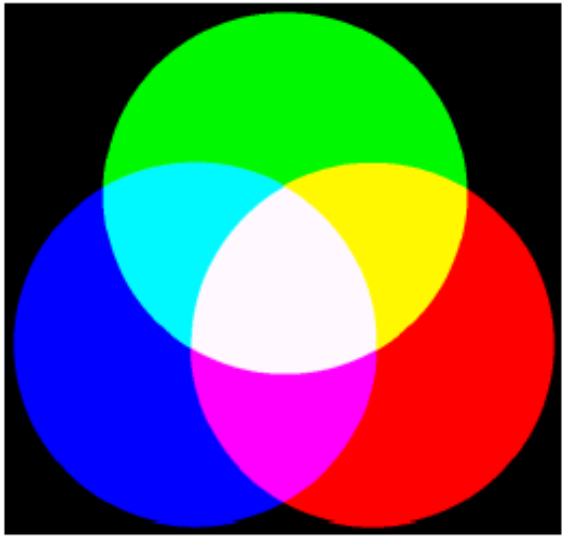
In order to manipulate an image under the HIS model we:

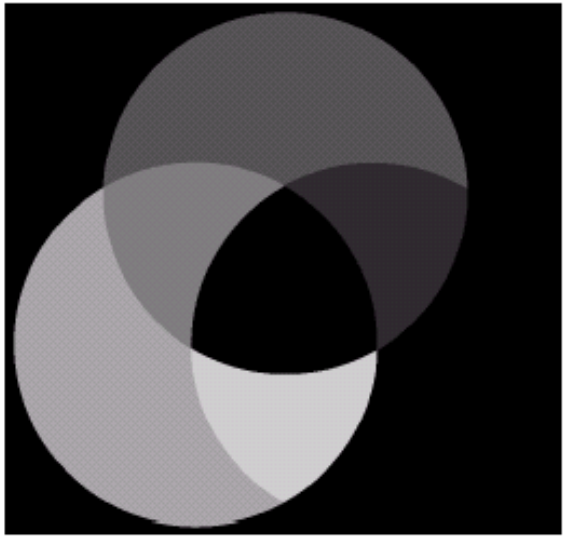
- First convert it from RGB to HIS
- Perform our manipulations under HSI
- Finally convert the image back from HSI to RGB



RGB -> HSI -> RGB

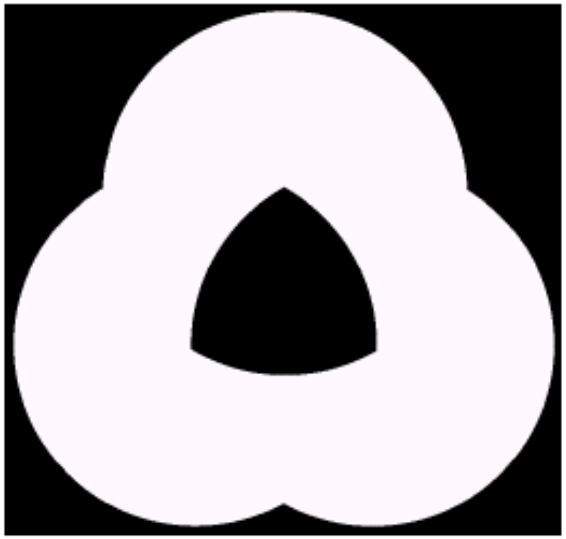
RGB Image

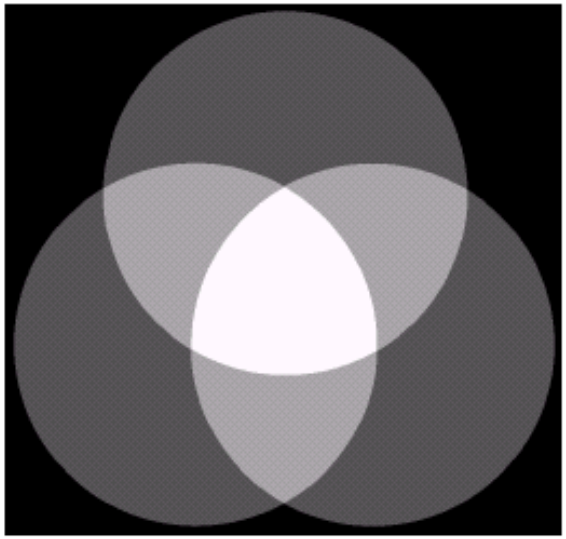




Hue

Saturation

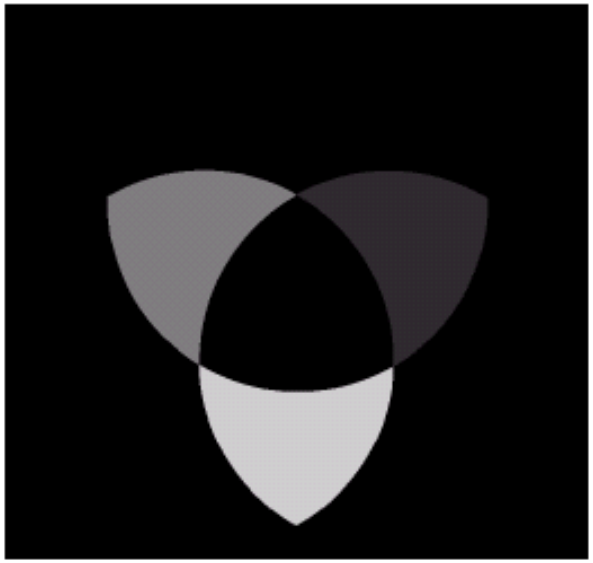


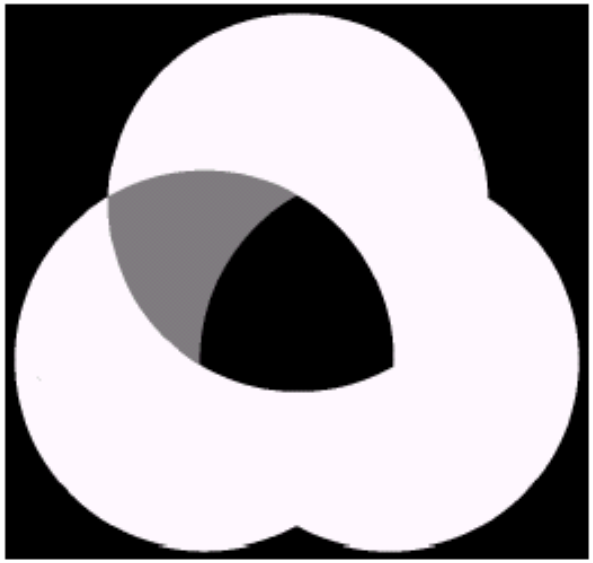


Intensity

RGB -> HSI -> RGB (cont…)

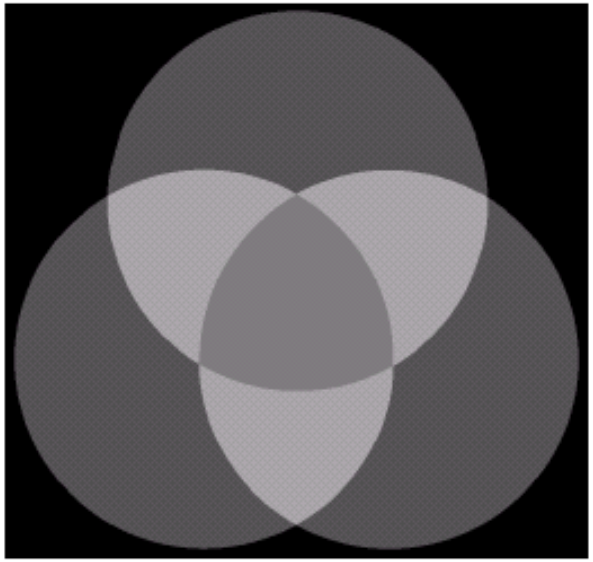
Hue

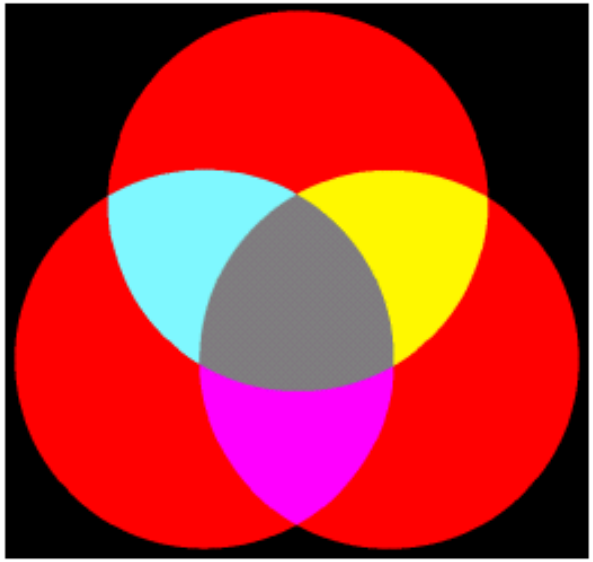




Saturation

Intensity





RGB
Image

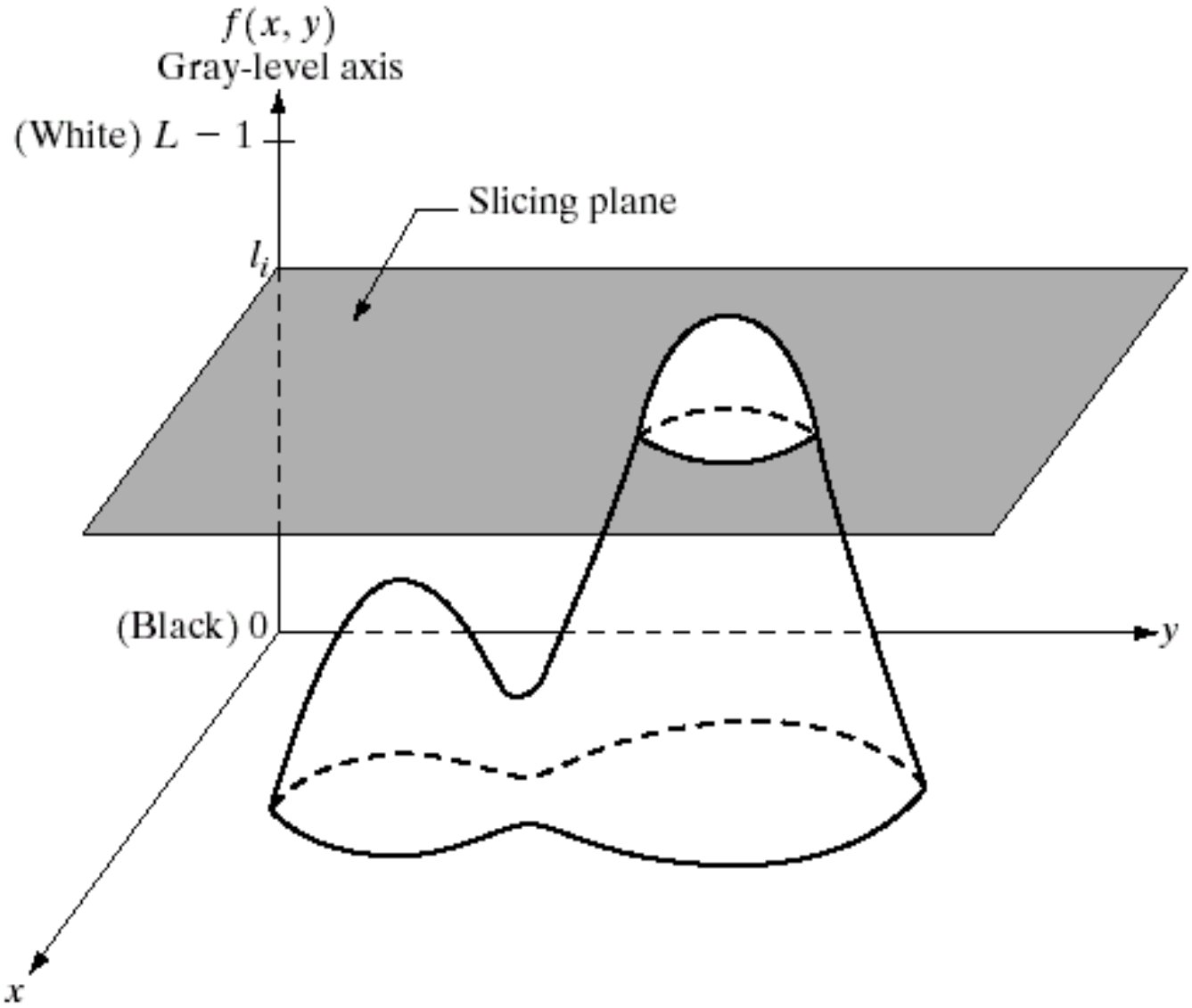
Pseudocolour Image Processing

- คือกระบวนการกำหนดค่าสีให้กับค่าระดับเทาโดยขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่กำหนด
- วัตถุประสงค์ของการใช้ pseudocolor image processing คือทำให้มนุษย์มีการมองเห็นภาพได้ดีขึ้นและตีความหมายของภาพที่ต้องการจะสื่อได้ดีขึ้น

Pseudo Colour Image Processing – Intensity Slicing

- มอง image เป็นแบบ 3D function (intensity กับ spatial coordinates)
- นำระนาบวางขนานกับ 3D function แล้วจะกำหนดค่าสีที่อยู่ในช่วงระนาบต่างกันให้แตกต่างกัน

Pseudocolour Image Processing – Intensity Slicing (cont…)



Pseudocolour Image Processing – Intensity Slicing (cont…)

- ให้ gray level อยู่ในช่วง [0,L-1]
- ให้ l_0 แทนสีดำ ($f(x,y) = 0$) และ l_L-1 แทนสีขาว ($f(x,y) = L-1$)
- ให้ระนาบ P ตั้งฉากกับแกน intensity ที่ level l_1, l_2, …,l_P โดย $0 < P < L-1$ ระนาบ P จะแบ่ง gray level เป็น P+1 ช่วง กำหนดเป็น v_1, v_2, …, v_{P+1} ตามลำดับ
- กำหนดค่าสีให้กับ gray level จะใช้ความสัมพันธ์

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

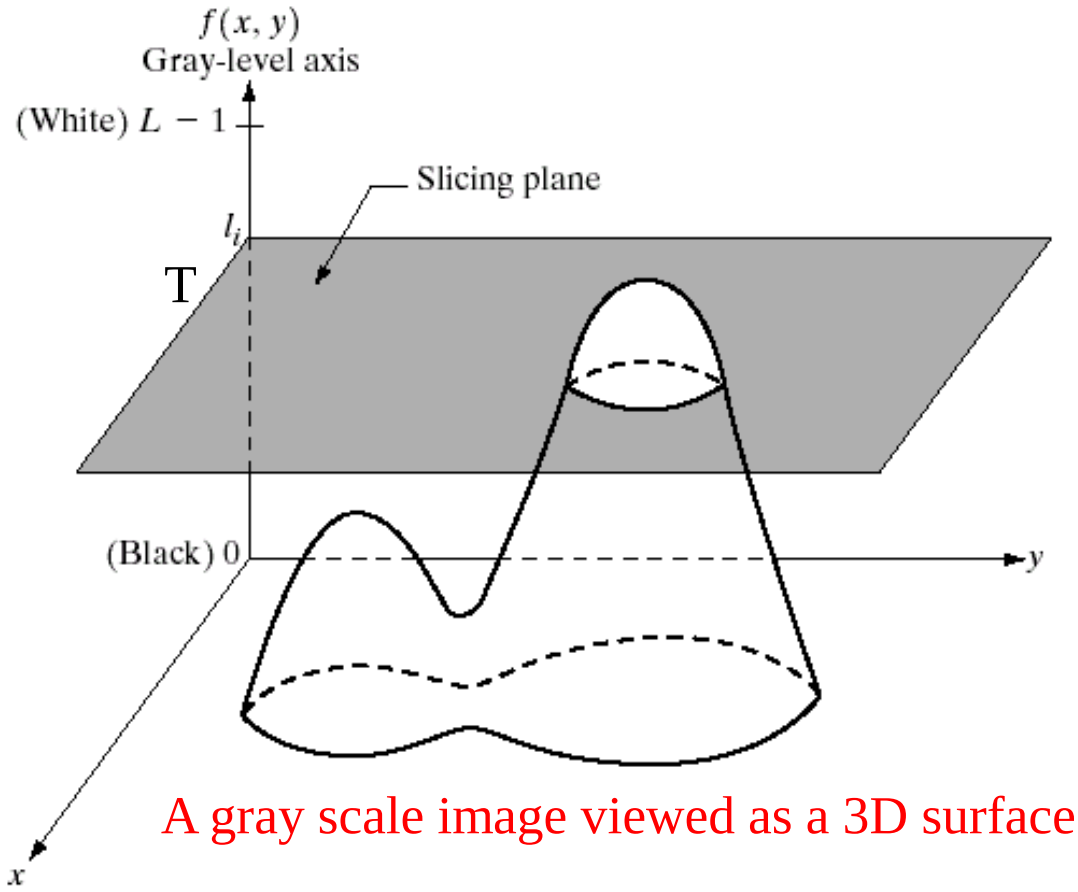
โดย c_k คือสีที่สัมพันธ์กับตำแหน่ง k ในช่วง v_k

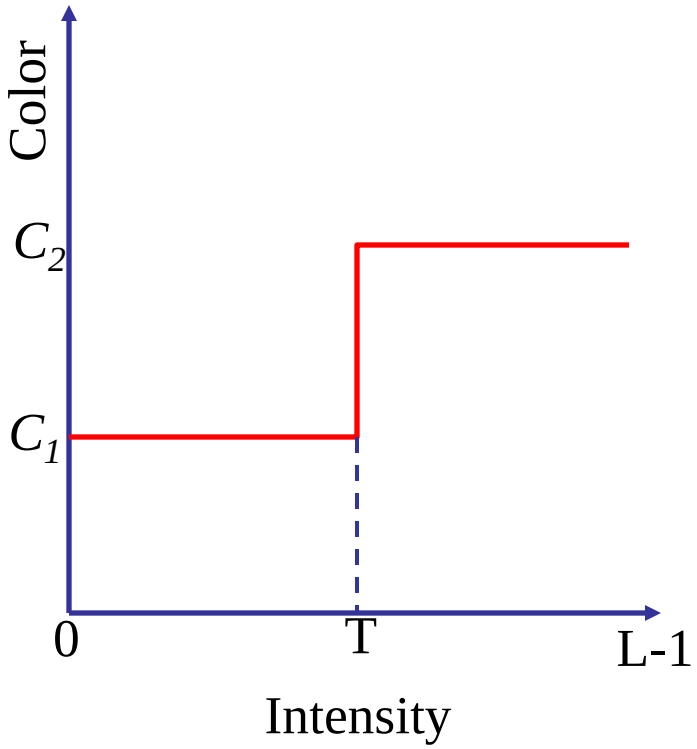
Intensity Slicing or Density Slicing

Formula:

$$g(x,y) = \begin{cases} C_1 & \text{if } f(x,y) \le T \\ C_2 & \text{if } f(x,y) > T \end{cases}$$

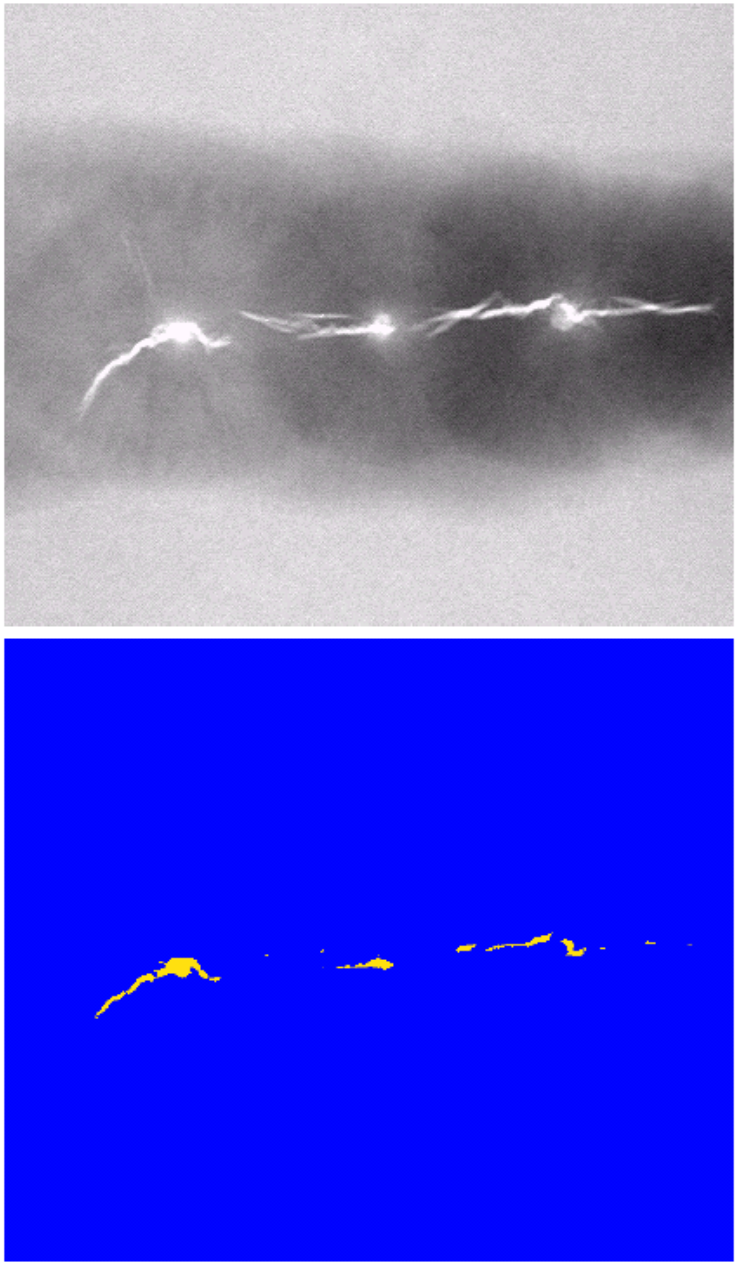
C_1 = Color No. 1
C_2 = Color No. 2





A gray scale image viewed as a 3D surface.

Intensity Slicing Example

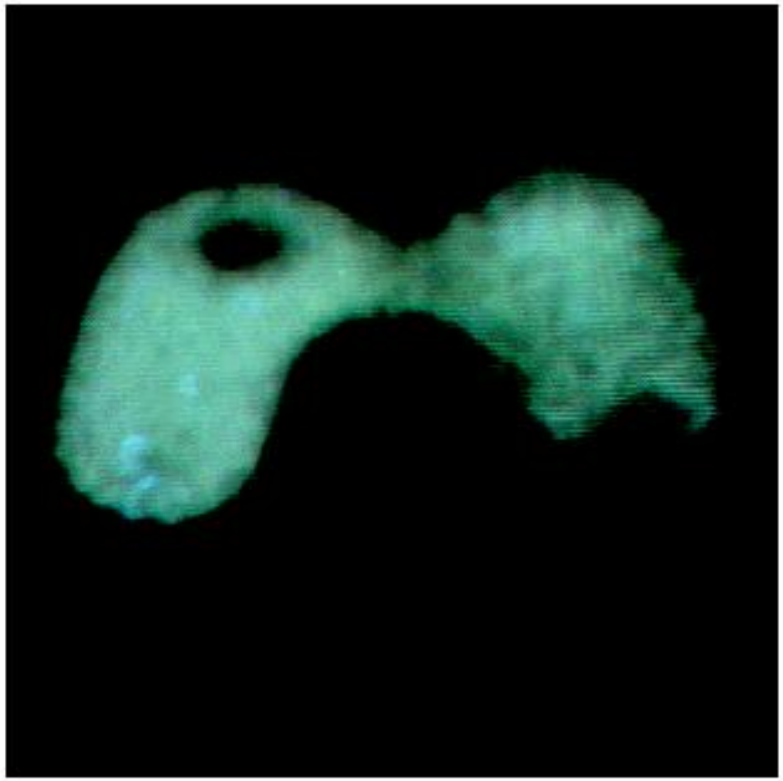


(Images from Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 2nd Edition.

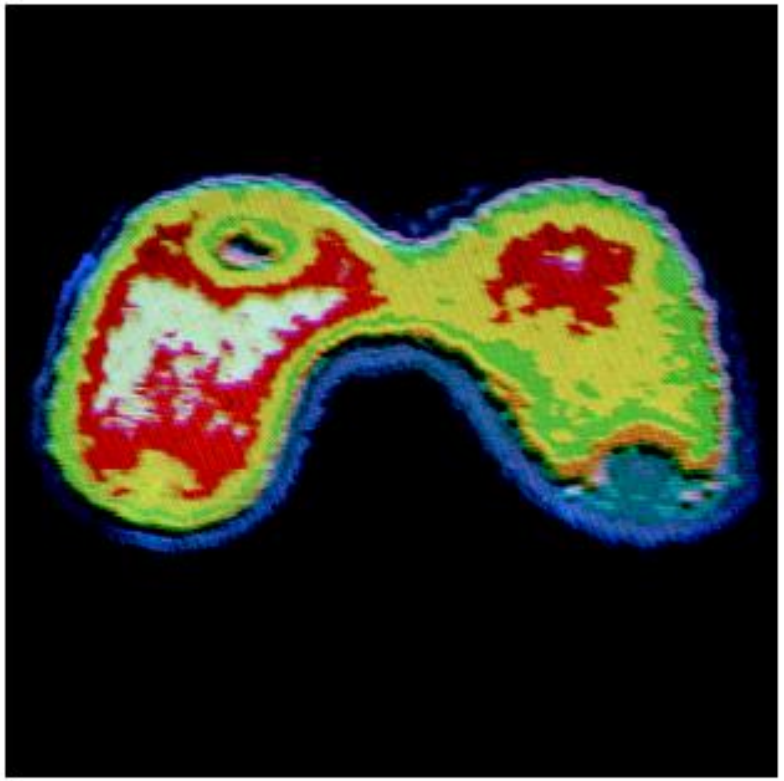
Multi Level Intensity Slicing Example

$$g(x,y) = C_k \qquad \text{for } l_{k-1} < f(x,y) \le l_k$$

C_k = Color No. k
l_k = Threshold level k



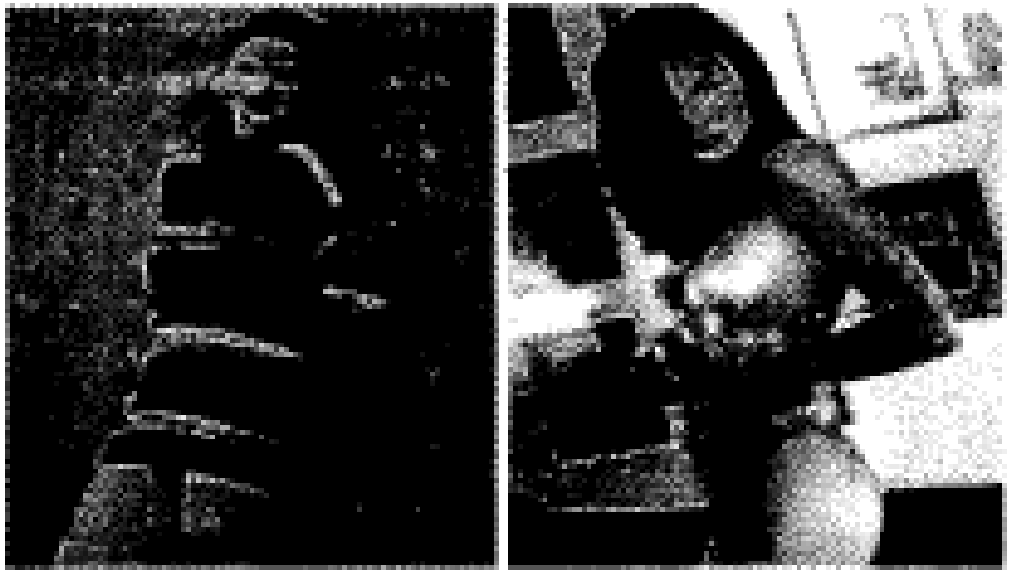
An X-ray image of the Picker Thyroid Phantom.



After density slicing into 8 colors

(Images from Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 2nd Edition.

นำไปประยุกต์ใช้



นำไปประยุกต์ใช้