

## Chương 3. Xử lý ảnh màu

### 3.1 Khái niệm cơ bản về màu sắc

#### ➤ Các định luật trộn màu cơ bản

H.Grassmann đã đưa ra bốn định luật về trộn màu:

1. Bất kỳ một màu sắc nào cũng có thể tạo được bằng cách trộn 3 màu cơ bản độc lập tuyến tính với nhau

$$fF = r'R + g'G + b'B \quad - \text{phương trình so màu}$$

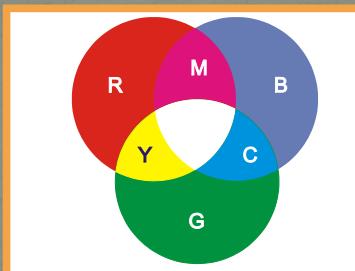
CIE (Commission Internationale d'Eclairage - International Commission on Illumination – ủy ban quốc tế về ánh sáng) chọn ra ba nguồn sáng cơ bản dùng trong truyền hình là các màu đơn sắc màu **đỏ**, **lục** và **lam** tương ứng có bước sóng

$$\lambda_R = 700 \text{ nm} \quad \lambda_G = 546,1 \text{ nm} \quad \lambda_B = 435,8 \text{ nm}$$

Ba màu đỏ, lục, lam được gọi là ba **màu cơ bản**.

Mỗi màu cơ bản sẽ có một **màu bổ sung** tương ứng.

Các cặp màu cơ bản và màu bổ sung là: Đỏ – Lơ (**Cyan**),  
Lục – Mận chín (**Magenta**), Lam – Vàng (**Yellow**).



2. Sự biến đổi liên tục của các hệ số công suất ( $r'$ ,  $g'$ ,  $b'$ ) của các màu cơ bản sẽ dẫn đến sự biến đổi liên tục của màu sắc tổng hợp.

3. Màu sắc tổng hợp của nhiều nguồn sáng chỉ xác định bởi các thành phần màu sắc của từng nguồn sáng chứ không phụ thuộc vào thành phần phổ của chúng.

$$F_1 = r'_1 R + g'_1 G + b'_1 B$$

$$F_2 = r'_2 R + g'_2 G + b'_2 B$$

$$F = F_1 + F_2 = (r'_1 + r'_2)R + (g'_1 + g'_2)G + (b'_1 + b'_2)B$$

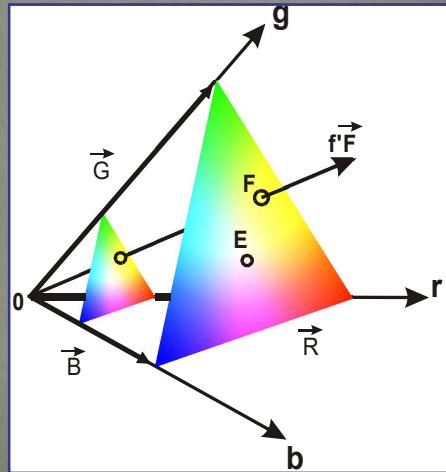
➤ tọa độ màu của màu được tạo ra bằng tổng tọa độ màu tương ứng của các màu dùng để trộn

4. Độ chói của màu tổng hợp bằng tổng số độ chói của các màu thành phần.

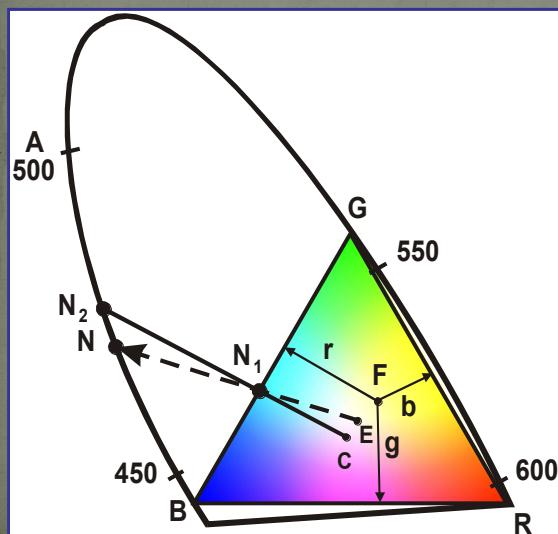
$$L_{\sum} = L_R + L_G + L_B$$

$$fF = r'R + g'G + b'B$$

Màu F có thể được biểu diễn bằng một điểm trong không gian màu ba chiều rgb hay như một vector nối từ gốc tọa độ tới điểm đó, các vector màu đơn vị sẽ là  $\vec{R}, \vec{G}, \vec{B}$



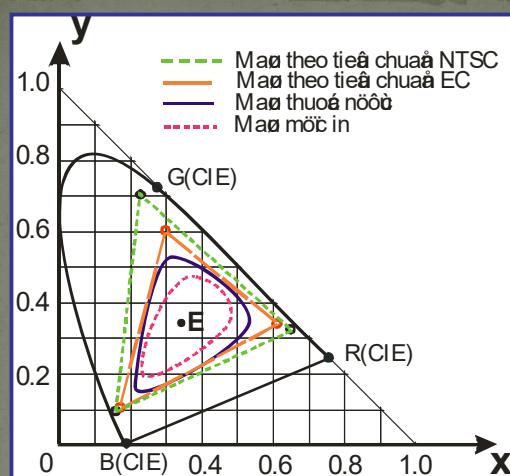
Chúng ta biểu diễn sắc của một nguồn sáng bất kỳ như một điểm trên hình tam giác đều RGB có chiều cao bằng 1



Tam giác màu RGB

Bước sóng trội của tất cả các điểm màu nằm trên đường thẳng  $NE$  sẽ bằng  $\lambda_N$

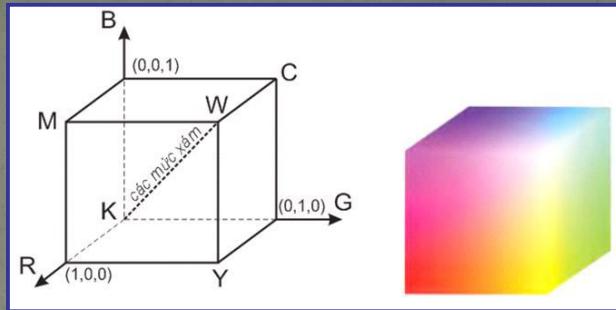
$$p_{N_1} = \frac{N_1 E}{N E} \cdot 100\%$$



Khả năng hiển thị  
màu sắc trong hội  
họa và các hệ  
truyền hình

Yêu cầu khi lựa chọn các chất huỳnh quang để tạo ra các màu cơ bản trong truyền hình:

- Số lượng màu sắc có khả năng tái tạo phải nhiều nhất.
- Độ chói của ảnh tái tạo phải cao.



Không gian màu RGB được thể hiện dưới dạng khối lập phương.

- ✓ Mô hình màu RGB sử dụng trong xử lý ảnh số có dạng lập phương. 3 màu cơ bản nằm trên 3 đỉnh của hình khối.
- ✓ Màu đen K nằm tại điểm gốc tọa độ, màu trắng (W) nằm đối diện với K qua đường chéo.
- ✓ Trong lĩnh vực ảnh số, mỗi điểm màu R, G hoặc B thường được lượng tử hóa với 256 mức, tức mỗi mẫu được mã hóa bằng 8 bit.
- ✓ Không gian màu RGB 24 bit có số lượng màu là:  $(2^8)^3 = 16777216$

### 3.2.2 Không gian màu CMYK

Như chúng ta đã biết, màu C (Cyan - xanh lơ), màu M (Magenta - mận chín) và màu Y (Yellow - vàng) là các màu bổ xung của R, G và B. Đa số các thiết bị in màu lên giấy đòi hỏi dữ liệu đưa vào tương ứng với các kênh màu CMY hoặc biến đổi từ RGB sang CMY.

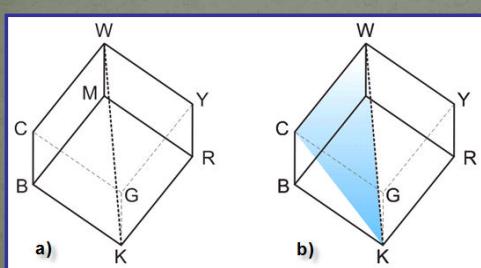
Quá trình biến đổi được thực hiện theo công thức sau:

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

Khi  $C=M=Y$  chúng ta sẽ nhận được màu đen. Tuy nhiên, trên thực tế màu nhận được không hoàn toàn đen. Do đó trong các hệ thống in ấn, người ta sử dụng thêm 1 loại mực nữa có màu đen (Black) - ký hiệu là K. Như vậy hệ màu CMY được mở rộng thành CMYK.

### 3.2.3 Không gian màu HSI (Hue-Saturation-Intensity)

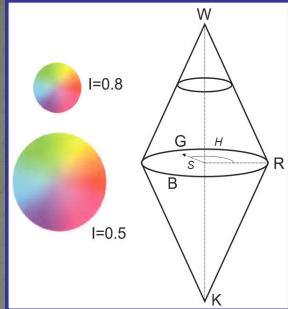
Trong không gian màu HSI, mỗi điểm màu được mô tả dựa trên các thông số về: **sắc màu** (bước sóng trội), **độ bão hòa màu** (độ sạch màu) và **độ chói**. Hai thông số đầu tiên đặc trưng cho "sắc", còn thông số thứ ba cho ta thấy độ sáng của điểm ảnh. Cách mô tả các điểm ảnh như vậy tương đối giống với thói quen quan sát và phân tích màu sắc của hệ thống thị giác.



• Tam giác CKW được tạo ra từ màu C và 2 thành phần không màu K và W, do đó chúng có cùng bước sóng trội là  $\lambda_C$

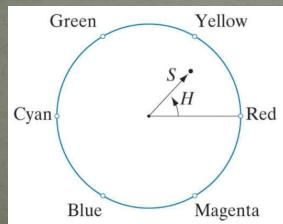
• Không gian HSI là tập hợp các mặt phẳng màu có cùng độ chói, vuông góc với trục chói thẳng đứng

## Không gian màu HSI (dạng hình chóp)



Vị trí điểm màu trên các mặt phẳng được xác định bởi vector bắt đầu từ trục xám. Mặt phẳng màu là các hình tròn đồng tâm. Chiều dài **vector S** tương đương với độ bão hòa màu, **góc H** giữa vector S và đường thẳng đi qua điểm R tương đương với bước sóng trội của điểm màu.

Để biến đổi hệ màu **RGB** thành **HSI**, ta thực hiện các bước sau:



- Xác định bước sóng trội **H**:

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \quad \text{với } \theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}$$

- Xác định độ bão hòa màu:

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

- Xác định độ chói **I**:

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

*Biến đổi hệ màu **HSI** thành **RGB** được thực hiện lần lượt cho ba sector:*

1- Sector RG ( $0^\circ \leq H \leq 120^\circ$ ):

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

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

2- Sector GB ( $120^\circ \leq H \leq 240^\circ$ ):

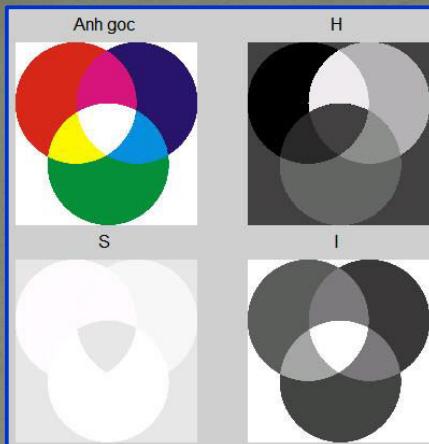
$$H = H - 120^\circ \quad R = I(1-S) \quad G = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

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

2- Sector BR ( $240^\circ \leq H \leq 360^\circ$ ):

$$H = H - 240^\circ \quad G = I(1-S) \quad B = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

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

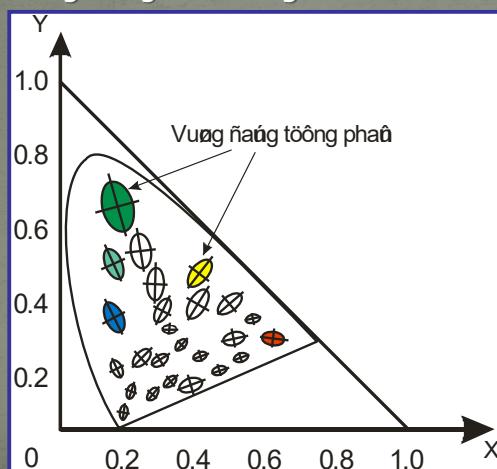


Ảnh màu **RGB** (24 bit)  
và các thành phần **H,S,I**  
tương ứng

Mức sáng của ảnh I chính là độ chói (Intensity) của ảnh màu. Mức sáng của ảnh H phụ thuộc vào góc vector màu với trục R, ví dụ, đối với màu đỏ H=0 nên vùng đỏ trên ảnh H sẽ có màu đen.

### •Đồ thị màu đẳng tương phán - UCS (Uniform chromaticity scale)

Khả năng phân biệt màu sắc của mắt người không chính xác và không đồng đều trong các miền màu sắc khác nhau.



Vùng đồng  
cảm nhận  
màu sắc của  
mắt người

210

### 3.3. Cơ bản về xử lý ảnh màu

Kỹ thuật xử lý ảnh màu được chia thành hai nhóm. Nhóm thứ nhất bao gồm các phương pháp **phân tích ảnh màu thành ba ảnh đơn sắc** (ví dụ: ảnh R, G, B), sau đó **xử lý từng ảnh đơn sắc riêng rẽ**; ảnh kết quả sẽ được tổng hợp từ các ảnh vừa được xử lý. Chúng ta gọi đây là các **phương pháp xử lý ảnh theo thành phần**.

Nhóm thứ hai là các kỹ thuật xử lý tác động trực tiếp lên các điểm ảnh màu.

Trong không gian màu RGB, **mỗi điểm màu có thể được biểu diễn như vector** nối gốc tọa độ và điểm màu đó. Vector màu  $\vec{c}$  có thể được biểu diễn thông qua các vector cơ bản R,G,B như sau:

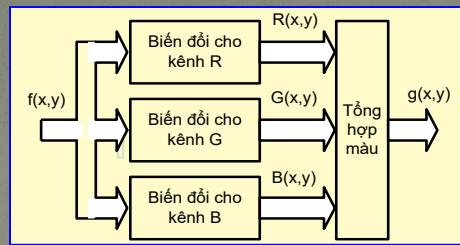
$$c(x,y) = \begin{bmatrix} R(x,y) \\ G(x,y) \\ B(x,y) \end{bmatrix}$$

Các thành phần của vector màu  $\vec{c}$  là tọa độ của điểm màu trong không gian R, G, B. Cần lưu ý rằng  $R(x,y), G(x,y), B(x,y)$  còn phụ thuộc vào tọa độ trong không gian ảnh  $(x,y)$ .



Ảnh màu gốc (a) và 3 ảnh đơn sắc R, G, B (b,c,d)

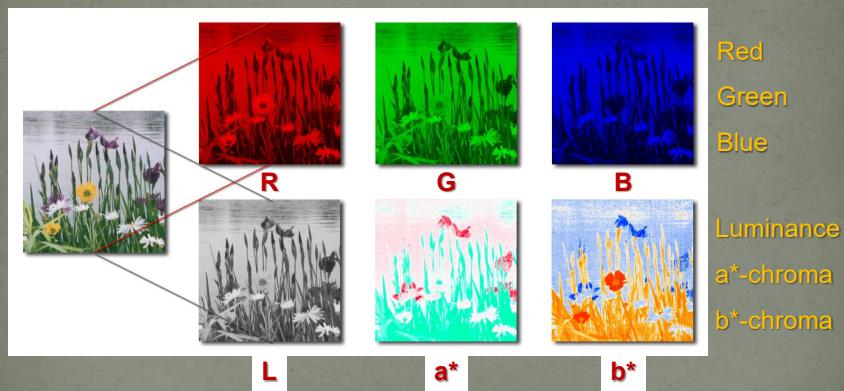
#### ✓ Biến đổi thành phần chói thành màu



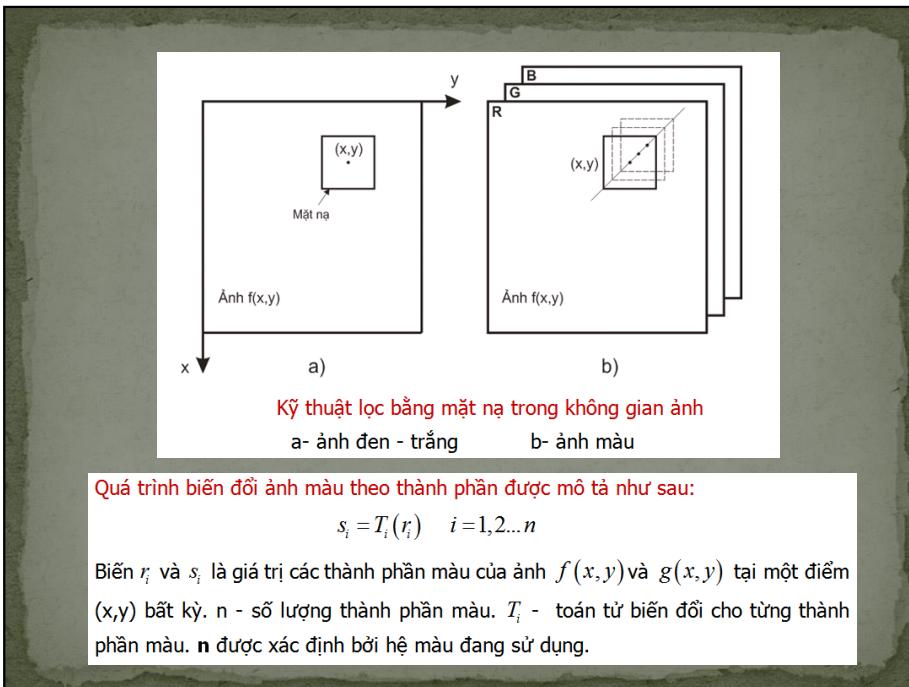
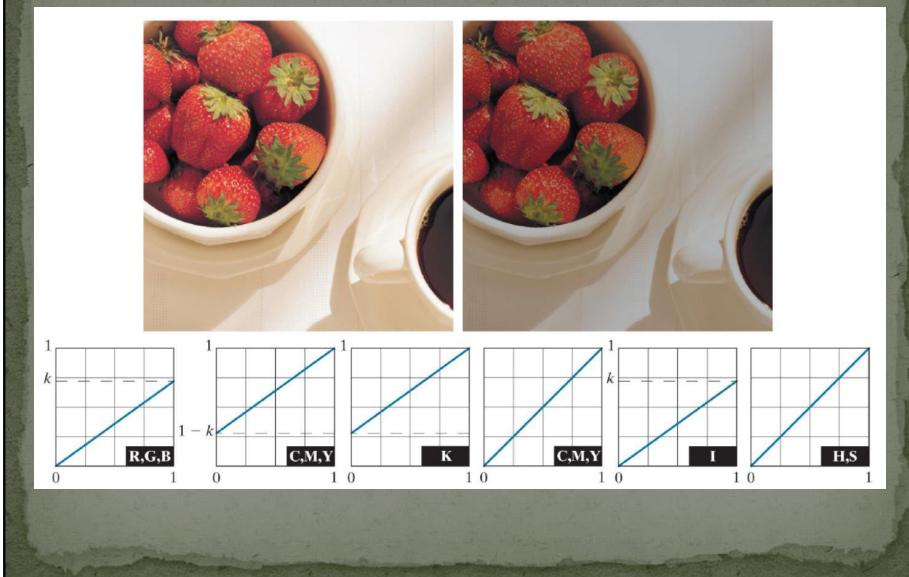
Mỗi điểm màu trong ảnh được phân tích thành ba màu cơ bản tùy theo hệ màu được sử dụng (ví dụ R, G, B). Sau khi phân tích, chúng ta nhận được **ba ảnh đơn sắc**, ba ảnh này có độ chói nằm trong khoảng [0-255], các ảnh đơn sắc đó có thể được hiển thị lên màn hình dưới dạng ảnh đen trắng.

Ảnh màu có thể được xử lý dựa trên các phép biến đổi độc lập với 3 ảnh đen trắng.

Ảnh kết quả được tập hợp lại từ ba ảnh đen trắng khi đưa chúng vào các kênh màu tương ứng.



### 3.4. Biến đổi màu



#### 3.4.3. Cắt lát màu sắc

Kỹ thuật này cho phép tách những chi tiết có màu nhất định ra khỏi ảnh gốc. Những thành phần màu khác trong ảnh kết quả sẽ được biến đổi thành màu nền (làm nổi những chi tiết màu cần tách).

Nếu các màu được quan tâm nằm trong hình khối con có cạnh là  $D_0$ , tâm hình khối nằm tại điểm  $(a_1, a_2, a_3)$  trong không gian màu R, G, B, khi đó kỹ thuật tách ảnh theo các mức màu được mô tả theo biểu thức:

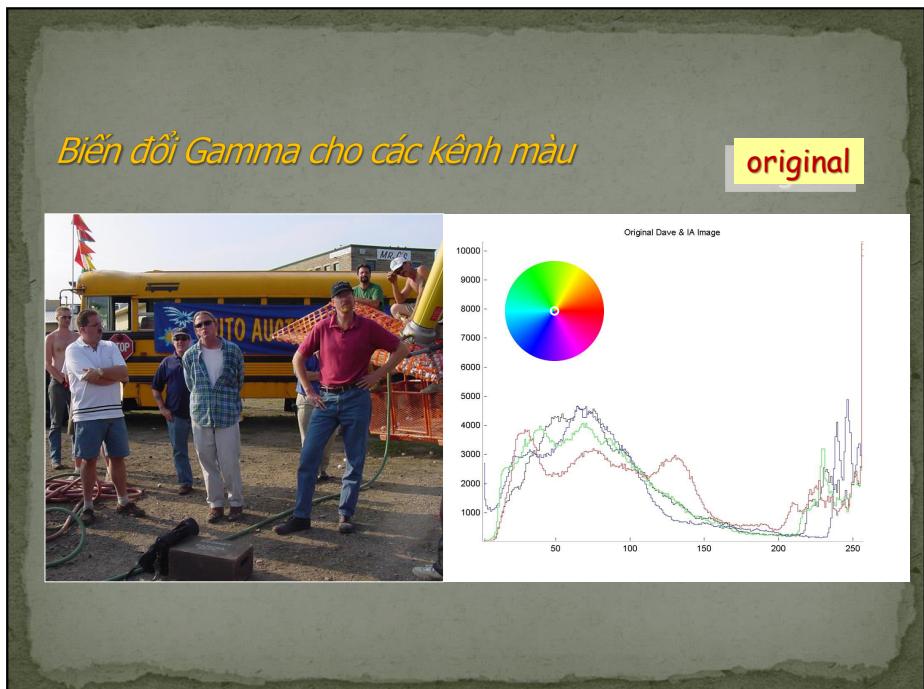
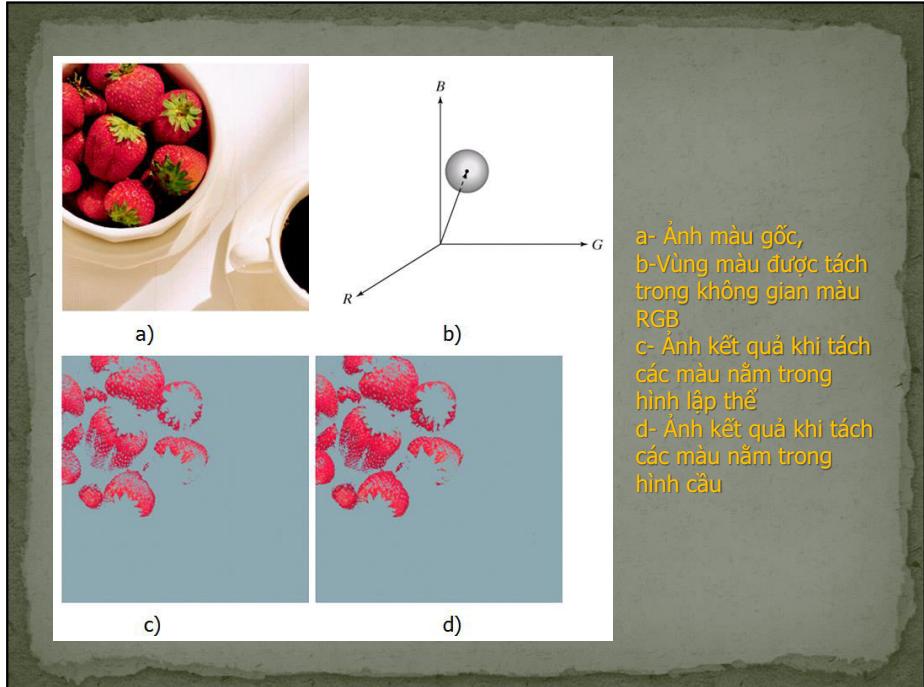
$$s_i = \begin{cases} 0,5 & |r_j - a_j| > \frac{D_0}{2} \\ r_j & |r_j - a_j| \leq \frac{D_0}{2} \end{cases}$$

với các  $i=1, 2, 3$ ;  $j=1, 2, 3$ ;

Để tách vùng màu nằm trong hình cầu ta dùng biến đổi:

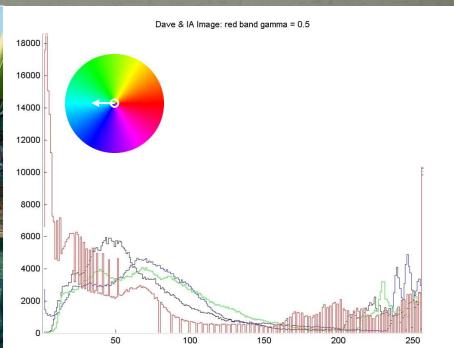
$$s_i = \begin{cases} 0,5 & \sum_{j=1}^n (r_j - a_j)^2 > R_0^2 \\ r_j & \sum_{j=1}^n (r_j - a_j)^2 \leq R_0^2 \end{cases}$$

$i = 1, 2, \dots, n$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$  ( $n=3$ )



### *Biến đổi Gamma cho các kênh màu*

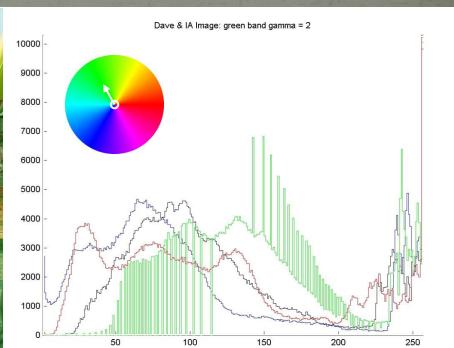
red  $\gamma=0.5$



Giảm red = Tăng cyan

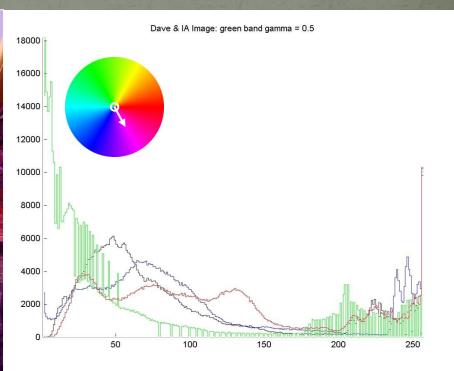
### *Biến đổi Gamma cho các kênh màu*

green  $\gamma=2$

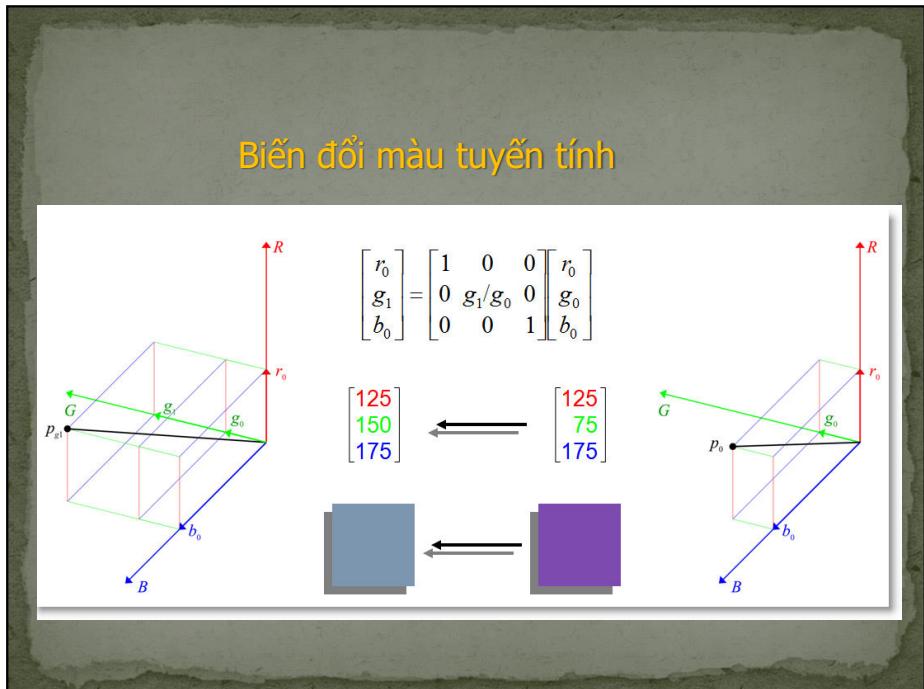
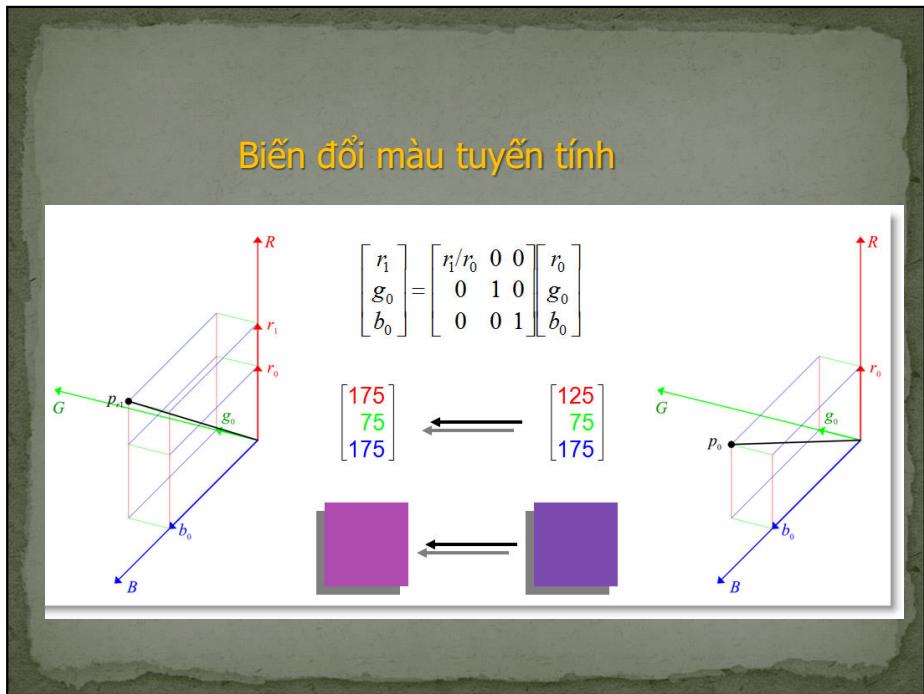
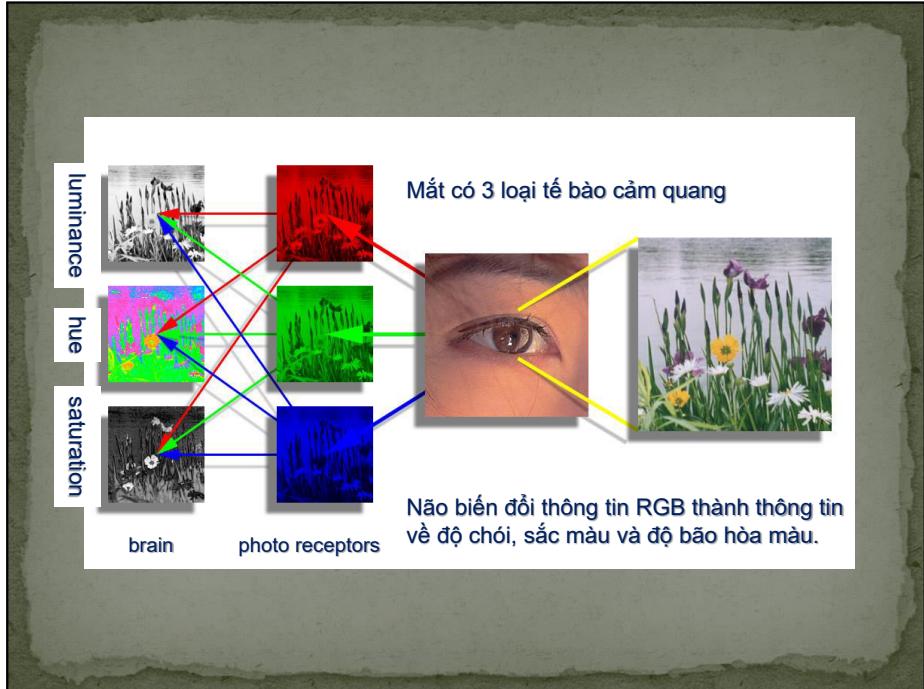


### *Biến đổi Gamma cho các kênh màu*

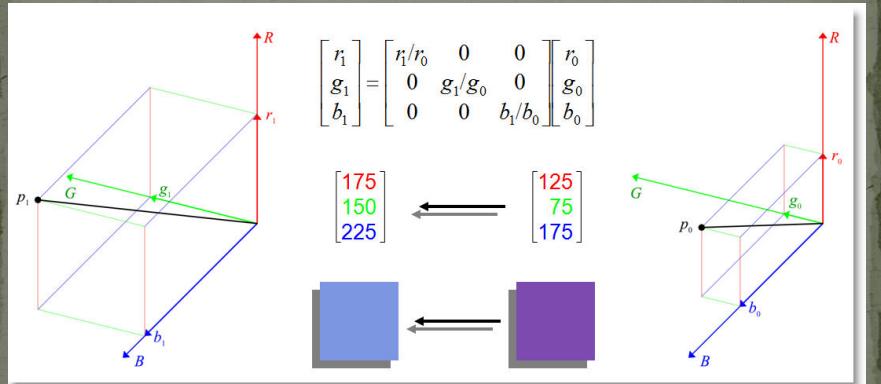
green  $\gamma=0.5$



Giảm green = Tăng magenta



## Biến đổi màu tuyến tính

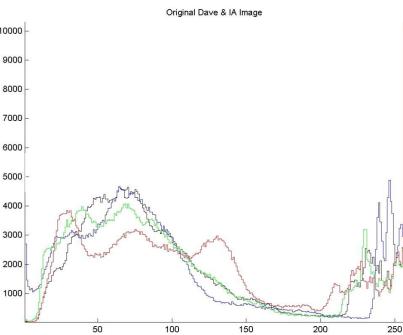


## Saturation Adjustment

original

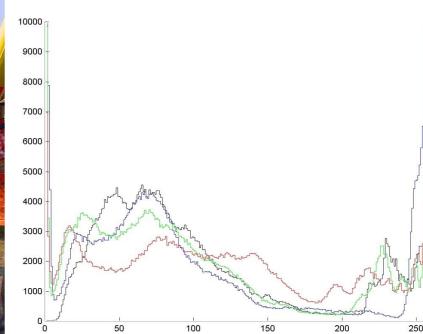


Original Dave & IA Image



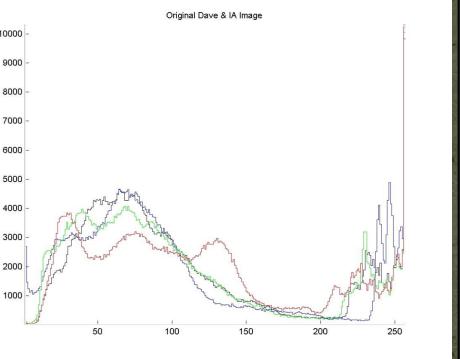
## Saturation Adjustment

saturation + 50%



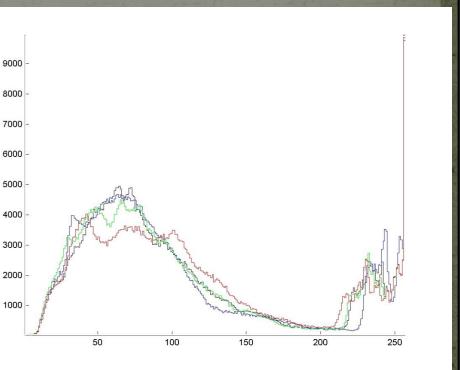
## Saturation Adjustment

original



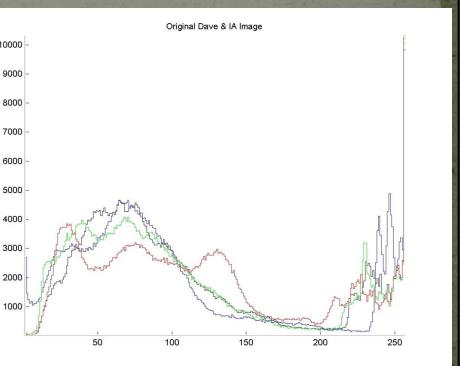
## Saturation Adjustment

saturation - 50%



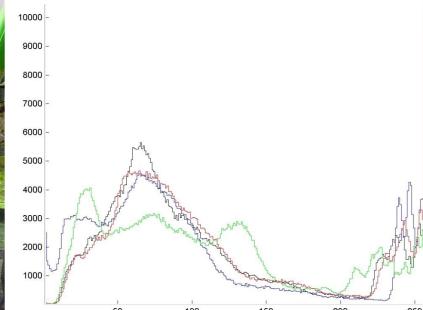
## Hue Shifting

original



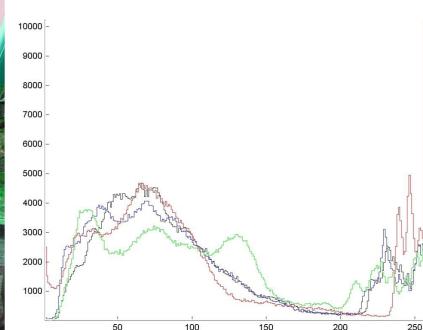
## Hue Shifting

hue + 60°



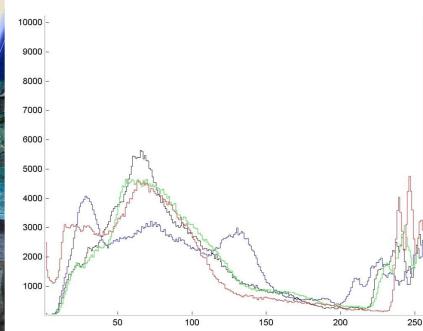
## Hue Shifting

hue + 120°



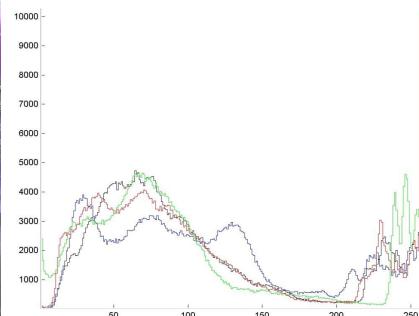
## Hue Shifting

hue + 180°



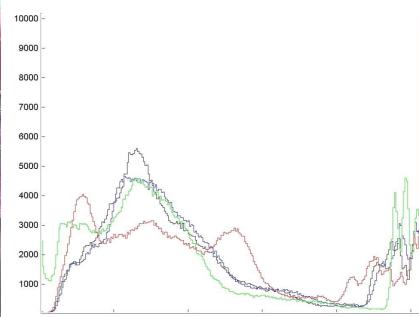
## Hue Shifting

hue + 240°



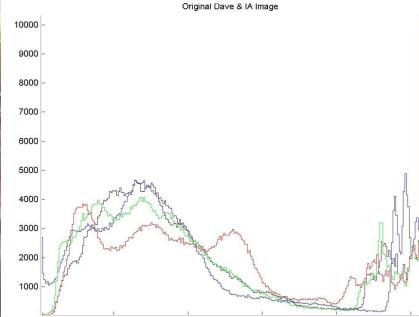
## Hue Shifting

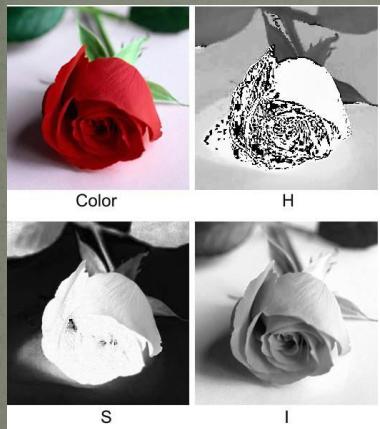
hue + 300°



## Hue Shifting

hue + 360° =  
original





Ví dụ: thực hiện biến đổi độ sáng của ảnh:

$$g(x, y) = k \cdot f(x, y) \text{ với } 0 < k < 1$$

Trong **hệ màu HSI**, theo nguyên tắc, biến đổi trên được thực hiện cho ba thành phần H, S, I bởi toán tử sau  $s_i = T_i(r_i)$   $i=1,2\dots n$ , với  $n=3$ . Trên thực tế để thay đổi độ sáng, trong hệ HSI, chúng ta chỉ cần áp dụng biến đổi đối với thành phần I:

$$s_3 = k \cdot r_3$$

Các thành phần khác của ảnh màu sẽ được giữ nguyên:

$$s_1 = r_1; s_2 = r_2.$$

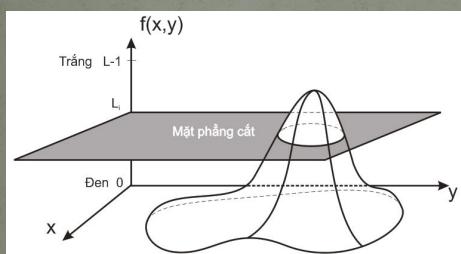
Nếu thực hiện trong **hệ màu RGB**, chúng ta phải biến đổi cả ba thành phần màu R, G và B:

$$s_i = k \cdot r_i \quad i=1,2,3$$

Ảnh màu và các ảnh thành phần H, S, I

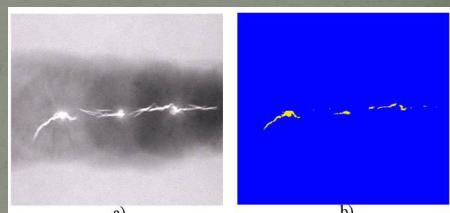
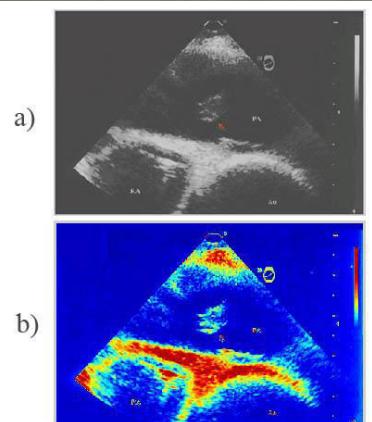
### ✓ Kỹ thuật tạo màu giả

Kỹ thuật tạo màu giả cho phép hiển thị rõ ràng hơn những chi tiết có độ tương phản thấp trong ảnh đen-trắng.



Đặc tuyến biến đổi mức xám – màu

Khi mã hóa bằng màu giả, chúng ta gán cho tất cả các điểm ảnh có độ chói nằm trên mặt phẳng cắt một màu nào đó, các điểm ảnh nằm dưới mặt phẳng cắt được gán một màu khác.



Ảnh chụp bằng tia X  
quang mối hàn ống thép

Dải động các mức xám được chia đều thành 8 dải con bằng nhau, các điểm ảnh có biên độ nằm trong từng dải con được gán một màu nhất định

## 3.4 Làm mịn và làm sắc ảnh màu

### 3.4.1. Làm mịn ảnh màu

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

### 3.4.2. Làm sắc nét ảnh màu

### 3.4.1. Làm mịn ảnh màu



### 3.4.1. Làm mịn ảnh màu



FIGURE 7.37

HSI components of the RGB color image in Fig. 7.36(a). (a) Hue. (b) Saturation. (c) Intensity.





**Làm trơn ảnh màu:** a- Ảnh gốc, b- Làm trơn ảnh trong hệ màu RGB  
c- Làm trơn ảnh trong hệ màu HSI, d- Ảnh sai số giữa (b) và (c)



**Tăng độ nét cho ảnh màu:** a- Ảnh gốc, b-Làm tăng độ nét trong hệ màu RGB  
c- Làm tăng độ nét trong hệ màu HSI, d- Ảnh sai số giữa (b) và (c)

### 3.4.2. Làm sắc nét ảnh màu

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



a b c

**FIGURE 7.39**

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.