

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông
Khoa Công nghệ thông tin I

Xử lý ảnh

Chương II: Cơ bản về Xử lý ảnh số



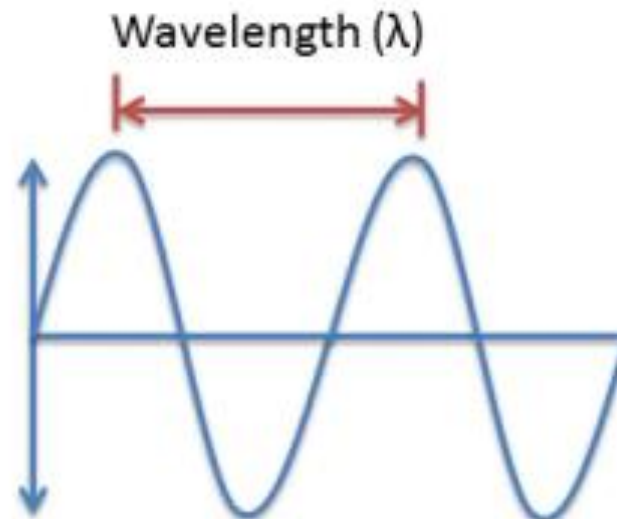
NỘI DUNG

- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ Biểu diễn ảnh
- ❑ Mô hình màu
- ❑ Kỹ thuật in ảnh
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

ÁNH SÁNG VÀ PHỔ SÓNG ĐIỆN TỪ

Năng lượng, bước sóng, tần số, vận tốc

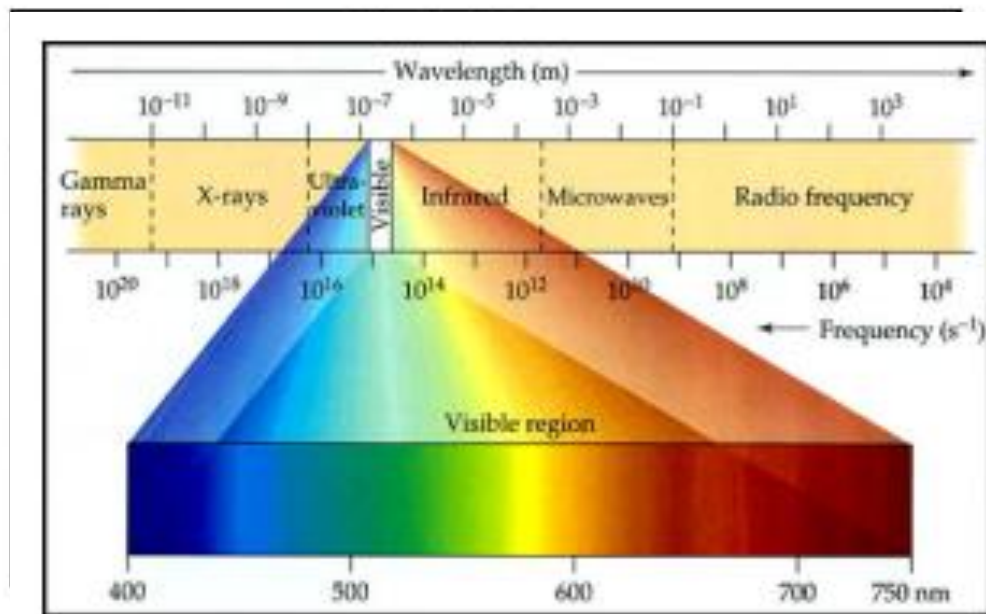
- Ánh sáng là một loại sóng điện từ: vừa có tính sóng, vừa có tính hạt.
 - ▶ Tần số f , bước sóng λ thỏa mãn: $c = \lambda f$
 - ★ $c \approx 3 \times 10^8$ (m/s): vận tốc lan truyền ánh sáng trong môi trường chân không.
 - ▶ Năng lượng của phổ điện từ: $E = h \times f$
 - ★ $h \approx 6.626 \times 10^{-34}$ (J.s): hằng số Planck



ÁNH SÁNG VÀ PHỔ SÓNG ĐIỆN TỪ

Vùng phổ sóng điện từ

- Ánh sáng là một phần đặc biệt của sóng điện từ: mắt người có thể cảm nhận được
- Phổ sóng điện từ được phân thành các vùng theo bước sóng/tần số/năng lượng



ÁNH SÁNG VÀ PHỔ SÓNG ĐIỆN TỪ

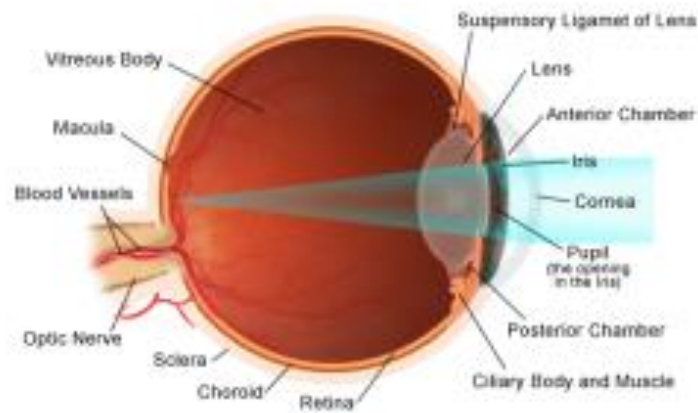
Cảm nhận sáng



(a) Bức xạ

(b) Va chạm photon

(c) Va chạm photon



(d) Ánh sáng đến mắt

ÁNH SÁNG VÀ PHỔ SÓNG ĐIỆN TỪ

Ánh sáng trắng, ánh sáng màu, ánh sáng đơn sắc

- Ánh sáng mà bao gồm tương đối đầy đủ và cân bằng các bước sóng trong vùng ánh sáng nhìn thấy: ánh sáng trắng
- Ánh sáng không màu: ánh sáng không/tiêu sắc
 - ▶ Thuộc tính duy nhất của ánh sáng đơn sắc: cường độ sáng (intensity) \equiv mức xám (gray level)
 - ▶ Ảnh đơn sắc: Ảnh đa mức xám
- Ánh sáng màu: có phổ năng lượng điện từ từ $0.43 \div 0.79\mu m$
 - ▶ Mô tả nguồn sáng màu: tần số (f), độ chói (radiance), độ sáng (luminance), và mức độ sáng (brightness)
 - ★ Độ chói: tổng số năng lượng phát xạ từ nguồn, tính bằng Watt (W)
 - ★ Độ sáng: mức năng lượng mà người quan sát cảm nhận được từ nguồn sáng, tính bằng đơn vị lumen (lm)
 - ★ Mức độ sáng: mô tả mang tính chủ quan của người quan sát cảm nhận về mức độ sáng của nguồn, khó đo lường được.

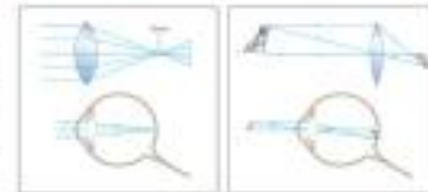


NỘI DUNG

- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ Biểu diễn ảnh
- ❑ Mô hình màu
- ❑ Kỹ thuật in ảnh
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

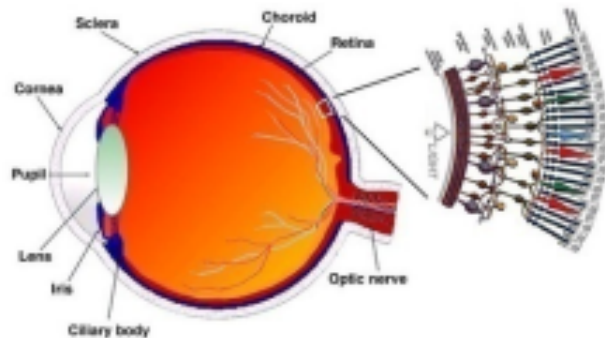
HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

- Hệ thống thị giác của con người gồm 3 phần:
 - ▶ Mắt: giống như một camera, thực hiện thu nhận hình ảnh
 - ▶ Thần kinh thị giác: giống như đường truyền tín hiệu
 - ▶ Não: giống như bộ vi xử lý để xử lý tín hiệu hình ảnh



HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Cấu tạo của mắt



- Đường kính nhãn cầu $\sim 20\text{mm}$
- Giác mạc (cornea): màng trong suốt, dai; ở phía ngoài cùng, bao phủ phía trước mắt
- Màng cứng (sclera): màng mờ, dai; ở phía ngoài cùng, bao phủ phía sau mắt
- Màng bao (choroid): chứa các mạch máu cung cấp dinh dưỡng cho mắt, ngay phía trong màng cứng.
- Mống mắt (iris): phần phía trước của màng bao; có sắc tố quyết định màu mắt.
- Đồng tử (pupil): vùng mở giữa mống mắt; điều khiển số lượng ánh sáng lọt vào mắt
- Thủy tinh thể (lens): giống thấu kính; tạo từ các lớp đồng tâm gồm các tế bào sợi chứa $\sim 60 - 70\%$ nước



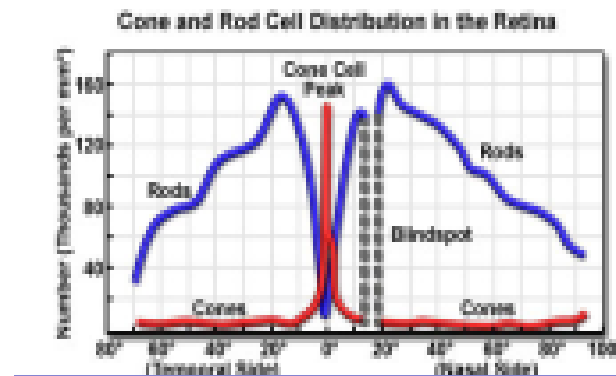
HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Cấu tạo của mắt: Vùng võng mạc

- Bề mặt vùng võng mạc gồm các tế bào cảm quang:
 - ▶ Tế bào hình nón (cone), và tế bào hình que (rod)



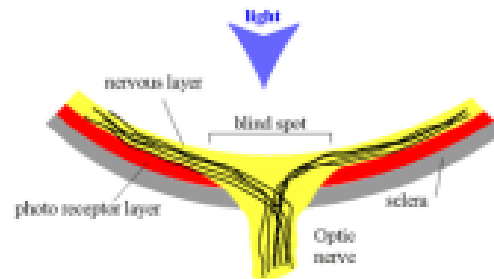
- Tế bào hình nón: $\sim 6 - 7$ triệu/mắt; tập trung chủ yếu tại một vùng nhỏ (gọi là điểm vàng: fovea); rất nhạy với màu sắc; khả năng quan sát chi tiết
- Tế bào hình que: $\sim 75 - 150$ triệu/mắt; phân bố khắp võng mạc; khả năng quan sát chung toàn bộ ảnh (không chi tiết); nhạy với hình ảnh có mức sáng thấp



HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Cấu tạo của mắt: Điểm mù

- Vùng trên võng mạc không có sự có mặt của tế bào cảm quang
 - ▶ Ảnh tạo trên vùng này sẽ không thể quan sát được



Thí nghiệm điểm mù

Vẽ hình như dưới đây trên một tờ giấy, sao cho dấu chấm và dấu chữ thập cách nhau khoảng 15cm.

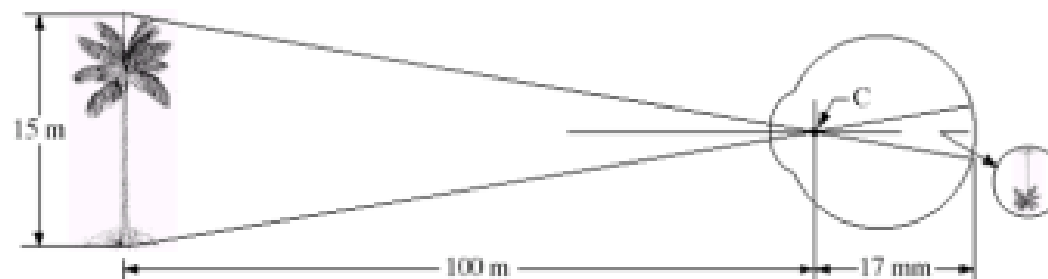


Nắm mắt phải, sử dụng mắt trái tập trung nhìn vào dấu chữ thập. Giữ tờ giấy ở khoảng cách khoảng 50cm, rồi từ từ dịch chuyển về phía mắt. Kết quả: dấu chấm sẽ biến mất.

HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Sự tạo ảnh trong mắt

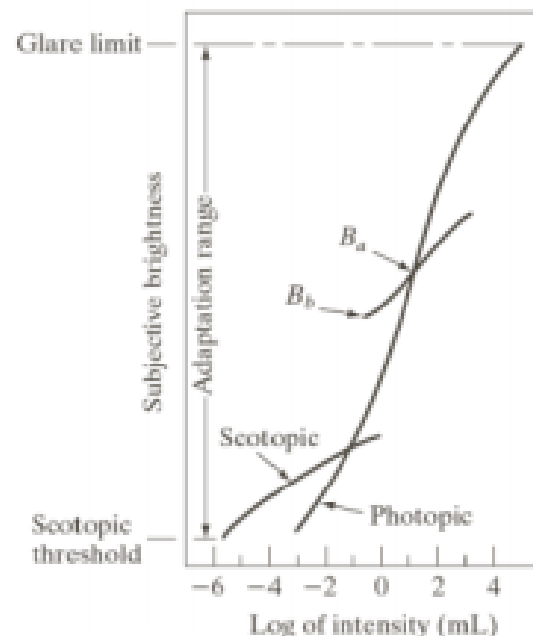
- Thấu kính camera: tiêu cự cố định; để có ảnh rõ (focus) cần thay đổi khoảng cách giữa thấu kính và màn hứng ảnh (film, tế bào thu nhận ảnh)
- Mắt người: khoảng cách giữa thấu kính và màn hứng ảnh cố định; để có ảnh rõ cần điều tiết mắt (điều chỉnh hình dạng thủy tinh thể)
 - ▶ Khoảng cách giữa tâm thủy tinh thể đến võng mạc $\sim 17\text{mm}$
 - ▶ Khoảng tiêu cự của thủy tinh thể có thể thay đổi $\sim 14 \div 17\text{mm}$
 - ★ Tiêu cự $\sim 17\text{mm}$ ứng với trạng thái mắt không điều tiết (relax) \rightarrow tương ứng với tiêu điểm ảnh $\sim \geq 3\text{m}$
- Cảm nhận ảnh xảy ra khi ảnh tạo được từ vật nằm trên võng mạc; kích thích các tế bào cảm quang (tế bào hình nón, tế bào hình que); biến đổi năng lượng bức xạ thành xung điện; cuối cùng gửi đến não để giải mã.



HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

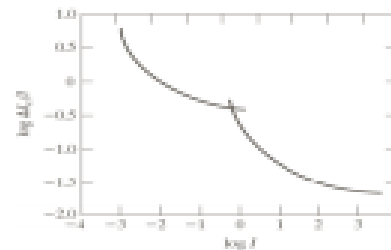
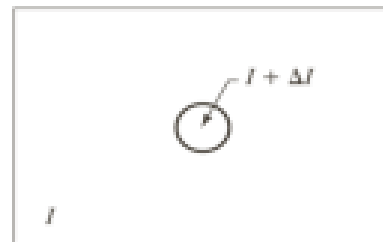
Sự thích ứng độ sáng của mắt

- Hệ thống thị giác của người có khả năng cảm nhận một dải các mức độ sáng rất rộng: $10^{-6} \div 10^4$ (lux)
 - ▶ Tuy nhiên mắt không thể cảm nhận đồng thời được hết các mức sáng trong toàn dải mà tại mỗi thời điểm chỉ thích ứng với một dải cường độ sáng nhỏ hơn. \Rightarrow Sự thích ứng độ sáng của mắt.
 - ▶ Quan hệ giữa cường độ sáng thực tế và cường độ sáng mà mắt cảm nhận được là hàm logarithm



HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Sự phân biệt độ sáng của mắt



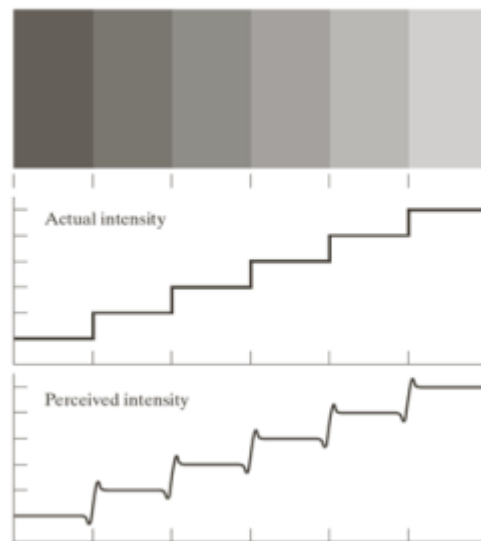
- Tỷ lệ Weber: $\Delta I_c / I$
 - ▶ I : mức cường độ sáng của nền
 - ▶ ΔI_c : mức tăng cường độ sáng mà tỷ lệ phân biệt được 50%
- Tỷ lệ Weber nhỏ: sự phân biệt mức độ sáng tốt
- Tỷ lệ Weber lớn: sự phân biệt mức độ sáng kém.
- Sự phân biệt mức độ sáng kém ($\Delta I_c / I$ lớn) khi mức sáng thấp (I nhỏ); Sự phân biệt mức độ sáng được cải thiện (ΔI_c nhỏ) khi mức sáng của nền tăng (I lớn).



HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Ảo giác quan học: Hiệu ứng dải Mach

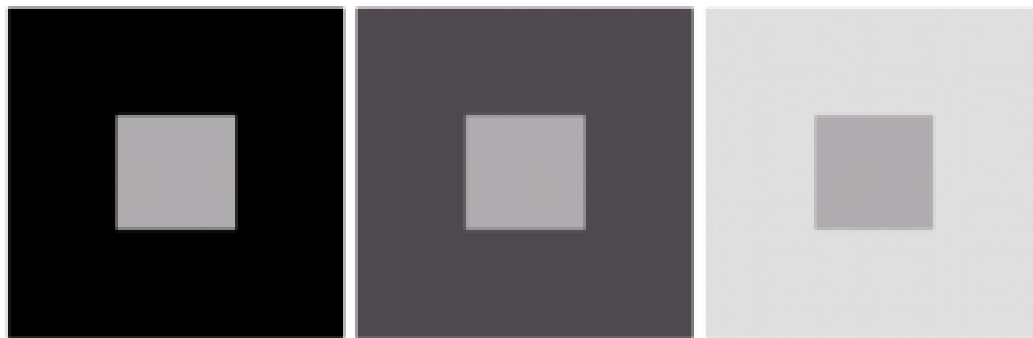
- Mắt người có xu thế phóng đại (gia tăng) hoặc làm giảm nhỏ quanh những vùng có cường độ sáng khác biệt



HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

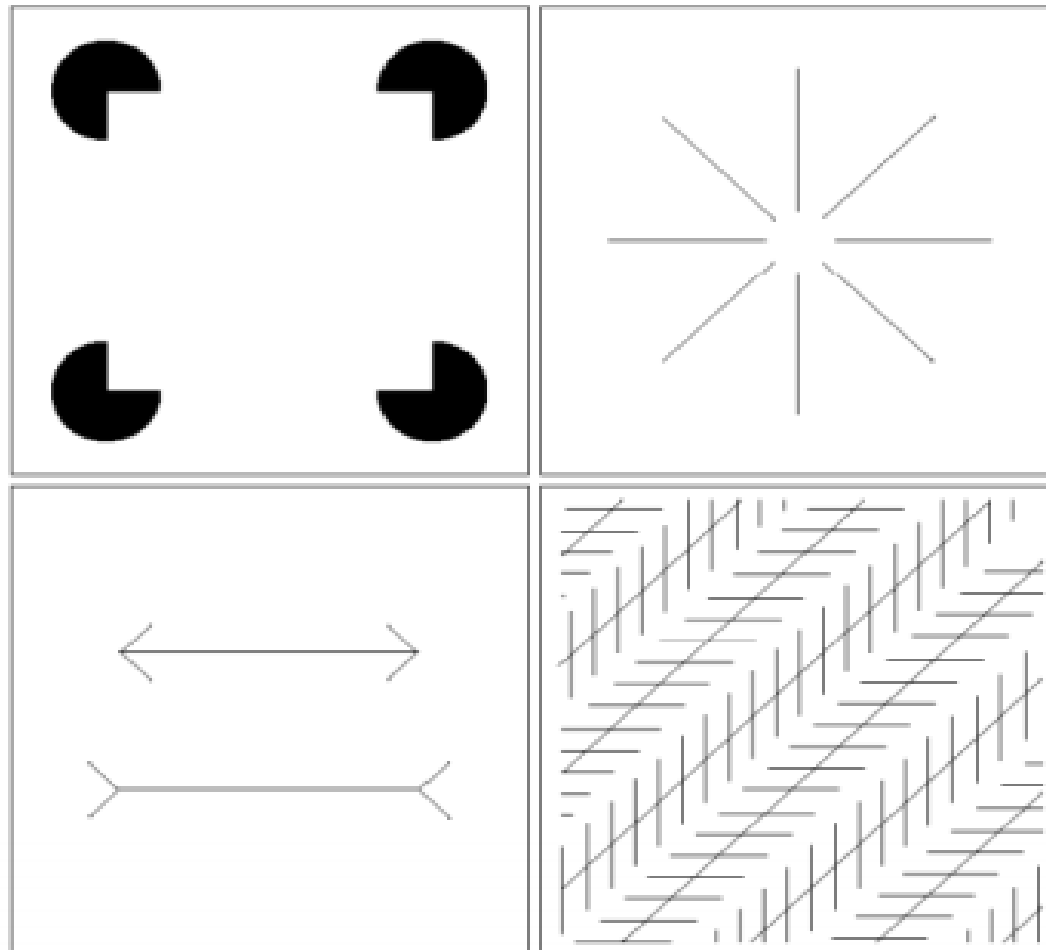
Ảo giác quan học: Hiện tượng tương phản đồng thời

- Sự cảm nhận cường độ sáng của một vùng có liên quan đến các cường độ sáng của các vùng lân cận



HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Ảo giác quang học: Diễn giải sai, Diễn thông tin không có (1)

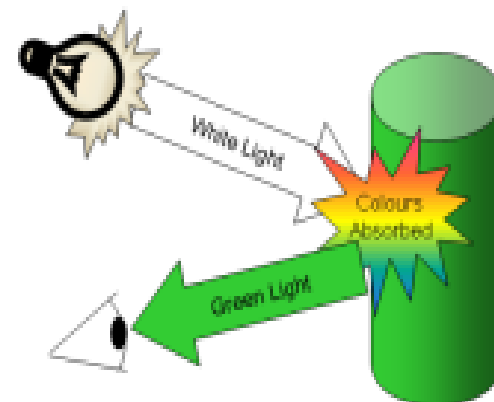


HỆ THỐNG THỊ GIÁC CỦA CON NGƯỜI

Cảm nhận màu của mắt

- Màu sắc của vật mà mắt người cảm nhận được được quyết định bởi bản chất của ánh sáng phản xạ từ vật
 - ▶ Một vật phản xạ cân bằng hầu hết các bước sóng trong vùng ánh sáng nhìn thấy sẽ cho người cảm nhận có màu trắng.

Khi chiếu ánh sáng trắng vào một đối tượng màu xanh lá cây, hầu hết các bước sóng bị hấp thụ, trong khi đó chỉ có ánh sáng màu xanh lá cây phản xạ từ vật. ⇒ Cảm nhận được vật màu xanh lá cây.



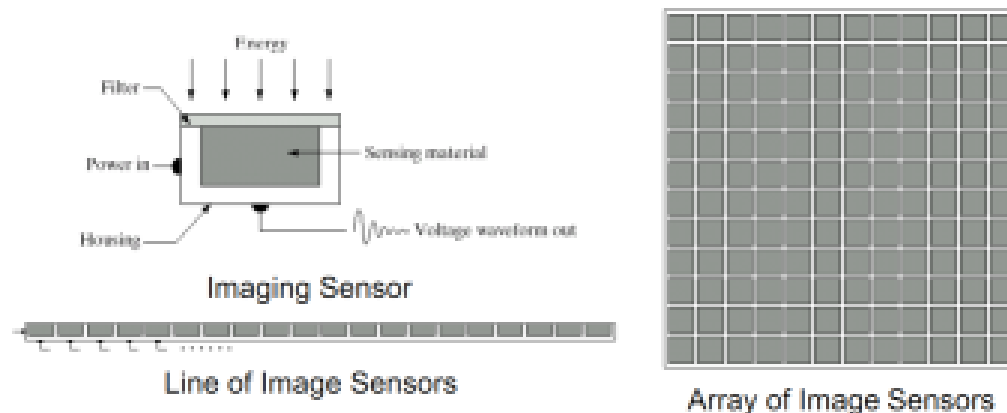
NỘI DUNG

- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ Biểu diễn ảnh
- ❑ Mô hình màu
- ❑ Kỹ thuật in ảnh
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

CẢM BIẾN VÀ THU NHẬN ẢNH

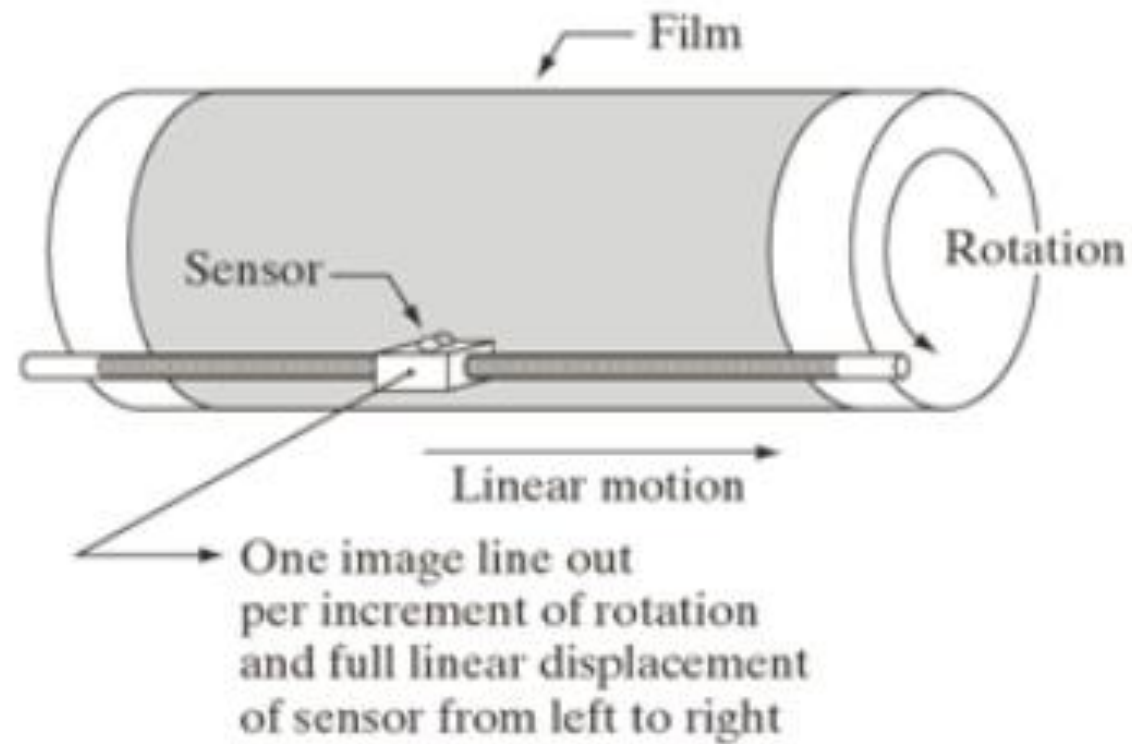
Cảm biến

- Hầu hết ảnh mà chúng ta quan tâm được tạo bằng việc chiếu sáng một cảnh và hấp thụ năng lượng của phản xạ từ cảnh nên màn tạo ảnh.
- Năng lượng ánh sáng (hoặc tổng quát là sóng điện từ) đến cảm biến, năng lượng ánh sáng (sóng điện từ) → năng lượng điện → biến đổi thành thông tin ảnh.



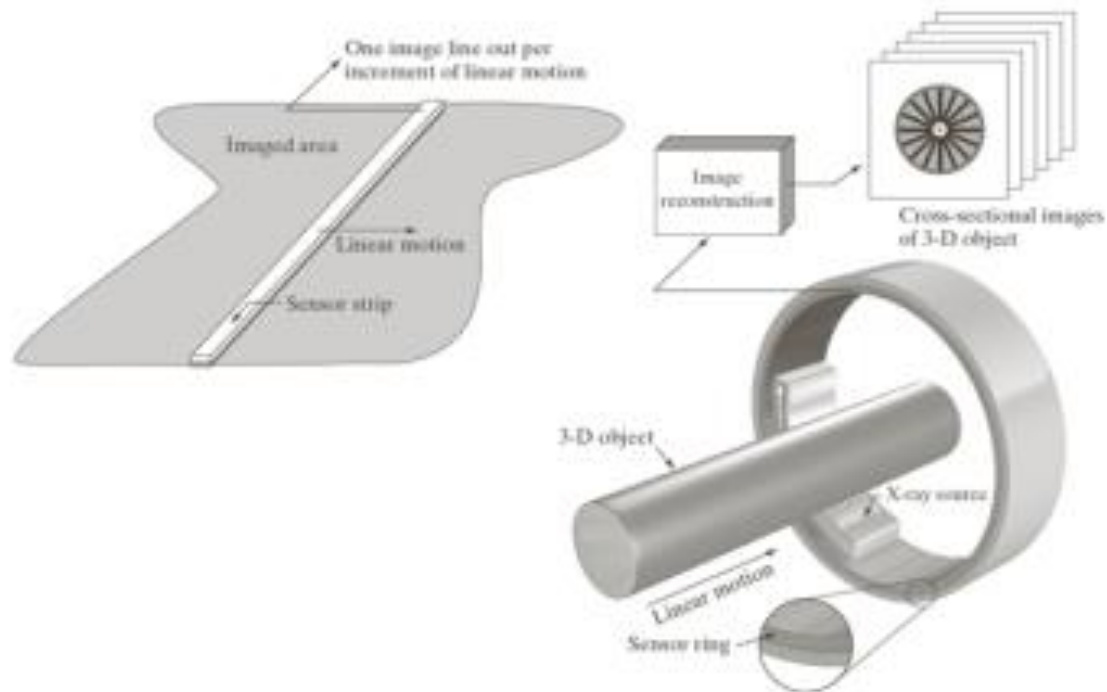
CẢM BIẾN VÀ THU NHẬN ẢNH

Thu nhận ảnh: Sử dụng một sensor đơn lẻ



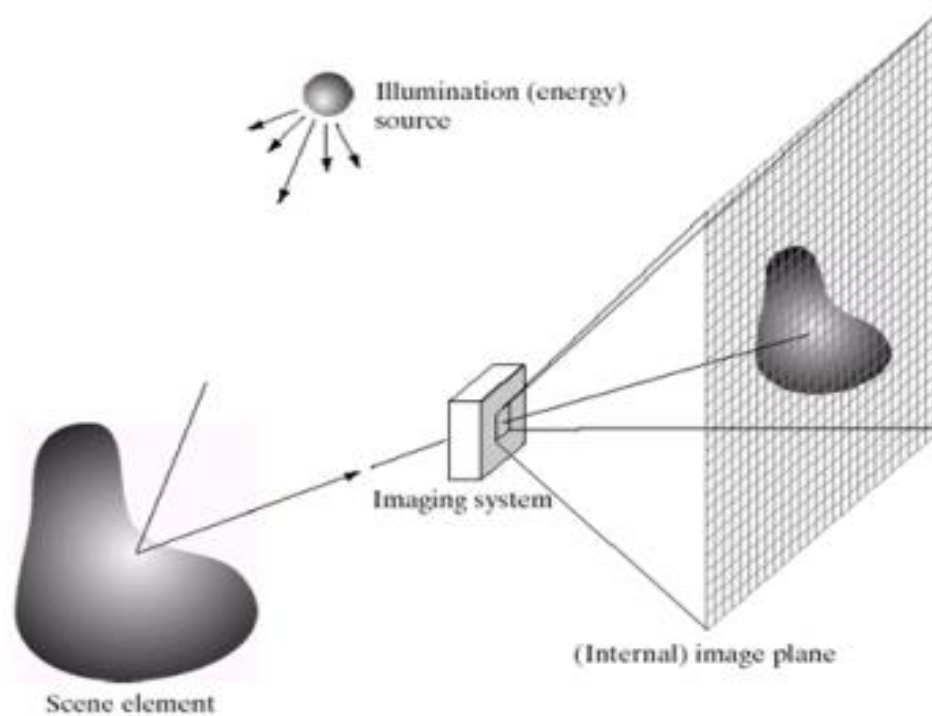
CẢM BIẾN VÀ THU NHẬN ẢNH

Thu nhận ảnh: Sử dụng dây sensor (2)



CẢM BIẾN VÀ THU NHẬN ẢNH

Thu nhận ảnh: Sử dụng ma trận sensor



- Ánh sáng từ nguồn chiếu đến vật, vật hấp thụ và phản xạ đến tế bào cảm quang
- Tế bào cảm quang sẽ biến đổi năng lượng quang thành năng lượng điện
- Tín hiệu điện đó được nội suy hoặc xử lý => Ảnh số



CẢM BIẾN VÀ THU NHẬN ẢNH

Mô hình tạo ảnh đơn giản

- Ảnh số $f(x, y)$: $0 < f(x, y) < \infty$
 - ▶ Ý nghĩa vật lý của giá trị $f(x, y)$ phụ thuộc vào nguồn ảnh
- Có thể mô tả bởi hai thành phần: $f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$
 - ▶ Lượng sáng từ nguồn sáng chiếu tới đối tượng cần thu nhận ảnh $i(x, y)$: phụ thuộc nguồn sáng; $0 < i(x, y) < \infty$
 - ▶ Lượng sáng phản xạ từ đối tượng cần thu nhận ảnh $r(x, y)$: phụ thuộc vào đặc tính của đối tượng cần thu nhận ảnh; $0 \leq r(x, y) \leq 1$
 - ★ $r(x, y) = 0$: đối tượng hấp thụ hoàn toàn; $r(x, y) = 1$: đối tượng phản xạ hoàn toàn
- Ảnh đơn sắc có mức xám (cường độ sáng) tại (x_0, y_0) : $I = f(x_0, y_0)$
 - ▶ $L_{min} \leq I \leq L_{max}$
 - ★ $L_{min} = i_{min}f_{min}$ (~ 10 trong môi trường trong nhà)
 - ★ $L_{max} = i_{max}f_{max}$ (~ 1000 trong môi trường trong nhà)
 - ★ $[L_{min}, L_{max}]$: thang mức xám; thường $[0, L - 1]$ (0: đen; 1(255): trắng)



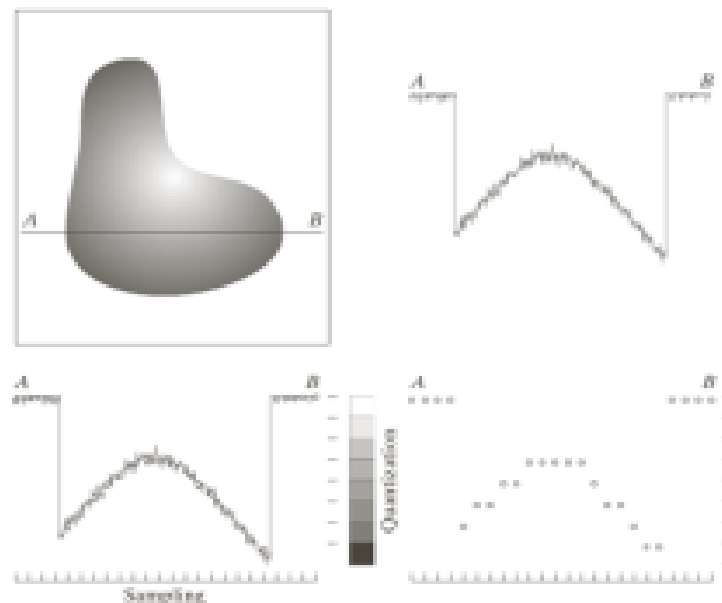
NỘI DUNG

- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ Biểu diễn ảnh
- ❑ Mô hình màu
- ❑ Kỹ thuật in ảnh
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

QUÁ TRÌNH SỐ HÓA ẢNH

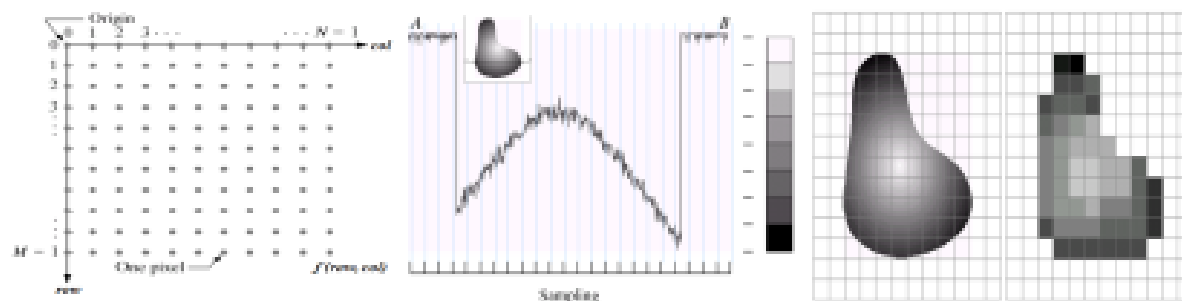
Khái niệm cơ bản trong lấy mẫu và lượng tử hóa ảnh (1)

- Cảm biến ảnh số chỉ có thể đo lường một số lượng hạn chế các mẫu với các giá trị thuộc một tập rời rạc các mức năng lượng
- Cần lấy mẫu (theo không gian) và lượng tử hóa (giá trị cường độ sáng tại mỗi điểm)



QUÁ TRÌNH SỐ HÓA ẢNH

Khái niệm cơ bản trong lấy mẫu và lượng tử hóa ảnh (2)



Ảnh liên tục $f(s, t) \longrightarrow$ ảnh số $f(x, y)$ ($x, y \in \mathbb{Z}^+$)

- $\Delta x \equiv$ bước rời rạc hóa theo trục x ; $\Delta y \equiv$ bước rời rạc hóa theo trục y
- $\Rightarrow f_x = \frac{1}{\Delta x}$: tần số lấy mẫu theo trục x ; $f_y = \frac{1}{\Delta y}$: tần số lấy mẫu theo trục y
 - ▶ $f_x \geq 2f_{x\max}$, $f_y \geq 2f_{y\max}$ (Định lý lấy mẫu Shannon; $f_{x\max}$, $f_{y\max}$: tần số cực đại theo trục x và trục y)
- Giá trị $\hat{f}(x\Delta x, y\Delta y) \longrightarrow f(x, y)$ giá trị nguyên $\in [0, L - 1]$
 - ▶ $L = 2^k$: k số bit dùng để biểu diễn.

NỘI DUNG

- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ **Biểu diễn ảnh**
- ❑ Mô hình màu
- ❑ Kỹ thuật in ảnh
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

BIỂU DIỄN ẢNH

Mô hình biểu diễn: Mô hình Raster

- Mô hình biểu diễn thông dụng nhất
- Ảnh số được biểu diễn thông qua một ma trận các điểm ảnh
 - ▶ Ví dụ: Ảnh thu nhận từ các camera kỹ thuật số, máy scanner, ...
- Thuận lợi cho việc in ấn, hiển thị, và xử lý
- Đơn giản về khái niệm; **dung lượng file phụ thuộc kích thước ảnh**
- Rất nhiều kỹ thuật, thành tựu công nghệ xử lý ảnh đã phát triển trên mô hình này
 - ▶ Ví dụ các công nghệ phần cứng tận hiến cho việc truy xuất, hiển thị nhanh và chất lượng; Các kỹ thuật nén ảnh; ...



BIỂU DIỄN ẢNH

Mô hình biểu diễn: Mô hình Raster

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \cdots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \cdots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \cdots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix}$$

- $x = 0, 1, 2, \dots, M - 1; y = 0, 1, 2, \dots, N - 1$
- $M \times N$: kích thước ảnh (theo điểm)

BIỂU DIỄN ẢNH

Mô hình biểu diễn: Mô hình Vector

- Sử dụng các đối tượng hình học cơ bản (các điểm, các đường thẳng, các đường cong, các khối, các đa giác, ...) mà các đối tượng này được định nghĩa dựa trên mô tả (biểu diễn) toán học.
 - ▶ Thu nhận từ những thiết bị chuyên dụng (chẳng hạn như digitalizer), hoặc các chương trình số hóa chuyển từ mô hình Raster.
- Thuận lợi cho việc lựa chọn, sửa đổi, sao chép, di chuyển, tìm kiếm
- Tuy nhiên chưa phổ biến:
 - ▶ Phức tạp với các ảnh thực tế; dung lượng file không phụ thuộc vào kích thước ảnh.
 - ▶ Các thiết bị phần cứng hiện chưa hỗ trợ một cách rộng rãi

```
<rect width="120" height="80" fill="rgb(255,51,0)"  
stroke="rgb(0,0,204)" stroke-width="4" />
```

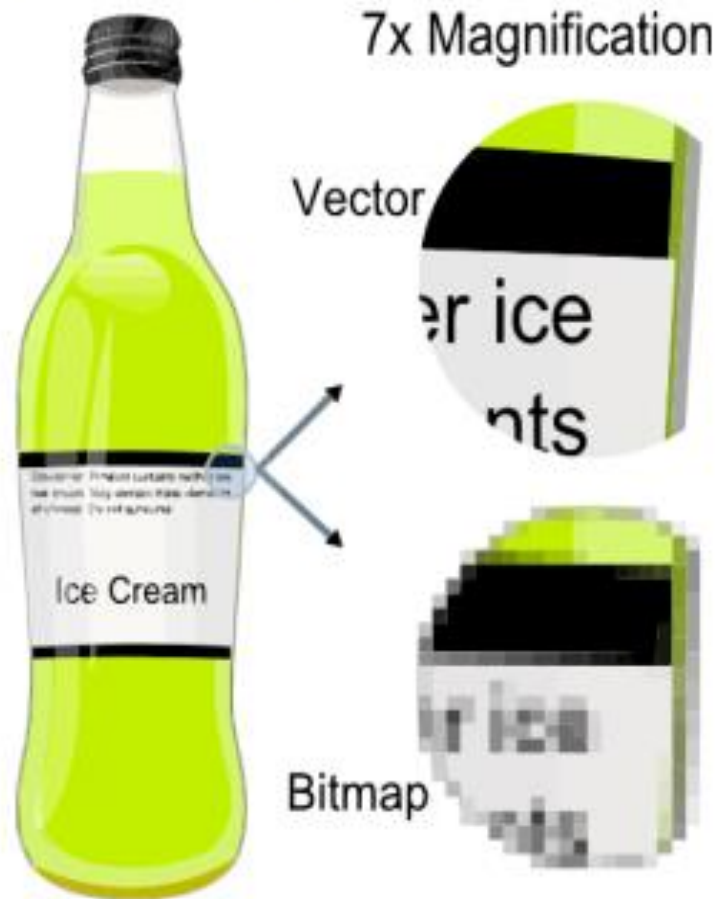


```
<rect width="1200" height="800" fill="rgb(255,51,0)"  
stroke="rgb(0,0,204)" stroke-width="40" />
```



BIỂU DIỄN ẢNH

Mô hình biểu diễn: Minh họa sự khác biệt giữa mô hình Raster và Vector



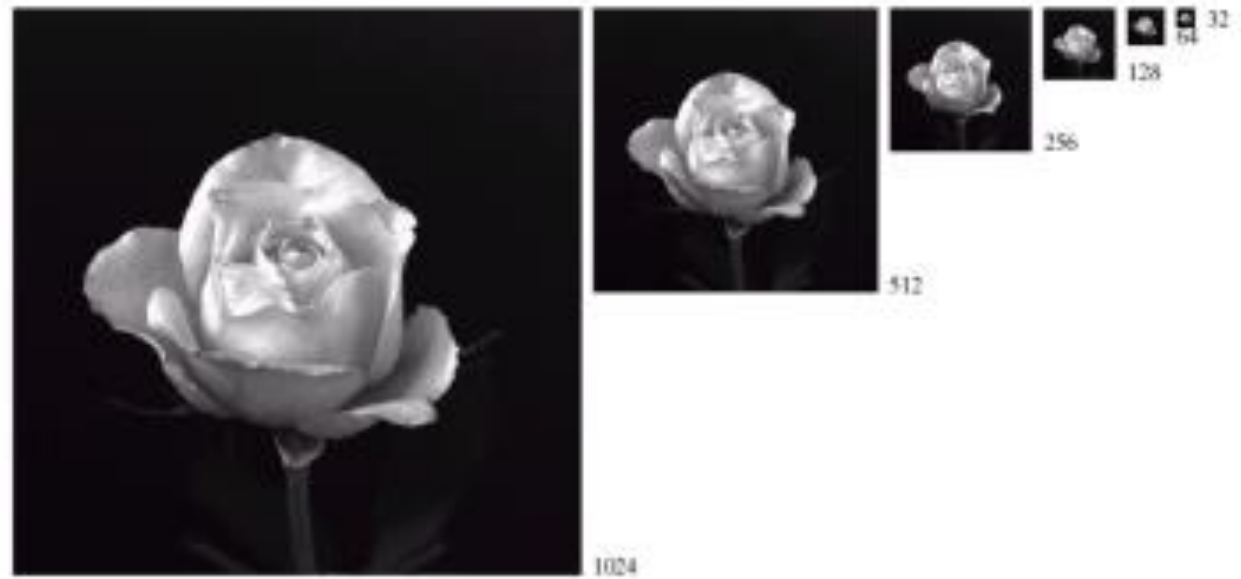
BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Độ phân giải không gian (1)

- Độ phân giải không gian (spatial resolution) của ảnh số là số lượng điểm ảnh (pixel) dùng để tập hợp biểu diễn ảnh.
 - ▶ \equiv Cho biết chi tiết nhỏ nhất vẫn có thể phân biệt được trên một ảnh
 - ▶ Được quyết định từ quá trình lấy mẫu
 - ▶ Độ phân giải càng cao \rightarrow ảnh càng đẹp, càng mịn, càng thể hiện rõ chi tiết.
- Có 3 cách biểu diễn độ phân giải không gian:
 - ▶ Số điểm ảnh theo chiều dọc và chiều ngang ảnh (ví dụ: 1024×1024)
 - ▶ Tổng số điểm ảnh biểu diễn một bức ảnh (ví dụ 1,024,000 pixel)
 - ▶ Số lượng điểm ảnh trên một đơn vị diện tích 1 inch ảnh (còn gọi là ppi - pixel per inch) hoặc số lượng chấm biểu diễn trên một đơn vị diện tích 1 inch (còn gọi là dpi - dot per inch)

BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Độ phân giải không gian (2-1)



BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Độ phân giải không gian (2-2)



(a) 1024



(b) 512



(c) 256



(d) 128



(e) 64



(f) 32

BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Độ phân giải không gian (2-2)



(a) 1024



(b) 512



(c) 256



(d) 128



(e) 64



(f) 32

- \Rightarrow Phụ thuộc vào số lượng điểm ảnh và kích thước ảnh



BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Độ phân giải cường độ sáng (1)

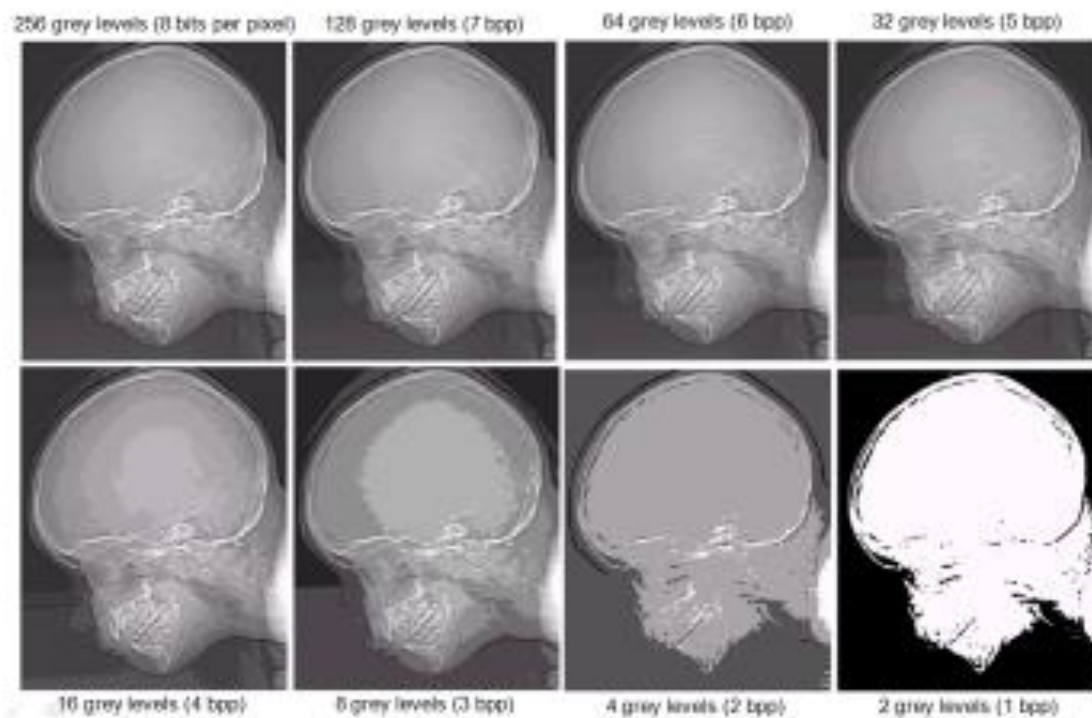
- Là số mức cường độ sáng (số mức xám) được sử dụng để hiển thị ảnh
 - ▶ Cho biết sự thay đổi mức cường độ sáng nhỏ nhất có thể phân biệt được.
 - ▶ Sử dụng càng nhiều mức, mức thay đổi có thể phân biệt được của các chi tiết trong ảnh càng mịn
- Quy về số bit sử dụng để biểu diễn mức cường độ sáng

Number of Bits	Number of Intensity Levels	Examples
1	2	0, 1
2	4	00, 01, 10, 11
4	16	0000, 0101, 1111
8	256	00110011, 01010101
16	65,536	1010101010101010



BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Độ phân giải cường độ sáng (2)



BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Thế nào là thích hợp? (1)

Độ phân giải bao nhiêu là đủ?

- Câu trả lời phụ thuộc vào những yếu tố có trong ảnh và điều mà chúng ta muốn làm với bức ảnh đó.
 - ▶ Bức ảnh có đạt được yếu tố thẩm mỹ không?
 - ▶ Những điều chúng ta muốn thấy từ bức ảnh có hay không?



- Nếu ứng dụng mục đích chỉ để đếm số lượng xe: Ảnh bên phải là đủ
- Nếu ứng dụng mục đích để tự động đọc biển số xe: Ảnh bên phải quá tồi (không đủ)

BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Thể nào là thích hợp? (2)

- Việc thay đổi kích thước (độ phân giải không gian) và số bit biểu diễn (độ phân giải cường độ sáng) đồng thời có ảnh hưởng như thế nào đến chất lượng cảm nhận ảnh?



Low Detail



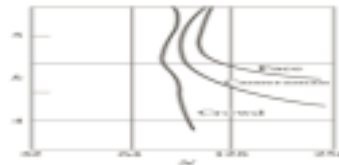
Medium Detail



High Detail

BIỂU DIỄN ẢNH

Độ phân giải ảnh: Thể nào là thích hợp? (3)



- N : kích thước ảnh (số điểm ảnh, độ phân giải không gian); k : số bit biểu diễn (độ phân giải cường độ sáng)

Đường cong isopreference:

- Các điểm trên cùng một đường biểu diễn mức độ cảm nhận chủ quan về chất lượng ảnh là như nhau
- Các đường cong isopreference có xu thế dịch phải và lên trên: \equiv xu thế tăng độ phân giải không gian (sang phải) và tăng độ phân giải mức cường độ sáng (lên trên)
- Các đường cong isopreference có xu thế dốc đứng khi ảnh có độ chi tiết lớn (ảnh đám đông)
 - ▶ \Rightarrow Với các ảnh có nhiều chi tiết, chỉ cần số lượng mức cường độ xám ít

BIỂU DIỄN ẢNH

Một số định dạng file ảnh cơ bản

- ≥ 50 định dạng
 - ▶ Mô hình Raster:
 - ★ .IMG, .PCX, .TIFF, .BMP,
 - ▶ Mô hình Vector:
 - ★ .CGM, .SVG, .AI, .CDR,
 - ▶ Mô hình hỗn hợp:
 - ★ .EPS, .PS, .PDF, .SWF,



NỘI DUNG

- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ Biểu diễn ảnh
- ❑ **Mô hình màu**
- ❑ Kỹ thuật in ảnh
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

MÔ HÌNH MÀU

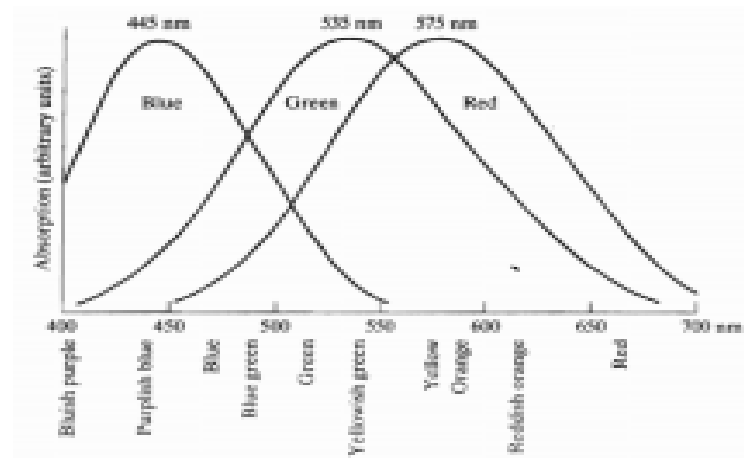
Ảnh đen trắng, Ảnh màu

- Ảnh đen trắng:
 - ▶ Mỗi điểm ảnh là một giá trị chứa thông tin về cường độ sáng.
 - ▶ \equiv Mỗi điểm ảnh biểu diễn bởi 1 mẫu (sample)
 - ★ Giá trị chỉ gồm 2 mức (Đen, Trắng) \Rightarrow Ảnh nhị phân
 - ★ Giá trị gồm $N > 2$ mức \Rightarrow Ảnh đa mức xám
- Mỗi điểm ảnh được biểu diễn bởi một vector (cấu trúc) gồm 3 thành phần (trường) chứa thông tin về 3 màu cơ bản Đỏ (R), Xanh lá cây (G), Xanh da trời (B)
- \equiv Mỗi điểm ảnh biểu diễn bởi 3 mẫu, mỗi mẫu ứng với một màu cơ bản.
 - ▶ Màu của điểm ảnh được xác định là tổng hợp của 3 màu thành phần biểu diễn điểm ảnh đó.

MÔ HÌNH MÀU

Màu sắc

- Màu là một mô tả powerful cho ảnh; Con người có thể phân biệt được hàng nghìn sắc thái màu và mức cường độ sáng, tuy nhiên chỉ có thể phân biệt được cỡ vài chục sắc thái xám.
- Màu được cảm nhận thông qua tế bào hình nón.
 - ▶ ~ 65% nhạy cảm với ánh sáng đỏ; ~ 33% nhạy cảm với ánh sáng xanh lá cây; ~ 2% nhạy cảm với ánh sáng xanh da trời.
 - ▶ ⇒ Màu đỏ (R), màu xanh lá cây (G), và màu xanh da trời (B): các màu cơ bản (của ánh sáng)



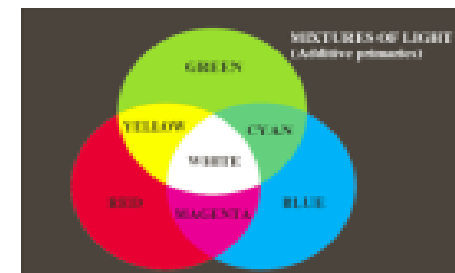
MÔ HÌNH MÀU

Màu sắc: Phối màu cộng

Phối màu cộng là việc tạo nên các màu sắc ánh sáng bằng cách chồng (hay còn gọi là "cộng") các ánh sáng màu khác nhau.

- Màu được tạo ra được gọi là màu cộng (hay màu có tính cộng, additive color)
- Các màu cơ bản (còn gọi là màu gốc): Đỏ (R), Xanh lá cây (G), và Xanh da trời (B)
- Các màu thứ cấp: Tím (M, Hồng thắm), Lục Lam (C, Xanh nhạt), và Vàng (Y)

- Các màu cơ bản có thể được "phối màu cộng" để tạo ra các màu phụ.
- Kết hợp các màu cộng \Rightarrow Màu sáng hơn (gần với màu trắng hơn)

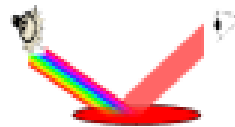


- Phối hợp 3 màu cơ bản hoặc phối hợp một màu thứ cấp với màu sơ cấp đối ngược nó với các cường độ sáng thích hợp \Rightarrow ánh sáng trắng.
- Phối hợp 3 màu cơ bản với các cường độ sáng thay đổi \Rightarrow Hầu hết các màu.

MÔ HÌNH MÀU

Màu sắc: Phối màu trừ

- **Màu cơ bản của ánh sáng \neq màu cơ bản của chất màu/sắc tố**
 - ▶ Màu cơ bản của chất màu \equiv màu là kết quả của một màu cơ bản của ánh sáng bị trừ đi (bị hấp thụ) và phản xạ hay truyền hai màu cơ bản còn lại của ánh sáng.



Phối màu trừ là việc tạo nên màu sắc do việc ánh sáng phản xạ tại bề mặt hoặc được lọc qua.

- Màu được tạo ra được gọi là màu trừ (hay màu có tính trừ, subtractive color)
- \Rightarrow Màu cơ bản của chất màu: Tím (M, Hồng thắm), Lục lam (C, Xanh nhạt), và Vàng (Y)
- \Rightarrow Màu thứ cấp của chất màu: Đỏ (R), Xanh lá cây (G), và Xanh da trời (B)
- Kết hợp các màu trừ \Rightarrow Màu tối hơn (gần với màu đen hơn)
- Phối hợp 3 màu cơ bản hoặc phối



MÔ HÌNH MÀU

Màu sắc: So sánh phối màu cộng và phối màu trừ

Phối màu cộng:

- Phối hợp màu của ánh sáng (nguồn sáng): chồng các ánh sáng màu \Rightarrow cộng phổ
- Bắt đầu bằng màu đen (nền đen, không có ánh sáng)
- Tạo hầu hết các màu hiển thị
 - ▶ Màn hình CRT (Máy tính, TV), LCDs

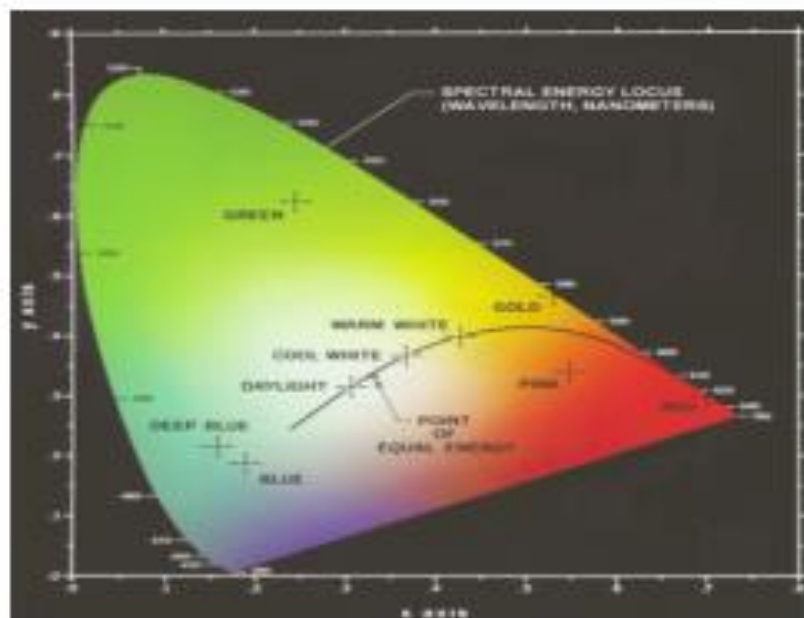
Phối màu trừ:

- Điều khiển màu phản xạ đến mắt: chồng các lọc màu \Rightarrow nhân phổ
- Bắt đầu bằng màu trắng (ánh sáng trắng, không có chất màu)
- Tạo hầu hết các màu in ấn
 - ▶ Máy in màu, hội họa

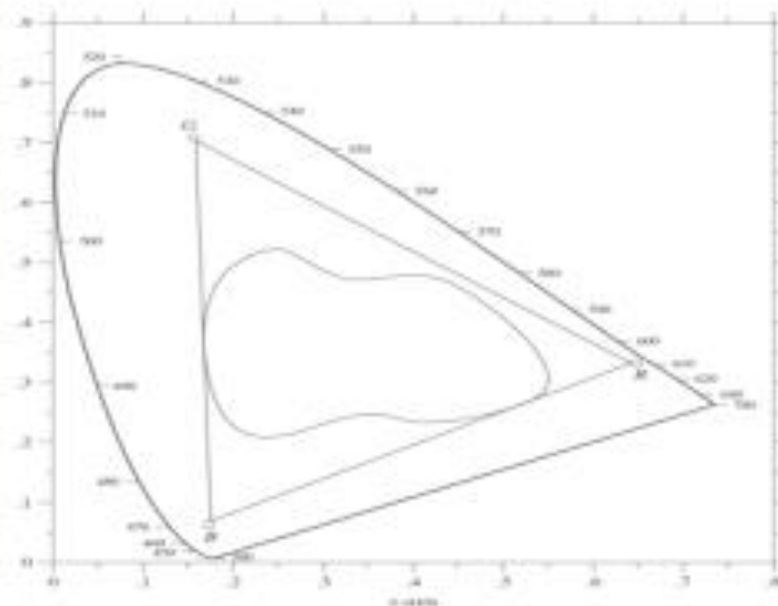


MÔ HÌNH MÀU

Màu sắc: Lược đồ màu, Gam màu



(a) Giảm đồ màu CIE



(b) Gam màu



MÔ HÌNH MÀU

Màu sắc: Đặc trưng của màu

- Các đặc trưng để phân biệt một màu với một màu khác: Độ sáng (Brightness), Sắc thái màu (Hue), và Độ bão hòa (Saturation)
 - ▶ Độ sáng biểu hiện cường độ sáng (Intensity, độ chói)
 - ▶ Sắc thái màu là thuộc tính được quyết định bởi thành phần phổ chủ yếu trong ánh sáng màu mà mắt ta cảm nhận.
 - ▶ Độ bão hòa là tính đơn sắc (pure) của sắc thái màu.
 - ★ Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có độ bão hòa cao nhất
 - ★ Độ bão hòa của ánh sáng màu tỷ lệ nghịch với lượng ánh sáng trắng được thêm vào ánh sáng màu đang quan sát
 - ▶ Sắc thái màu + Độ bão hòa: Màu (chromaticity)
- Lượng màu R, G, B cần để tạo một màu xác định: bộ ba kích thích (tristimulus), (R_x, G_y, B_z)
- \Rightarrow Màu được xác định bởi bộ ba hệ số màu (R, G, B) :
 $R = R_x / (R_x + G_y + B_z)$, $G = G_y / (R_x + G_y + B_z)$, $B = B_z / (R_x + G_y + B_z)$
 - ▶ $R + G + B = 1$

MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu

- Mục đích của mô hình màu (còn được gọi là không gian màu hay hệ thống màu) là nhằm tạo thuận tiện cho việc chỉ rõ các màu theo một cách tiêu chuẩn và được chấp nhận rộng rãi.
- Một mô hình màu là một sự định rõ của một hệ tọa độ hoặc một không gian con trong đó mỗi màu được biểu diễn bởi một điểm.
 - ▶ Mô hình màu cho phép biểu diễn một phần các màu nhìn thấy được bằng các quy ước

Mô hình hướng tới phần cứng (hardware-oriented):

- RGB: sử dụng với màn hình màu CRT
- CMY(K): sử dụng trong in ấn
- YIQ: sử dụng trong hệ thống phát hình màu
- ...

Mô hình hướng tới người sử dụng (user-oriented):

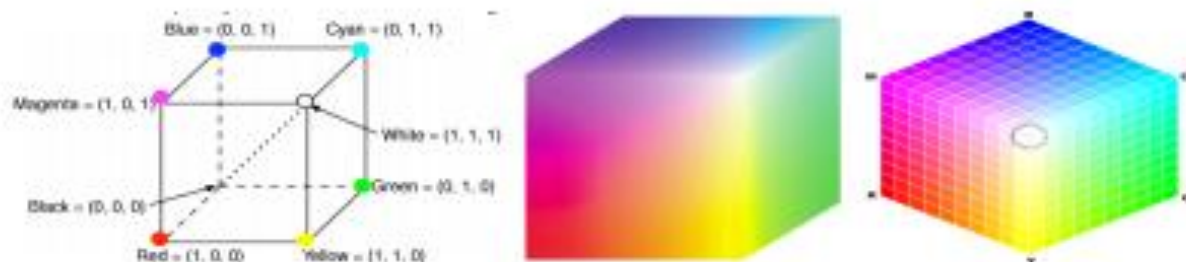
- HSV (\equiv HSB)
- HSL
- HSI
- ...



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: RGB

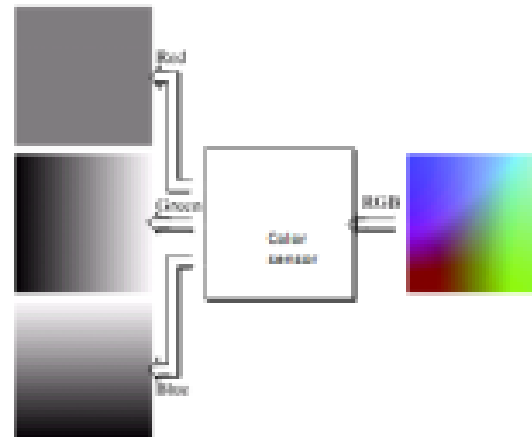
- Dựa trên lý thuyết 3 màu của Young-Helmholtz (đầu thế kỷ 19)
- Là một mô hình màu cộng (dựa trên phương pháp phối màu cộng)



- Dựa trên một hệ tọa độ vuông góc: Màu cơ bản của ánh sáng (R,G,B) nằm trên 3 trục cơ sở, màu thứ cấp (C,M,K) nằm trên các góc; màu đen tại gốc (0,0,0); màu trắng tại đỉnh xa nhất (1,1,1)
- Mức xám thay đổi từ gốc (màu đen) → đỉnh xa nhất (màu trắng) theo đường chéo
- Các màu khác là các điểm nằm trên hoặc trong hình lập phương

MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: RGB - Thu nhận ảnh màu



(a) R



(b) G



(c) B

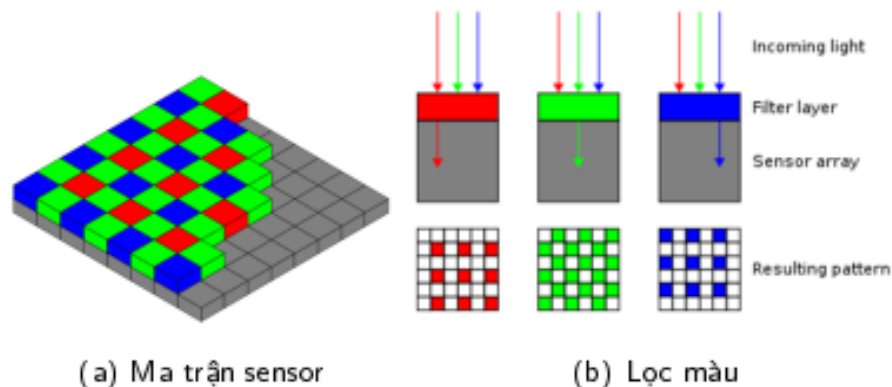


(d) RGB

MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: RGB - Thu nhận ảnh màu: Lọc Bayer

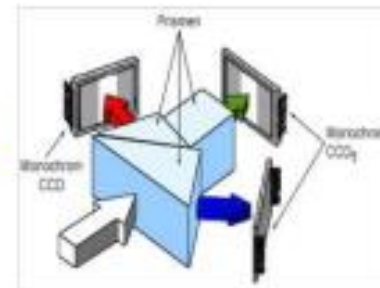
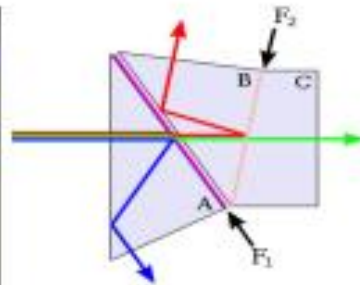
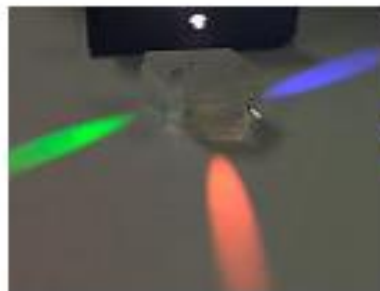
- Sử dụng nhiều trong các máy ảnh
- Mỗi cảm biến sử dụng một lớp lọc Bayer đơn sắc \Rightarrow Mỗi cảm biến chỉ cảm nhận được cường độ sáng của một loại màu
- \Rightarrow Tại mỗi điểm ảnh chỉ có thông tin về một màu.
- Thông tin đầy đủ về màu được khôi phục bằng một số thuật toán nội suy \Rightarrow Dễ sai số, nhiễu



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: RGB - Thu nhận ảnh màu: Three-CCD

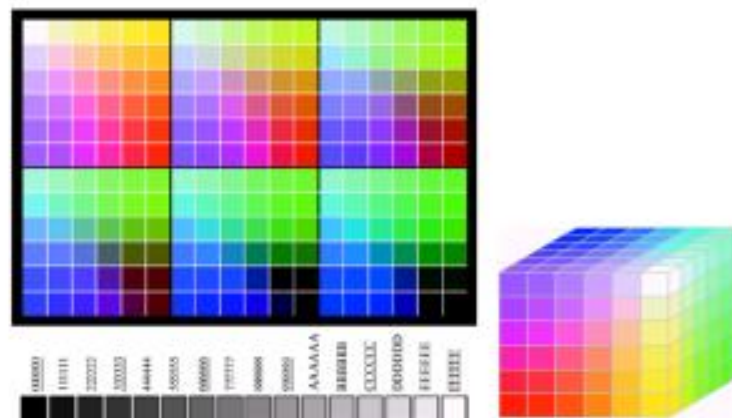
- Sử dụng nhiều trong các máy quay chuyên nghiệp
- Một lăng kính 3 màu (trichroic) kết hợp với 3 cảm biến CCD \Rightarrow Cảm nhận được đồng thời 3 màu
- \Rightarrow Tại mỗi điểm ảnh có đầy đủ thông tin về ba màu cơ bản \Rightarrow Nét hơn, giảm nhiễu



MÔ HÌNH MÀU

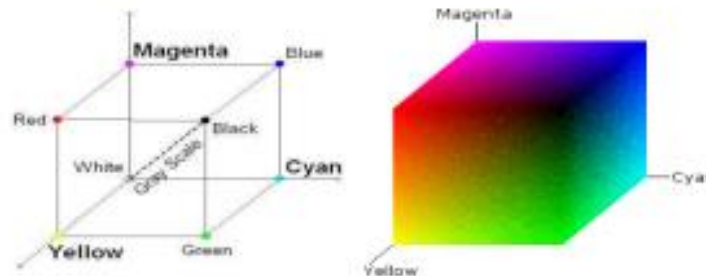
Mô hình màu: RGB - Tập màu an toàn

- Tập con của các mẫu mà có thể tái tạo một cách trung thực, độc lập với khả năng hiển thị của phần cứng mà người sử dụng dùng.
 - ▶ Với ứng dụng Internet: Tập các màu an toàn cho Web hay trình duyệt
- Có khoảng 216 màu, mỗi màu là một bộ (R_x, G_y, B_z) trong đó mỗi thành phần chỉ có thể lấy các giá trị 0, 51, 102, 153, 204 hoặc 255 (Hệ Hexa: 00, 33, 66, 99, CC, FF).



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: CMY (CMYK) (1)



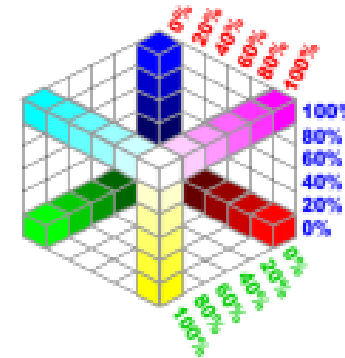
- Cũng dựa trên một hệ tọa độ vuông góc: Màu cơ bản của chất màu (C,M,Y) nằm trên 3 trục cơ sở, màu thứ cấp (R,G,B) nằm trên các góc; màu trắng tại gốc $(0,0,0)$; màu đen tại đỉnh xa nhất $(1,1,1)$
- Mức xám thay đổi từ gốc (màu trắng) \rightarrow đỉnh xa nhất (màu đen) theo đường chéo
- Các màu khác là các điểm nằm trên hoặc trong hình lập phương
- Là mô hình màu trừ (dựa trên phương pháp phối màu trừ)
- Sử dụng chủ yếu trong in ấn



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: CMY (CMYK) (2)

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



- Phối hợp ba chất màu cơ bản với tỷ lệ hợp lý \Rightarrow Màu đen
 - ▶ Thực tế khi in ấn cho ta kết quả là màu đen bùn (không thực sự đen)
 - ▶ \Rightarrow Thêm một chất màu đen (K) \Rightarrow Mô hình CMYK



MÔ HÌNH MÀU

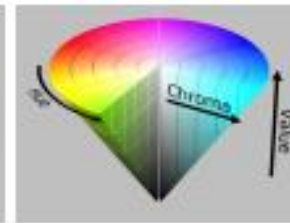
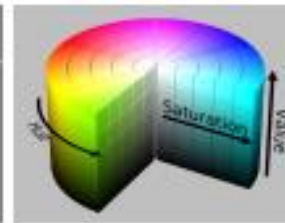
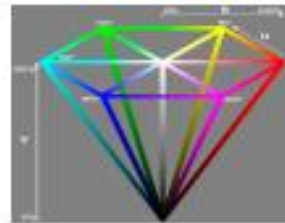
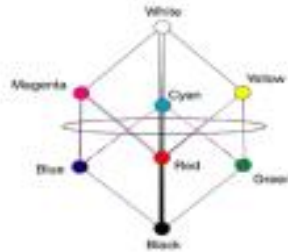
Mô hình màu: CMY (CMYK) (3)



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: HSV (1)

- Do Alvi Ray Smith mô tả năm 1978
- $H \equiv$ Hue (Sắc thái màu); $S \equiv$ Saturation (Độ bão hòa của màu); $V \equiv$ Value (Độ sáng)
- \equiv HSB ($B \equiv$ Brightness)

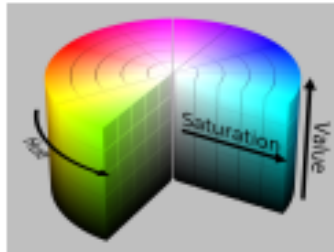


- $H \equiv$ góc quay quanh trục; $S \equiv$ khoảng cách so với trục; $V \equiv$ chiều cao
- Trục \equiv Màu trung tính (không màu, đường mức xám)

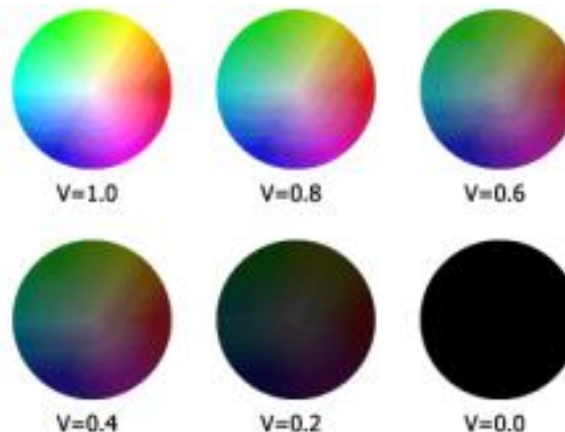


MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: HSV (2)



- (H): 0° (R); các màu gốc hoặc màu thứ cấp cách nhau 120° ; các màu bù nằm đối xứng tâm
- (S): 0 (tại tâm), 1 (tại biên); $S \equiv$ Chroma (mô hình nón ngược)
- (V): 0 (đỉnh nón, màu đen), 1 (đáy nón, độ sáng tối đa)



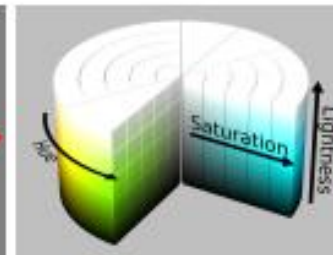
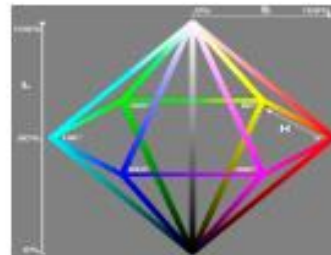
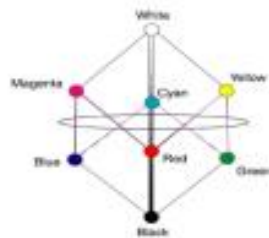
- Màu đơn sắc là biên đường tròn tại $V = 1$



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: HSL (1)

- H \equiv Hue (Sắc thái màu); S \equiv Saturation (Độ bão hòa của màu); L \equiv Lightness (Độ sáng)

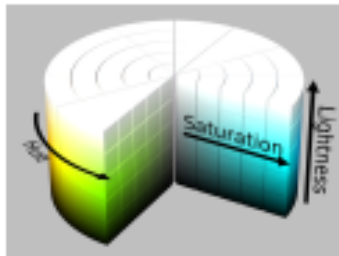


- H \equiv góc quay quanh trục; S \equiv khoảng cách so với trục; L \equiv chiều cao
- Trục \equiv Màu trung tính (không màu, đường mức xám)

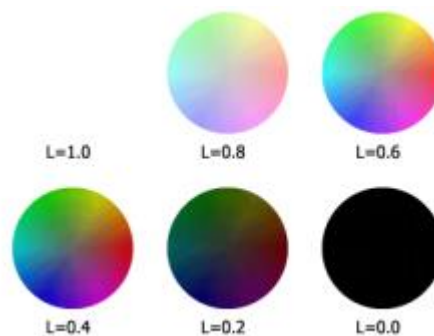


MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: HSL (2)



- (H): 0° (R); các màu gốc hoặc màu thứ cấp cách nhau 120° ; các màu bù nằm đối xứng tâm
- (S): 0 (tại tâm), 1 (tại biên); $S \equiv$ Chroma (mô hình nón kép)
- (V): 0 (đỉnh dưới, màu đen), 1 (đỉnh trên, màu sáng trắng)

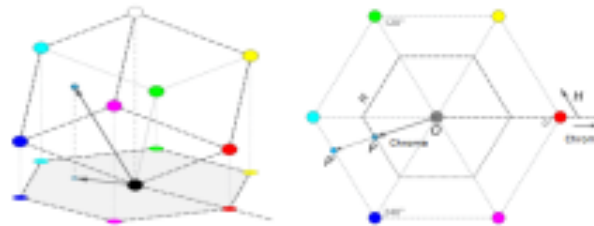


- Màu đơn sắc là biên đường tròn tại $L = 1/2$



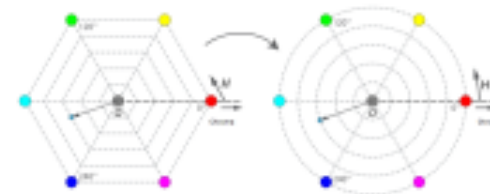
MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: Chuyển đổi RGB \rightarrow HSV



- $\hat{M} \triangleq \max(R, G, B)$, $\hat{m} \triangleq \min(R, G, B) \Rightarrow Chroma = \hat{M} - \hat{m}$

$$H' = \begin{cases} NaN & \text{nếu } Chroma = 0 \\ \frac{G-B}{Chroma} \bmod 6 & \text{nếu } \hat{M} = R \\ \frac{B-R}{Chroma} + 2 & \text{nếu } \hat{M} = G \\ \frac{R-G}{Chroma} + 4 & \text{nếu } \hat{M} = B \end{cases}$$



- $H = 60^\circ \times H'$

- $V = \hat{M} = \max(R, G, B)$; Nếu $V = 0$ thì $S = 0$, còn không $S = \frac{Chroma}{V}$

8.000g



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: Chuyển đổi RGB \leftarrow HSV

Cho $H \in [0^\circ, 360^\circ)$, $S \in [0, 1]$ và $V \in [0, 1] \Rightarrow (R, G, B)$

Điểm trung gian (R_1, G_1, B_1) :

- $Chroma = V \times S$
 - $H' = H/60^\circ$
 - $\hat{m} = V - Chroma$
 - Tính biến trung gian:
 $X = Chroma \times (1 - |(H' \bmod 2) - 1|)$
- $$(R_1, G_1, B_1) = \begin{cases} (0, 0, 0) & \text{nếu } H' = NaN \\ (Chroma, X, 0) & \text{nếu } 0 \leq H' < 1 \\ (X, Chroma, 0) & \text{nếu } 1 \leq H' < 2 \\ (0, Chroma, X) & \text{nếu } 2 \leq H' < 3 \\ (0, X, Chroma) & \text{nếu } 3 \leq H' < 4 \\ (X, 0, Chroma) & \text{nếu } 4 \leq H' < 5 \\ (Chroma, 0, X) & \text{nếu } 5 \leq H' < 6 \end{cases}$$
- $(R, G, B) = (R_1 + m, G_1 + m, B_1 + m)$



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: Chuyển đổi RGB \rightarrow HSL

- $\hat{M} \triangleq \max(R, G, B)$, $\hat{m} \triangleq \min(R, G, B) \Rightarrow Chroma = \hat{M} - \hat{m}$

$$H' = \begin{cases} NaN & \text{nếu } Chroma = 0 \\ \frac{G-B}{Chroma} \bmod 6 & \text{nếu } \hat{M} = R \\ \frac{B-R}{Chroma} + 2 & \text{nếu } \hat{M} = G \\ \frac{R-G}{Chroma} + 4 & \text{nếu } \hat{M} = B \end{cases}$$

- $H = 60^\circ \times H'$
- $L = (\hat{M} + \hat{m})/2 = 0.5 \times \max(R, G, B) + 0.5 \times \min(R, G, B)$
- Nếu $L \in \{0, 1\}$ thì $S = 0$, nếu không $S = \frac{Chroma}{1 - |2L - 1|}$



MÔ HÌNH MÀU

Mô hình màu: Chuyển đổi RGB \leftarrow HSL

Cho $H \in [0^\circ, 360^\circ)$, $S \in [0, 1)$ và $L \in [0, 1] \Rightarrow (R, G, B)$

Điểm trung gian (R_1, G_1, B_1) :

- $Chroma = (1 - |2L - 1|) \times S$
 - $H' = H/60^\circ$
 - $\hat{m} = L - \frac{1}{2} Chroma$
 - Tính biến trung gian:
 $X = Chroma \times (1 - |(H' \bmod 2) - 1|)$
- $$(R_1, G_1, B_1) = \begin{cases} (0, 0, 0) & \text{nếu } H' = NaN \\ (Chroma, X, 0) & \text{nếu } 0 \leq H' < 1 \\ (X, Chroma, 0) & \text{nếu } 1 \leq H' < 2 \\ (0, Chroma, X) & \text{nếu } 2 \leq H' < 3 \\ (0, X, Chroma) & \text{nếu } 3 \leq H' < 4 \\ (X, 0, Chroma) & \text{nếu } 4 \leq H' < 5 \\ (Chroma, 0, X) & \text{nếu } 5 \leq H' < 6 \end{cases}$$
- $(R, G, B) = (R_1 + m, G_1 + m, B_1 + m)$



NỘI DUNG

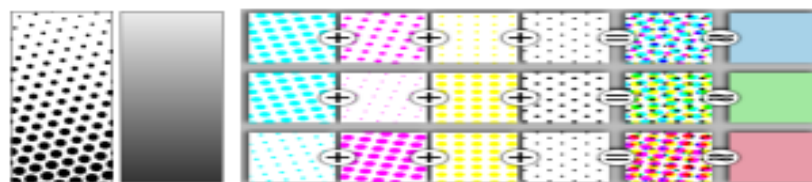
- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ Biểu diễn ảnh
- ❑ Mô hình màu
- ❑ **Kỹ thuật in ảnh**
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Tổng quan

Kỹ thuật nửa cường độ (Halftone) là kỹ thuật tái tạo ảnh (reprographic) mô phỏng ảnh thực bằng việc sử dụng các điểm.

- Thay đổi kích thước, hoặc/và khoảng cách các điểm sẽ tạo hiệu ứng thay đổi gradient.
- Với hiện tượng ảo giác quang học \Rightarrow Con người quan sát được ảnh liên tục
- Sử dụng trong công nghiệp in ấn (sách, báo, tạp chí, ...)
- Sử dụng trong công nghiệp in ấn (sách, báo, tạp chí, ...)



(a) Gray scale

(b) CMYK

- Các kỹ thuật nửa cường độ kỹ thuật số (Digital Halftoning): Phân ngưỡng (Thresholding), Chọn mẫu (Patterning), Dithering, Khuếch tán lỗi (Error

KHOA KỸ THUẬT
ĐẠI HỌC
TÂY BẮC
JULY 2014



KỸ THUẬT IN ẢNH

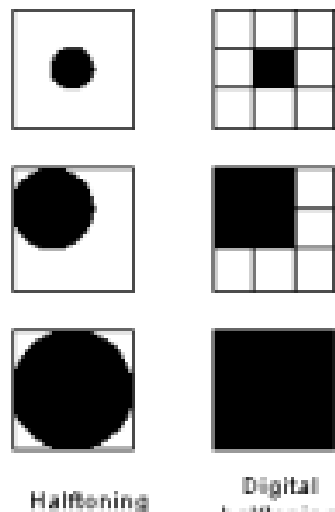
- Độ phân giải trong kỹ thuật in ảnh nửa cường độ (Halftone): lpi (line per in)
 - số dòng điểm trên 1 inch
 - ▶ Báo thường (85lpi), Tạp chí (135 ÷ 150lpi), Máy in laser (65 ÷ 105lpi)
- Độ phân giải ảnh gốc càng cao, ảnh in nửa cường độ càng có khả năng tái tạo chi tiết rõ ràng.
 - ▶ Độ phân giải ảnh gốc $\geq 1.5 \times$ Độ phân giải ảnh in nửa cường độ



KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Hình dạng điểm

- Hình dạng điểm phụ thuộc vào phương pháp in và đặc tính ảnh
 - ▶ Điểm hình tròn: phổ biến nhất, phù hợp với các ảnh có độ sáng (chẳng hạn màu da), phù hợp $\sim 70\%$
 - ▶ Điểm hình ê-líp: thích hợp cho ảnh có nhiều đối tượng, phù hợp $\sim 40 \div 60\%$
 \Rightarrow có thể phá vỡ cấu trúc
 - ▶ Điểm hình vuông: phù hợp nhất cho ảnh có độ chi tiết cao, phù hợp $\sim 50\%$
 \Rightarrow đôi khi có thể phát hiện bằng mắt thường
 - ▶ ...
- Trong kỹ thuật nửa cường độ số (Digital Halftoning), các điểm trở thành các ô (cell): tô hoặc không tô
 - ▶ Các ô nhỏ (micro cell)



KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Kỹ thuật phân ngưỡng (Thresholding)

- Giá trị của các điểm ảnh được so sánh với ngưỡng để quyết định điểm ảnh đó có được hiển thị hay không
 - ▶ \Rightarrow Dễ mất độ chi tiết của ảnh gốc, mất đi độ liên tục của ảnh gốc

Ảnh hai màu:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1(255) & \text{nếu } f(x, y) > T(x, y) \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$

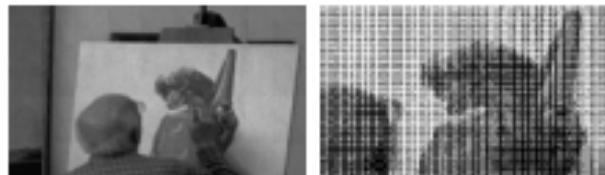
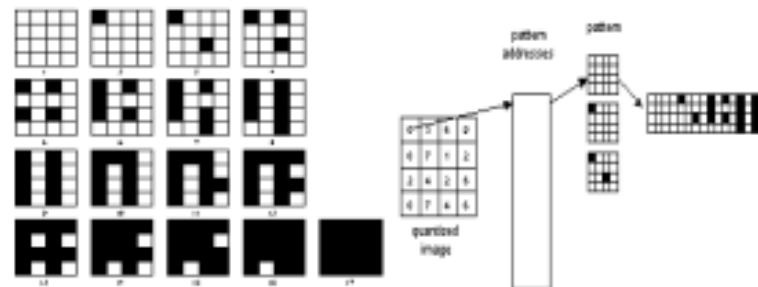
- Ngưỡng $T(x, y)$ (ví dụ $= 127$)



KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Kỹ thuật chọn mẫu (Patterning)

- Sử dụng nhóm phần tử (mẫu) để biểu diễn điểm ảnh tương ứng của ảnh nguồn.
- Khi độ phân giải không gian của thiết bị lớn hơn độ phân giải không gian của ảnh gốc
 - ▶ \Rightarrow Độ mịn của ảnh bị giảm đáng kể
- Đọc ảnh đa mức xám \rightarrow Lượng tử \rightarrow Thiết kế bảng các mẫu \rightarrow Ánh xạ điểm ảnh tới mẫu tương ứng.



KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Kỹ thuật Dithering

- \equiv Phân ngưỡng với ma trận ngưỡng là ma trận Dither
 - ▶ Độ phân giải không gian không đổi

12	51	14	31	16	50	60	70
30	65	23	100	13	99	79	83
77	65	199	203	202	200	85	99
66	56	45	11	15	46	89	91
87	81	54	24	98	56	80	19
41	96	31	30	18	16	9	0
78	40	51	61	45	53	87	15
64	53	41	43	61	13	71	115

Input

0 128 32 160	0 128 32 160
192 64 224 96	192 64 224 96
48 176 16 144	48 176 16 144
240 112 208 80	240 112 208 80

Tilted elliptic matrices

Output:



KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Kỹ thuật khuếch tán lỗi (Error Diffusion)

- Được phát triển bởi Richard Howland Ranger: sử dụng cho hệ thống gửi ảnh qua mạng điện thoại và điện báo
- Giảm thiểu mức độ mất chi tiết của ảnh gốc khi thực hiện tách ngưỡng bằng các khuếch tán sai số lượng tử ra các điểm ảnh xung quanh
 - ▶ Tổng giá trị điểm ảnh trong một vùng nhỏ được giữ tương đối gần với giá trị trên ảnh gốc
- Có xu thế làm tăng (già tăng) biên ảnh \Rightarrow Chữ trong ảnh dễ đọc hơn



- Khuếch tán lỗi: 1 chiều, 2 chiều, ...



KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Kỹ thuật khuếch tán lỗi (Error Diffusion) - Một chiều

- Lỗi chỉ phân tán sang điểm lân cận (chưa xử lý) trên cùng một dòng
 - ▶ Đơn giản; có thể xuất hiện các đường sọc không mong muốn

Khuếch tán lỗi 1 chiều

- Ảnh được duyệt từng hàng từ trên xuống, trên mỗi hàng theo từng điểm từ trái → phải
- Tại mỗi điểm ảnh, so sánh giá trị mức xám với mức ngưỡng T :
 - ▶ Nếu giá trị mức xám lớn hơn T thì điểm ảnh được thay bằng điểm ảnh màu trắng; ngược lại thì được thay bằng điểm ảnh màu đen.
- Sai số lượng tử (phần dư) tại điểm ảnh vừa thay thế được chuyển sang điểm tiếp theo trên cùng một dòng. Nếu là điểm cuối của dòng thì sai số đó được loại bỏ (Raster) hoặc chuyển xuống hàng tiếp (Serpentine scan)
- Lặp lại quá trình trên cho các hàng còn lại



KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Kỹ thuật khuếch tán lỗi (Error Diffusion) - Hai chiều

- Tương tự như khuếch tán lỗi một chiều, tuy nhiên lỗi được khuếch tán ra các điểm xung quanh (cả cùng dòng, và dòng kế tiếp) theo tỷ lệ xác định bởi ma trận khuếch tán
 - ▶ Khắc phục được hiện tượng xuất hiện các đường kẻ dọc không mong muốn trong khuếch tán lỗi một chiều

Một số ma trận khuếch tán lỗi điển hình

$\frac{1}{16} \times$	<table><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>																	$\frac{1}{48} \times$	<table><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>																																					$\frac{1}{42} \times$	<table><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>																																				
Floyd & Steinberg	Jarvis, Judice & Ninke	Stucki																																																																																											

KỸ THUẬT IN ẢNH

Digital Halftoning: Kỹ thuật khuếch tán lỗi (Error Diffusion) - Ảnh màu, nhiều mức xám

- Các kỹ thuật đã nêu hoàn toàn có thể áp dụng cho ảnh màu, ảnh ra đa mức xám
- Ảnh màu:
 - ▶ Các thuật toán có thể áp dụng cho từng kênh màu riêng biệt
 - ▶ Nên chuyển qua mô hình HSV hoặc HSL và làm việc trên các mô hình này
 - ★ ? Mắt người dễ dàng phát hiện sự khác biệt độ sáng (V,L,I) \Rightarrow Nên thực hiện khuếch tán lỗi dựa trên độ sáng (thay vì sắc thái màu, hay độ bão hòa)
 - ★ ! Để tăng chất lượng: cần xem xét sai số lượng tử trong quá trình chuyển màu
- Ảnh ra đa mức xám:
 - ▶ Sử dụng một dải ngưỡng (nhiều ngưỡng) thay vì sử dụng một.
 - ★ Giá trị được so sánh và lượng tử đến mức ngưỡng gần nhất.

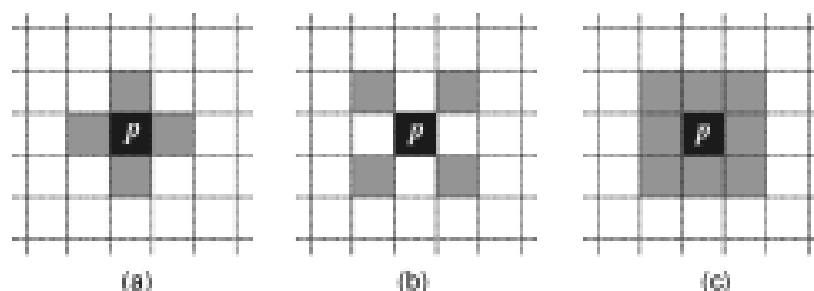


NỘI DUNG

- ❑ Ánh sáng và phổ sóng điện từ
- ❑ Hệ thống thị giác của con người
- ❑ Cảm biến và thu nhận ảnh
- ❑ Quá trình số hóa ảnh
- ❑ Biểu diễn ảnh
- ❑ Mô hình màu
- ❑ Kỹ thuật in ảnh
- ❑ Một số khái niệm cơ bản

MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ láng giềng



- $N_4(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng của p
 - ▶ $p(x, y): N_4(p) = \{(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$
- $N_D(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng theo đường chéo của p
 - ▶ $p(x, y): N_D(p) = \{(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y - 1), (x - 1, y + 1)\}$
- $N_8(p)$: tập gồm 8 (điểm ảnh) láng giềng của p
 - ▶ $p(x, y): N_8(p) = N_4(p) \text{ và } N_D(p)$

MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kề

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liên kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$

- Liên kề 4 (4-adjacency): $p, q(\in V)$ là liên kề 4 nếu $q \in N_4(p)$
- Liên kề 8 (8-adjacency): $p, q(\in V)$ là liên kề 8 nếu $q \in N_8(p)$
- Liên kề m (mixed adjacency): $p, q(\in V)$ là liên kề m nếu:
 - ▶ $q \in N_4(p)$ HOẶC
 - ▶ $q \in N_D(p)$ và $N_4(p) \cap N_4(q) \neq \emptyset$

- Liên kề m là một phiên bản sửa đổi của Liên kề 8: cho phép loại bỏ những không rõ ràng thường xảy ra trong Liên kề 8

TRẦN THẠO



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với $(1 \leq i \leq n)$
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường
 - ▶ Nếu $(x_0, y_0) \equiv (x_n, y_n)$: đường đóng
- S là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ $p, q \in S$ được kết nối trong S nếu tồn tại một đường giữa chúng chứa tất cả các điểm trong S
 - ▶ Với bất cứ điểm $p \in S$, tập các điểm được kết nối tới p trong S được gọi là thành phần kết nối của S
 - ★ Nếu S chỉ có duy nhất một thành phần kết nối $\Rightarrow S$ là tập kết nối

— 20 —



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Vùng

- R là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ R là một vùng của ảnh nếu R là một tập kết nối
- Hai vùng R_i và R_j :
 - ▶ là liên kết nếu $R_i \cup R_j$ tạo thành một tập kết nối
 - ★ Liên kết gắn với loại liên kết cụ thể (liên kết 4, liên kết 8)
 - ▶ không liên kết \equiv không giao nhau



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_v = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_v^c : phần bù của R_v
 - ★ Các điểm ảnh trong R_v : foreground; Các điểm ảnh trong R_v^c : background
- Ranh giới (đường biên, đường viền) của một vùng R là tập điểm liền kề với các điểm trong phần bù của R
 - ▶ Có ít nhất một láng giềng thuộc background
 - ▶ Cần chỉ rõ loại liền kề
 - ▶ Còn được gọi là biên trong (inner border)
 - ★ Biên ngoài (outer border): biên thuộc background
 - ▶ Nếu R là toàn bộ ảnh \Rightarrow Biên là tập các điểm ảnh ở hàng và cột đầu tiên và cuối cùng.



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Khoảng cách

Các điểm $p(x_1, y_1)$, $q(x_2, y_2)$ và $z(x_3, y_3)$, D là hàm khoảng cách hay độ đo nếu:

- $D(p, q) \geq 0$; $D(p, q) = 0$ nếu và chỉ nếu $p \equiv q$
- $D(p, q) = D(q, p)$, và
- $D(p, q) + D(q, z) \geq D(p, z)$

- Khoảng cách Euclidean: $D_e(p, q) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$
- Khoảng cách dãy (city-block distance): $D_4(p, q) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$
 - ▶ Các điểm q có $D_4(p, q) = 1$ thì $q \in N_4(p)$
- Khoảng cách bàn cờ (chessboard distance):
 $D_8(p, q) = \max(|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|)$
 - ▶ Các điểm q có $D_8(p, q) = 1$ thì $q \in N_8(p)$



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Phép toán trong Xử lý ảnh số: Phép toán mảng theo từng phần tử (element-wise)

- Đa số các phép toán với mảng trong Xử lý ảnh số là các phép toán thực hiện theo từng phần tử.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

- ▶ Ứng với phép toán '.' trong Matlab
- Do đó $f(x, y) + g(x, y)$, $f(x, y) - g(x, y)$, $f(x, y) \times g(x, y)$, $f(x, y) \div g(x, y)$ mặc định được coi là thực hiện theo từng phần tử
 - ▶ f và g : cùng kích thước $M \times N$



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Phép toán trong Xử lý ảnh số: Phép toán tập hợp

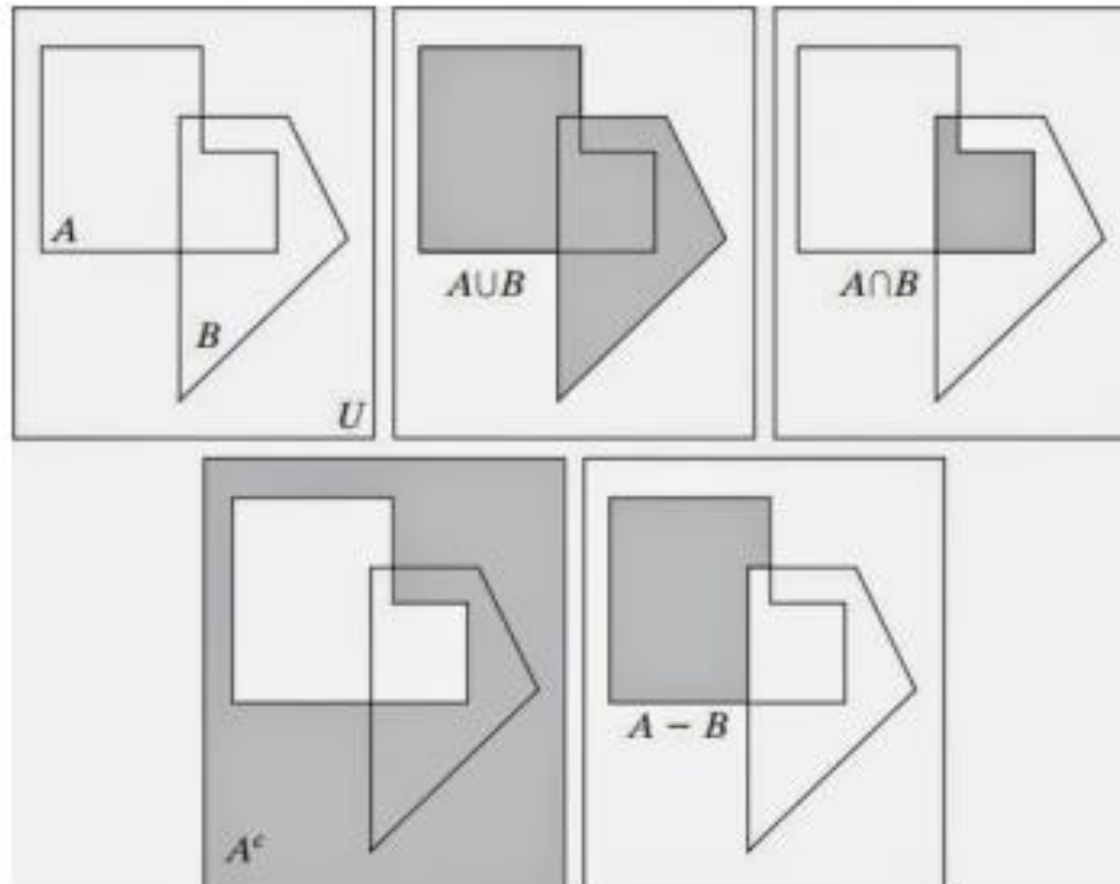
A, B là các tập gồm các cặp có thứ tự các số thực:

- $a = (a_1, a_2)$ là một phần tử thuộc A : $a \in A$; a không phải là một phần tử thuộc A : $a \notin A$
- $|A|$ là số phần tử của A ; nếu $|A| = 0 \Rightarrow A = \emptyset$ (rỗng)
- Có thể mô tả một tập bằng nội dung trong $\{ \}$
 - ▶ $C = \{w | w = -d, d \in D\}$
- $\forall a \in A$ cũng $\in B$ thì A là tập con của B : $A \subseteq B$
- Hợp của A và B là C : $C = A \cup B = \{w | w \in A \text{ hoặc } w \in B\}$
- Giao của A và B là C : $C = A \cap B = \{w | w \in A \text{ và } w \in B\}$
 - ▶ Nếu $A \cap B = \emptyset$: A và B không giao nhau (xung khắc)
- Tập bù của A : $A^c = \{w | w \notin A\}$
- Phần khác biệt của hai tập A và B : $A - B = \{w | w \in A, w \notin B\} = A \cap B^c$
 - ▶ $\Rightarrow A^c = U - A$



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

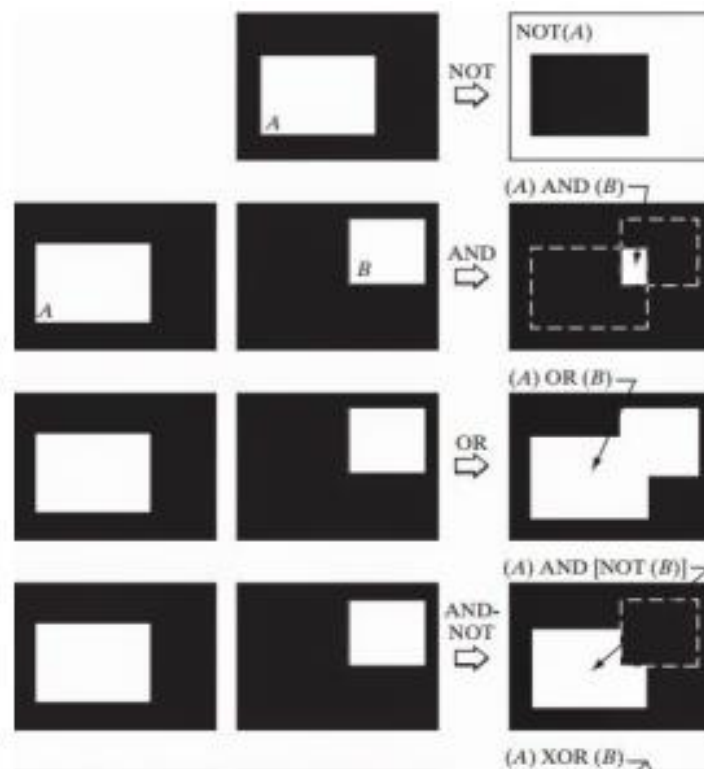
Phép toán trong Xử lý ảnh số: Phép toán tập hợp - Minh họa



MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Phép toán trong Xử lý ảnh số: Phép toán lô-gic

- Khi làm việc với các đối tượng/vùng trong ảnh (đặc biệt ảnh nhị phân) các phép toán tập hợp có thể xem như các phép toán lô-gic (OR, AND, NOT)



CÂU HỎI

