

Xử lý ảnh

Hoàng Văn Hiệp

Bộ môn Kỹ thuật máy tính

Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông

Email: hiephv@soict.hut.edu.vn

Nội dung

- ❑ Chương 1. Giới thiệu chung
- ❑ Chương 2. Thu nhận & số hóa ảnh
- ❑ Chương 3. Cải thiện & phục hồi ảnh
- ❑ Chương 4. Phát hiện tách biên, phân vùng ảnh
- ❑ Chương 5. Trích chọn các đặc trưng trong ảnh
- ❑ Chương 6. Nén ảnh
- ❑ Chương 7. Lập trình xử lý ảnh bằng Matlab và C

Chương 2. Thu nhận, số hóa ảnh

2.1. Hệ thống thị giác và sự cảm nhận ảnh

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

2.3. Số hóa ảnh

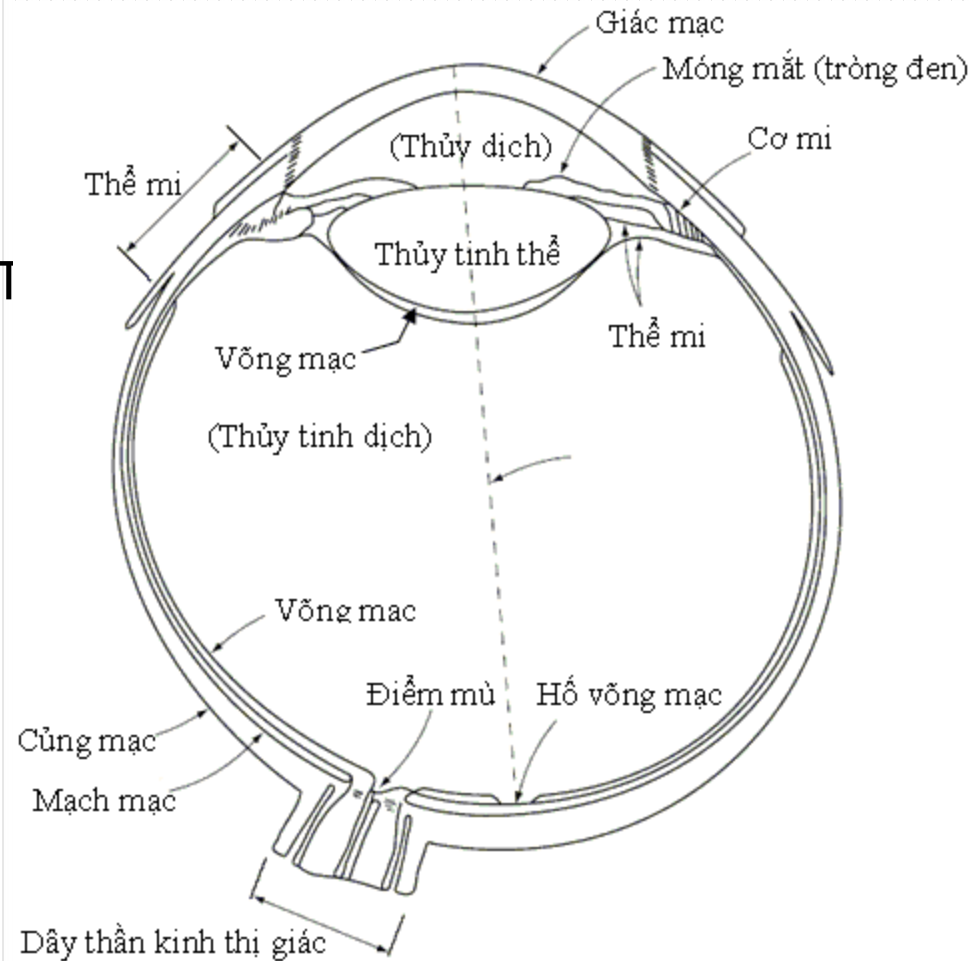
2.4. Biểu diễn ảnh số

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

2.1. Hệ thống thị giác và sự cảm nhận ảnh

□ Cấu tạo mắt người

- Giác mạc
- Thủy tinh thể
- Dịch kính (thủy tinh dịch)
- Võng mạc
 - Tế bào hình nón
 - Tế bào hình que
 - Điểm vàng
 - Điểm mù



Cấu tạo mắt người

□ Giác mạc:

- Mô có độ dai, trong suốt, phủ trước bề mặt của mắt.
- Nối tiếp với giác mạc là màng cứng bao phần còn lại của mắt

□ Võng mạc

- Các hình ảnh sẽ được phản chiếu lên võng mạc
- Có 2 loại tế bào cảm nhận trên võng mạc: tế bào hình nón và tế bào hình que

Cấu tạo mắt người (tiếp)

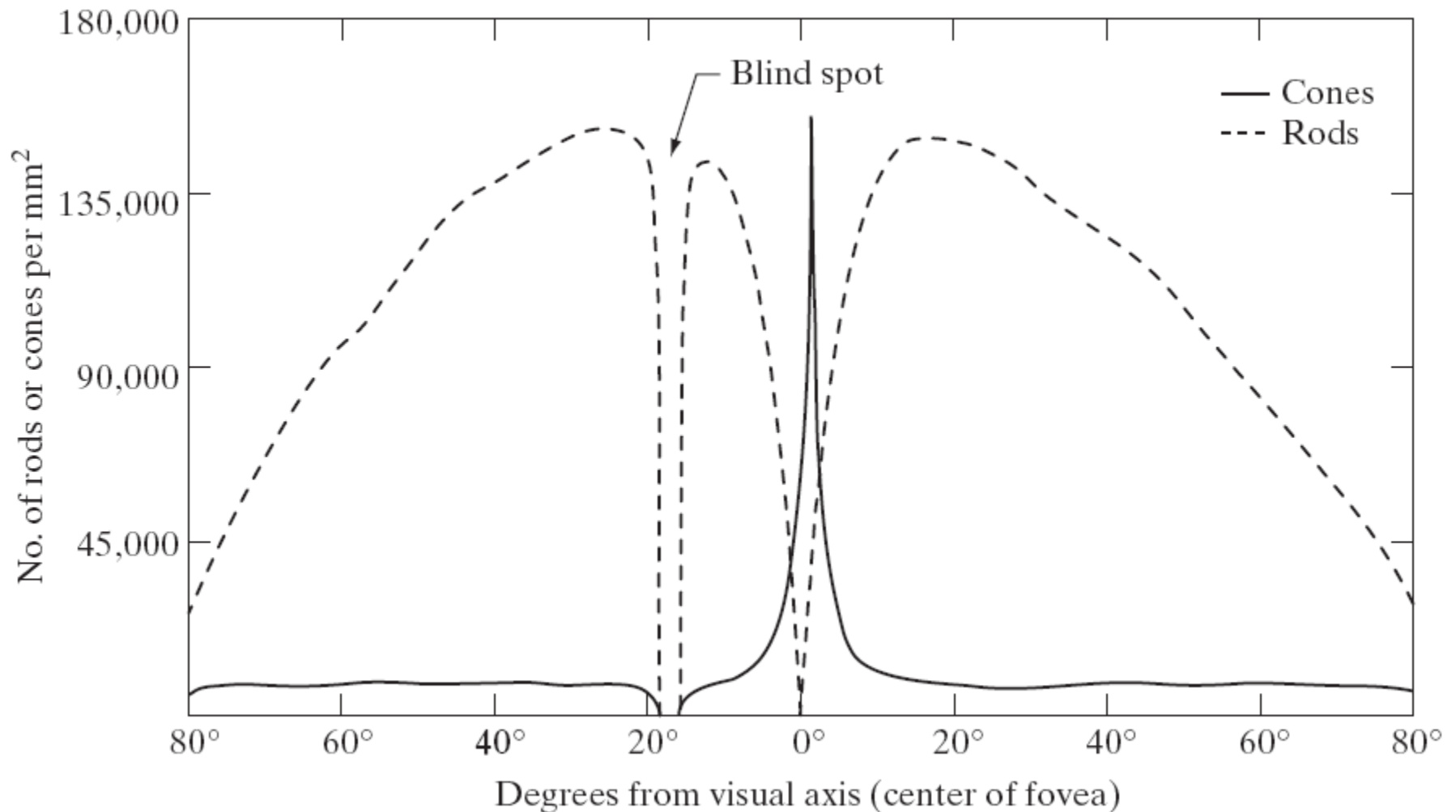
□ Tế bào hình nón

- Có 6-7 triệu tế bào tập trung chủ yếu ở tâm của võng mạc
- Rất nhạy với màu sắc
- Chúng được nối với nhau thông qua các dây thần kinh

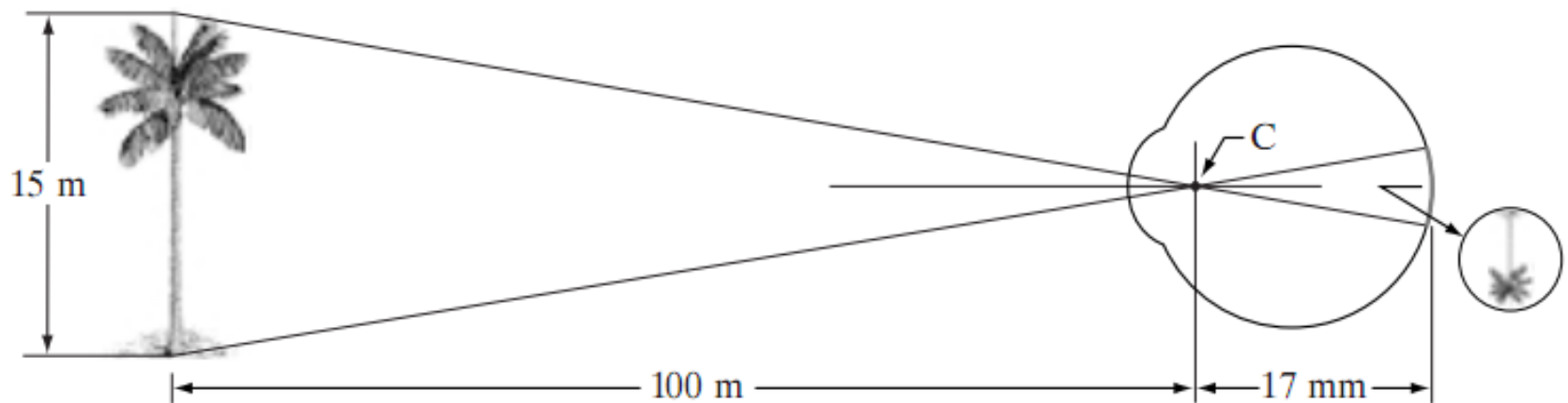
□ Tế bào hình que

- Có 75-150 triệu tế bào phân phối đều trên võng mạc
- Không nhạy với màu sắc và ánh sáng

Mật độ tế bào hình nón và hình que

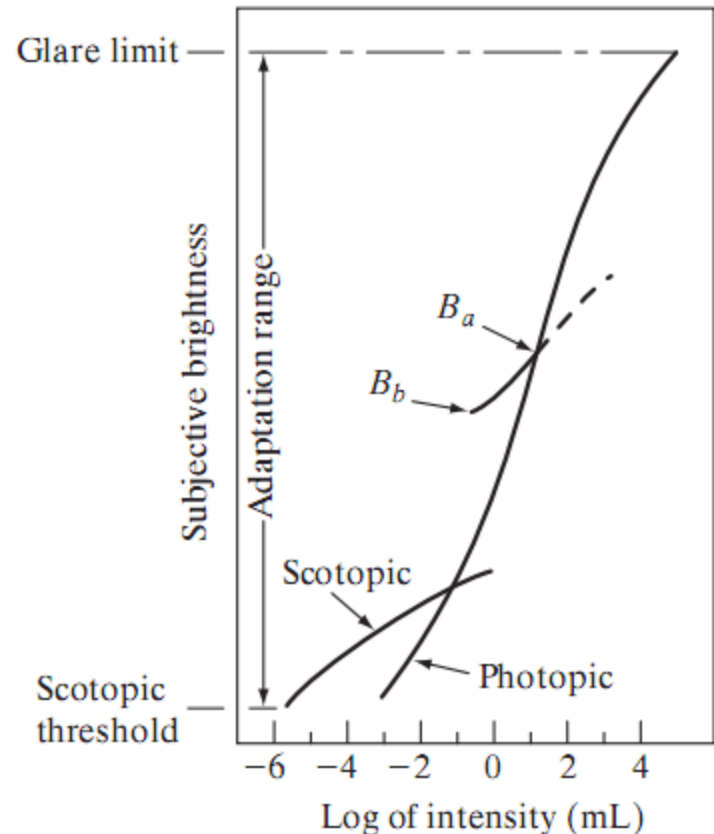


Sự tạo ảnh trong mắt



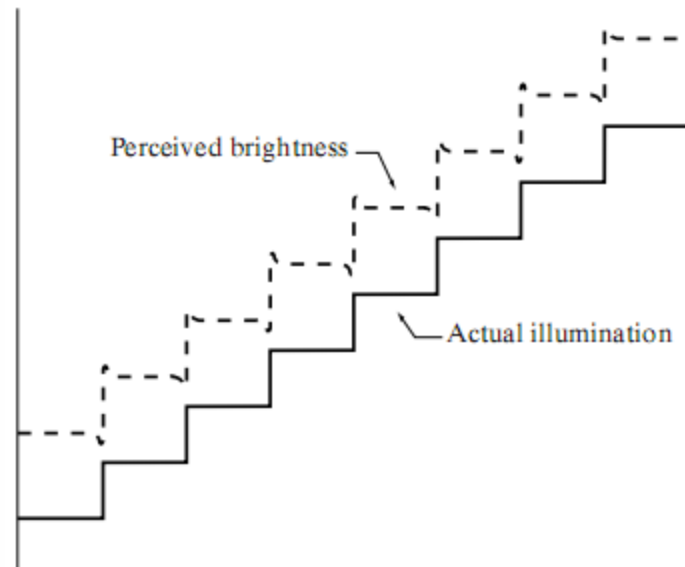
Sự cảm nhận và phân biệt độ sáng

- Cường độ sáng được cảm nhận bởi hệ thống thị giác là hàm logarit của cường độ sáng đi vào mắt



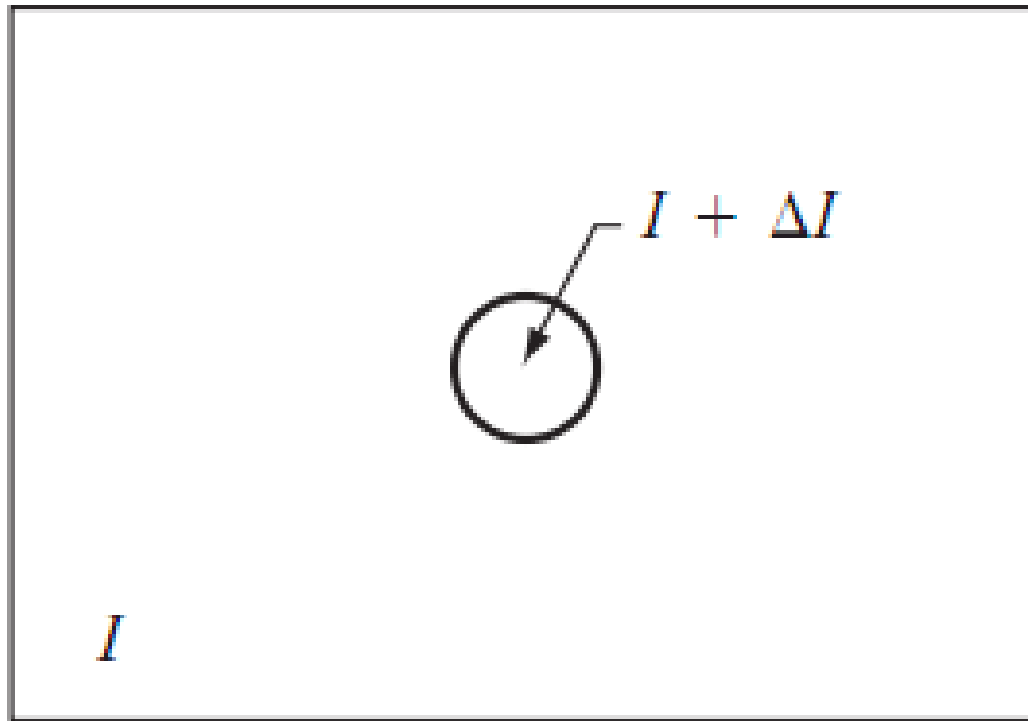
Sự cảm nhận và phân biệt độ sáng

- ❑ Ví dụ cho thấy cảm nhận độ sáng không phải hàm thông thường của cường độ sáng



Sự cảm nhận và phân biệt độ sáng

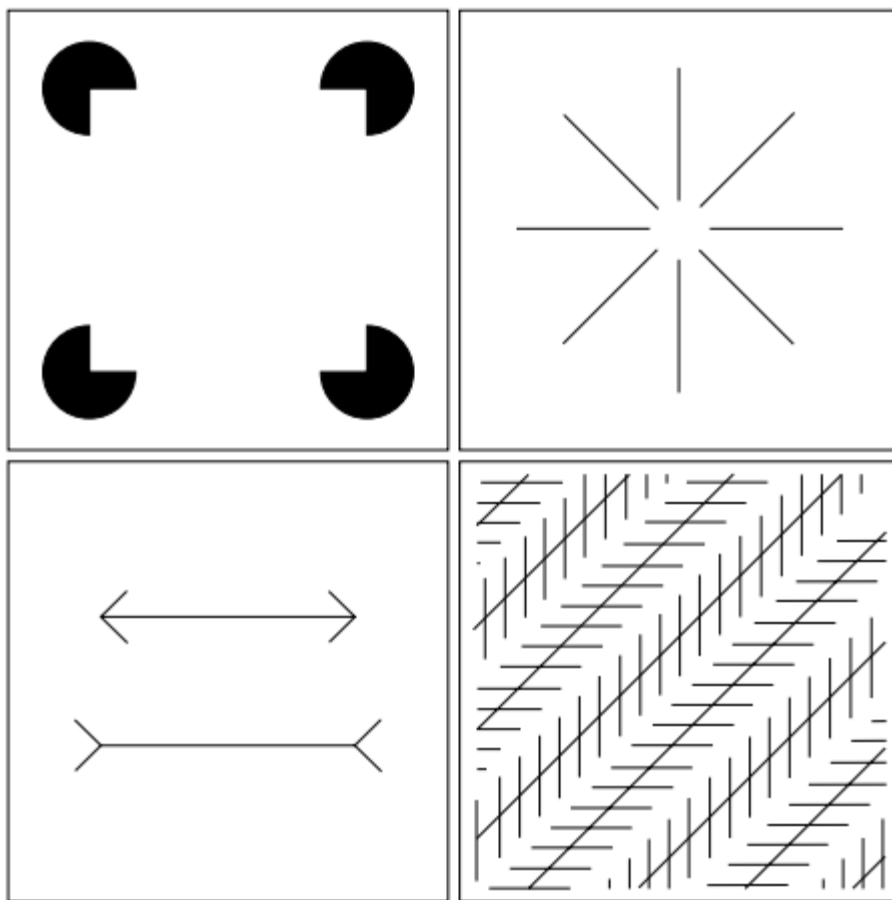
- Thí nghiệm phân biệt độ sáng khác nhau của mắt người



Một số hiệu ứng đặc biệt



Một số hiệu ứng đặc biệt



Chương 2. Thu nhận, số hóa ảnh

2.1. Hệ thống thị giác và sự cảm nhận ảnh

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

2.3. Số hóa ảnh

2.4. Biểu diễn ảnh số

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu

□ Các thuộc tính của ánh sáng

- Độ chói (Radiance - watt): Tổng năng lượng của chùm tia từ nguồn
- Độ rọi (Luminance – lumens, lm): Độ đo năng lượng ánh sáng thu nhận từ nguồn sáng

$$L(x, y) = \int_0^{\infty} I(x, y, \lambda) V(\lambda) d\lambda$$

- $I(x, y, \lambda)$: phân bố ánh sáng trong không gian
- $V(\lambda)$: Hàm hiệu suất cảm độ rọi tương đối của hệ thống thị giác
-

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu

□ Các thuộc tính của ánh sáng

- Độ sáng

- Thuộc tính chủ quan đặc trưng cho khả năng cảm nhận độ rọi

- Độ tương phản tức thời

- Hệ thống thị giác nhạy cảm với độ tương phản của độ rọi hơn là độ rọi tuyệt đối

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu

□ Màu sắc

- Cảm nhận màu sắc phụ thuộc vào phổ của ánh sáng
- Ánh sáng nhìn thấy có dải phổ rất hẹp
- Ánh sáng với tất cả các thành phần phổ nhìn thấy có năng lượng bằng nhau sẽ cho ánh sáng trắng

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu

□ Các thuộc tính mô tả màu sắc

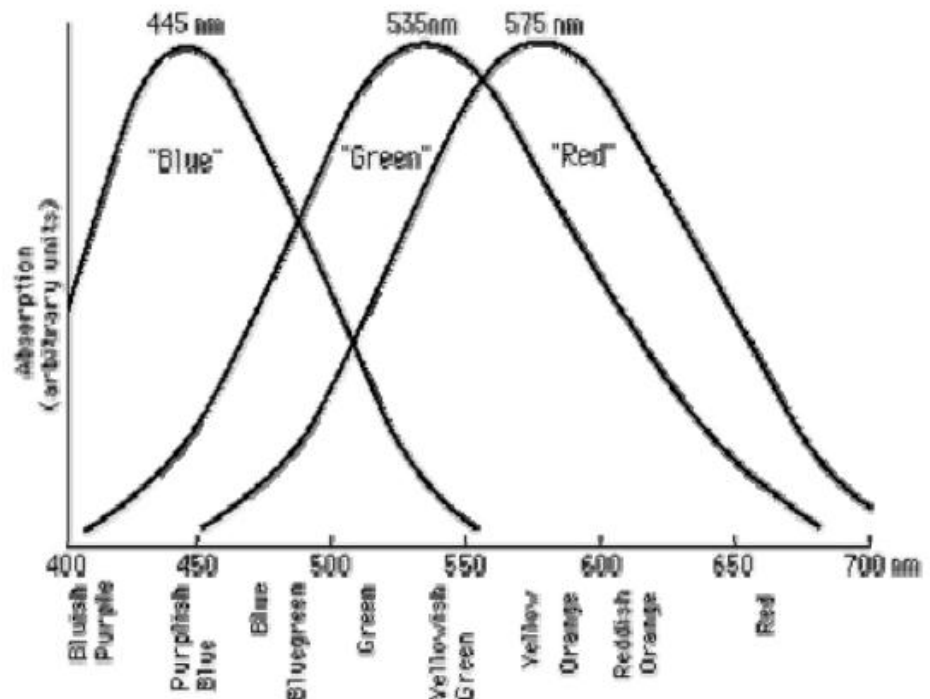
- Độ sáng: Đặc trưng cho độ rọi cảm nhận
- Sắc độ (Hue):
 - Đặc trưng cho màu sắc chủ đạo được người quan sát cảm nhận
 - Là thuộc tính liên quan đến bước sóng chủ yếu trong hỗn hợp các bước sóng ánh sáng
- Độ bão hòa (Saturation)
 - Đặc trưng cho độ thuần khiết tương đối
 - Thể hiện lượng màu trắng được hòa với sắc độ

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu

□ Biểu diễn màu sắc bằng cách tổng hợp 3 màu cơ bản

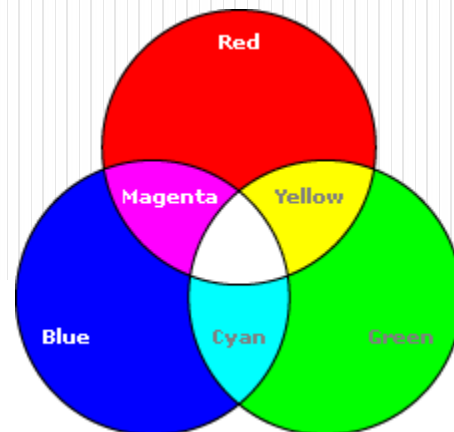
- R, G, B
- Các tế bào nón hấp thu các phổ $S_i(\lambda)$ có đỉnh tại các bước

- Đỏ: 65 % tế bào nón nhạy cảm với ánh sáng đỏ (650nm)
- Green: 33% tế bào nón nhạy cảm với ánh sáng lục (550nm)
- Blue: 2 % tế bào nón nhạy cảm với ánh sáng lam (450nm)

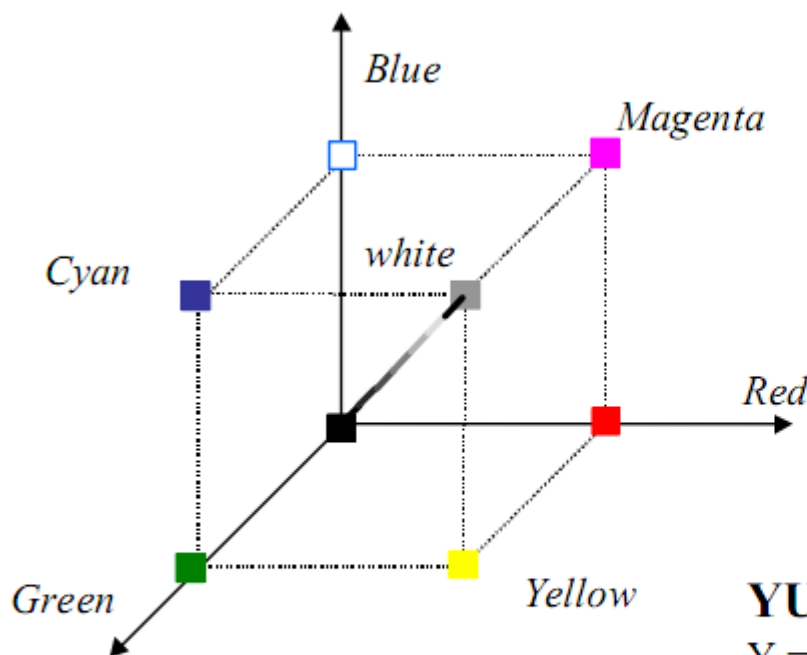


Các hệ màu cơ bản

□ RGB, YUV, YCbCr



Màu sắc



RGB

Black	(0, 0, 0)
Red	(255, 0, 0)
Green	(0, 255, 0)
Yellow	(255, 255, 0)
Blue	(0, 0, 255)
Magenta	(255, 0, 255)
Cyan	(0, 255, 255)
White	(255, 255, 255)

YUV (Luminance)

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$U = R - Y$$

$$V = B - Y$$

Y Cb Cr (JPEG)

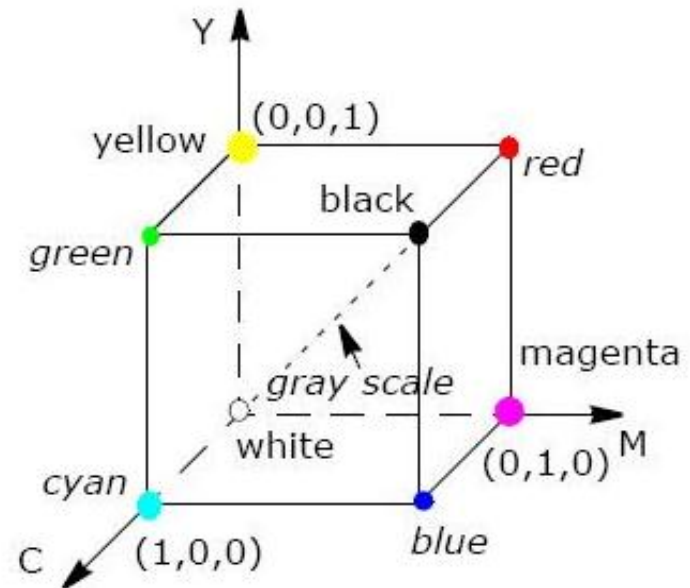
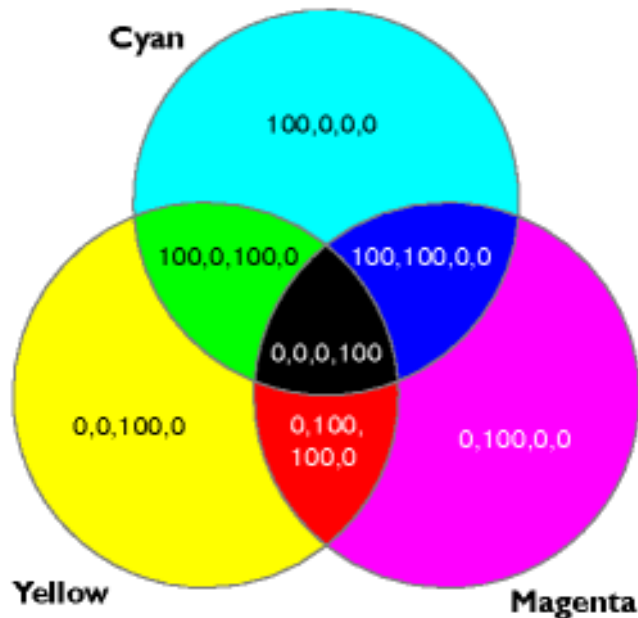
$$Cb = U/2 + 0.5$$

$$Cr = V/1.6 + 0.5$$

Các hệ màu cơ bản

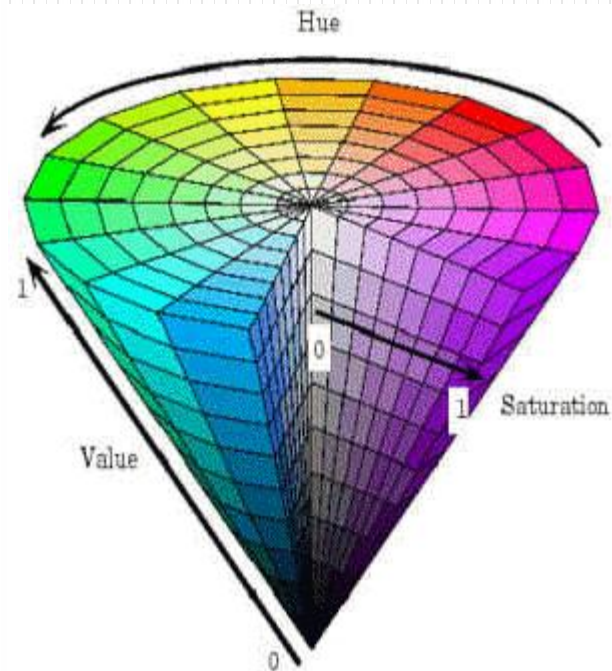
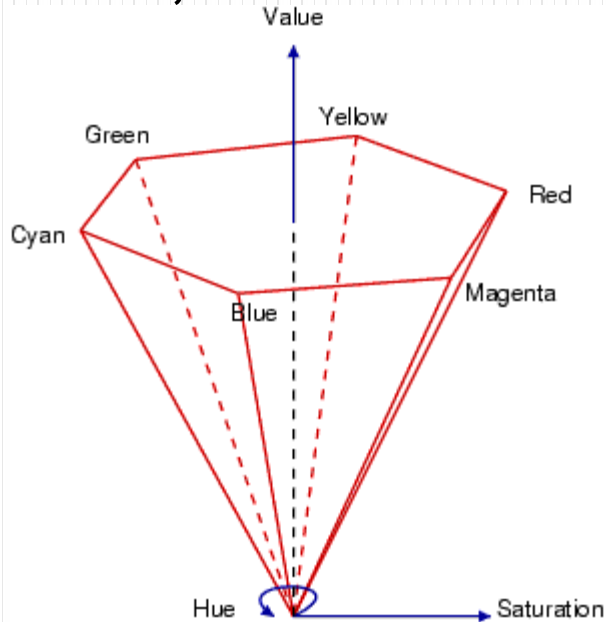
□ CMY

■ Hệ màu trừ



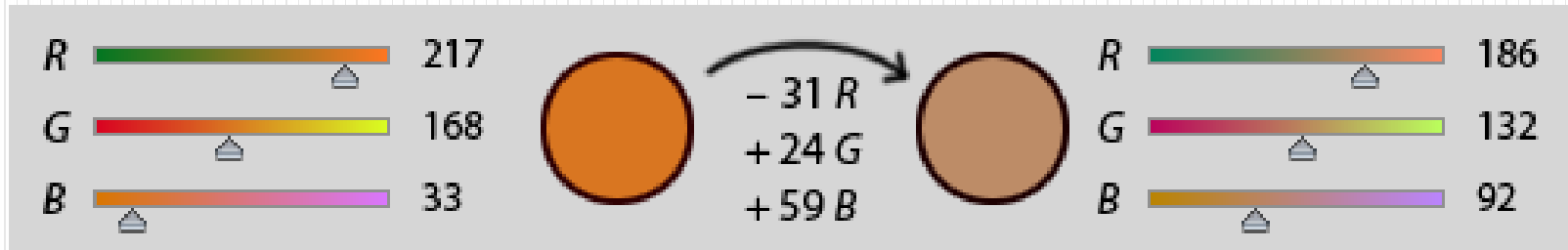
Các hệ màu cơ bản

□ HSV, HSI



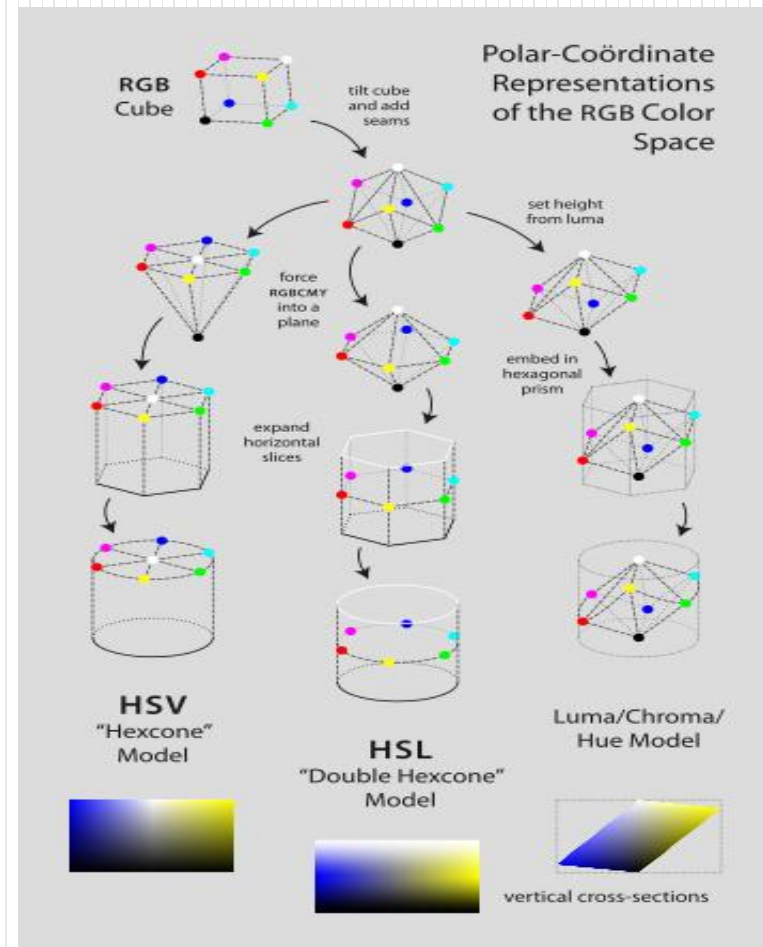
- Hướng cảm nhận con người, trực quan hơn RGB

Ví dụ về cảm nhận trực quan màu



Chuyển đổi giữa các hệ màu

□ Tìm hiểu các công thức chuyển đổi giữa các hệ màu



Chương 2. Thu nhận, số hóa ảnh

2.1. Hệ thống thị giác và sự cảm nhận ảnh

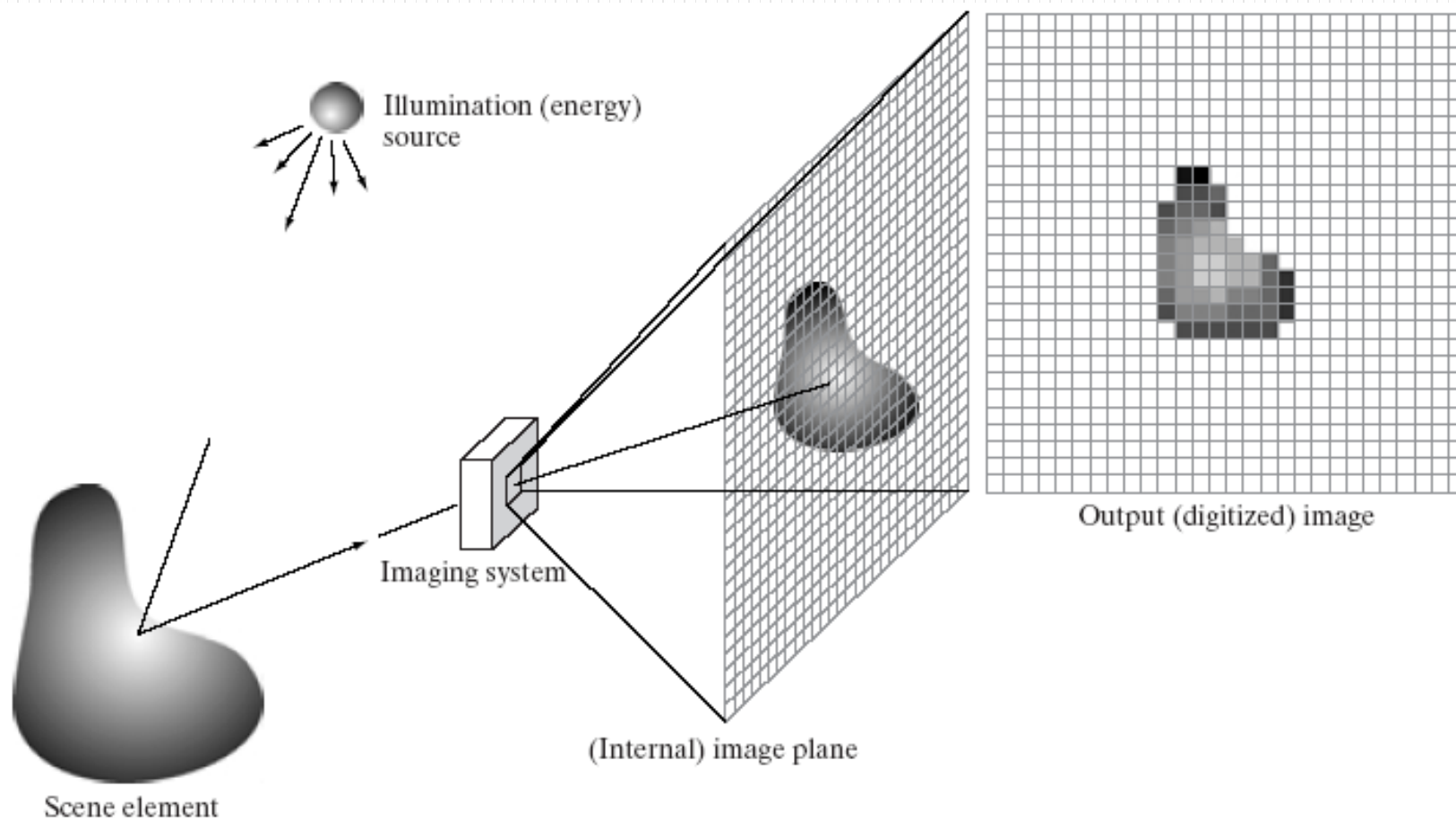
2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

2.3. Số hóa ảnh

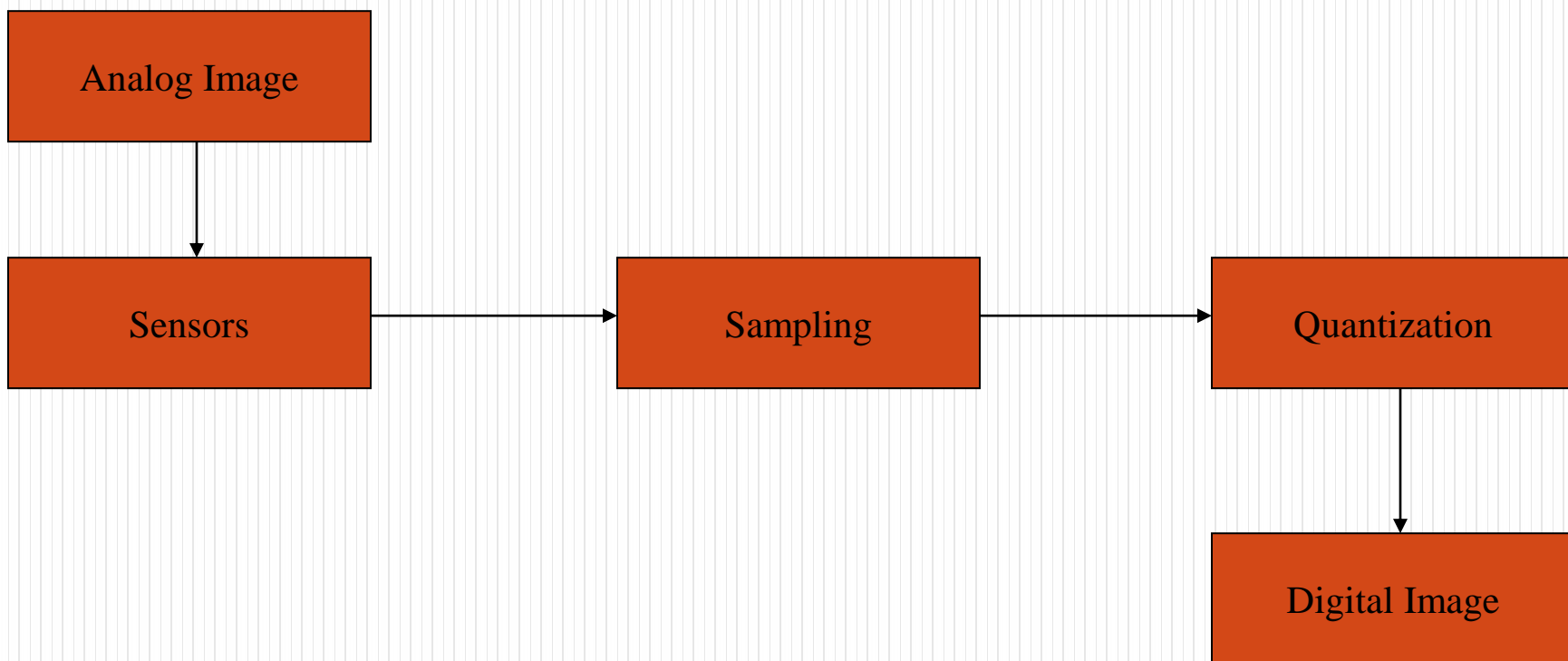
2.4. Biểu diễn ảnh số

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

2.3. Số hóa ảnh



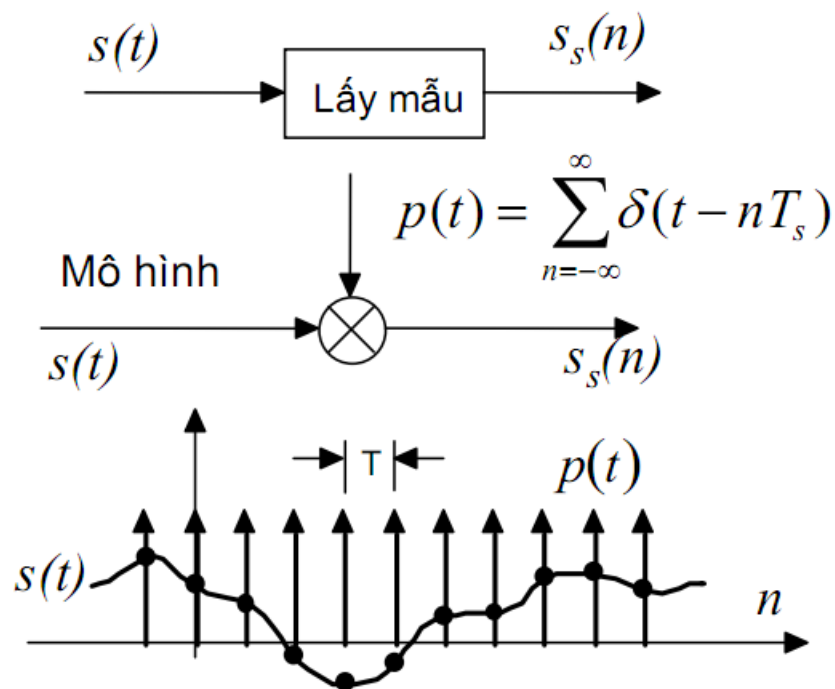
2.3. Số hóa ảnh



Phép lấy mẫu (sampling)

□ Lấy mẫu đều: Đo giá trị tín hiệu tại những thời điểm thời gian cách đều nhau

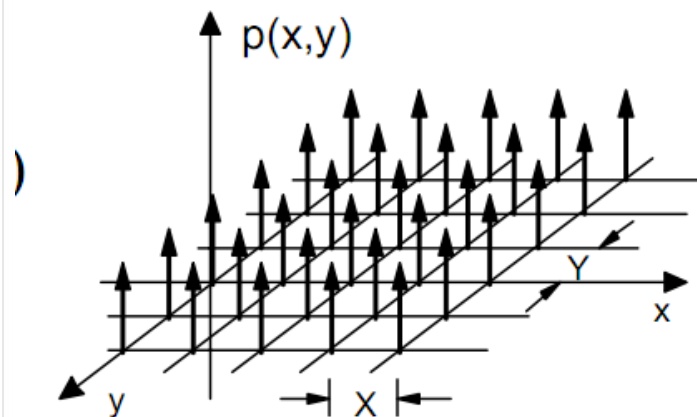
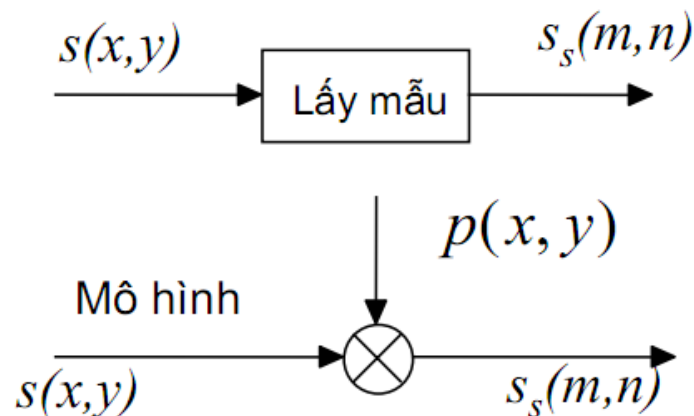
- T_s : Tần số lấy mẫu
- Lấy mẫu không gian 1 chiều



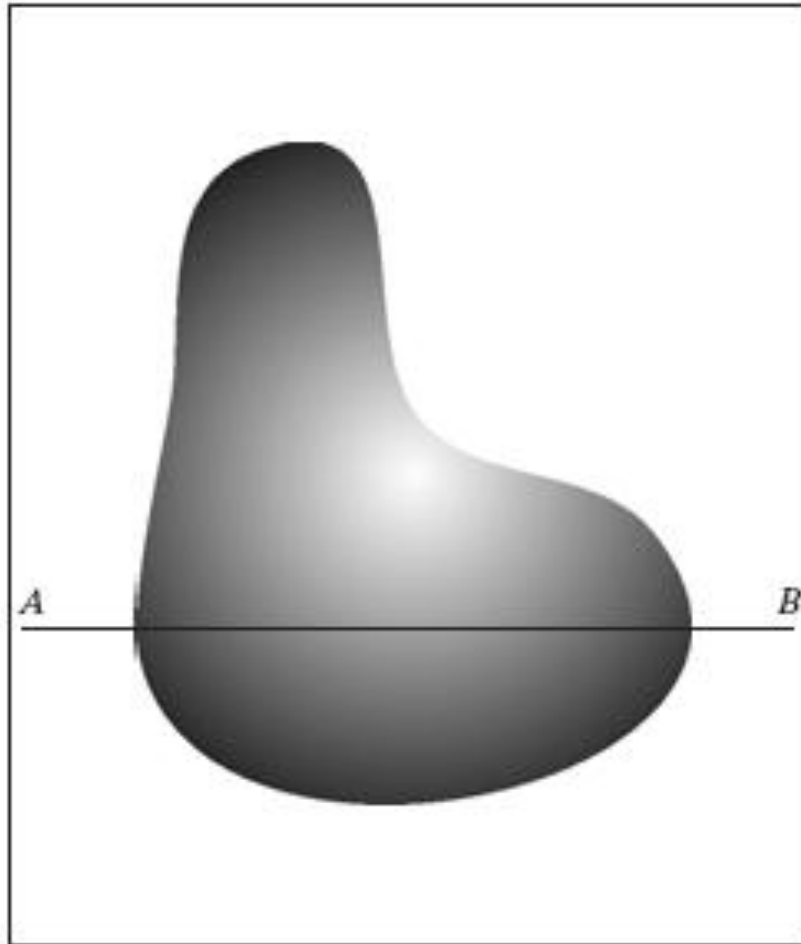
Sampling (tiếp)

□ Lấy mẫu không gian 2 chiều

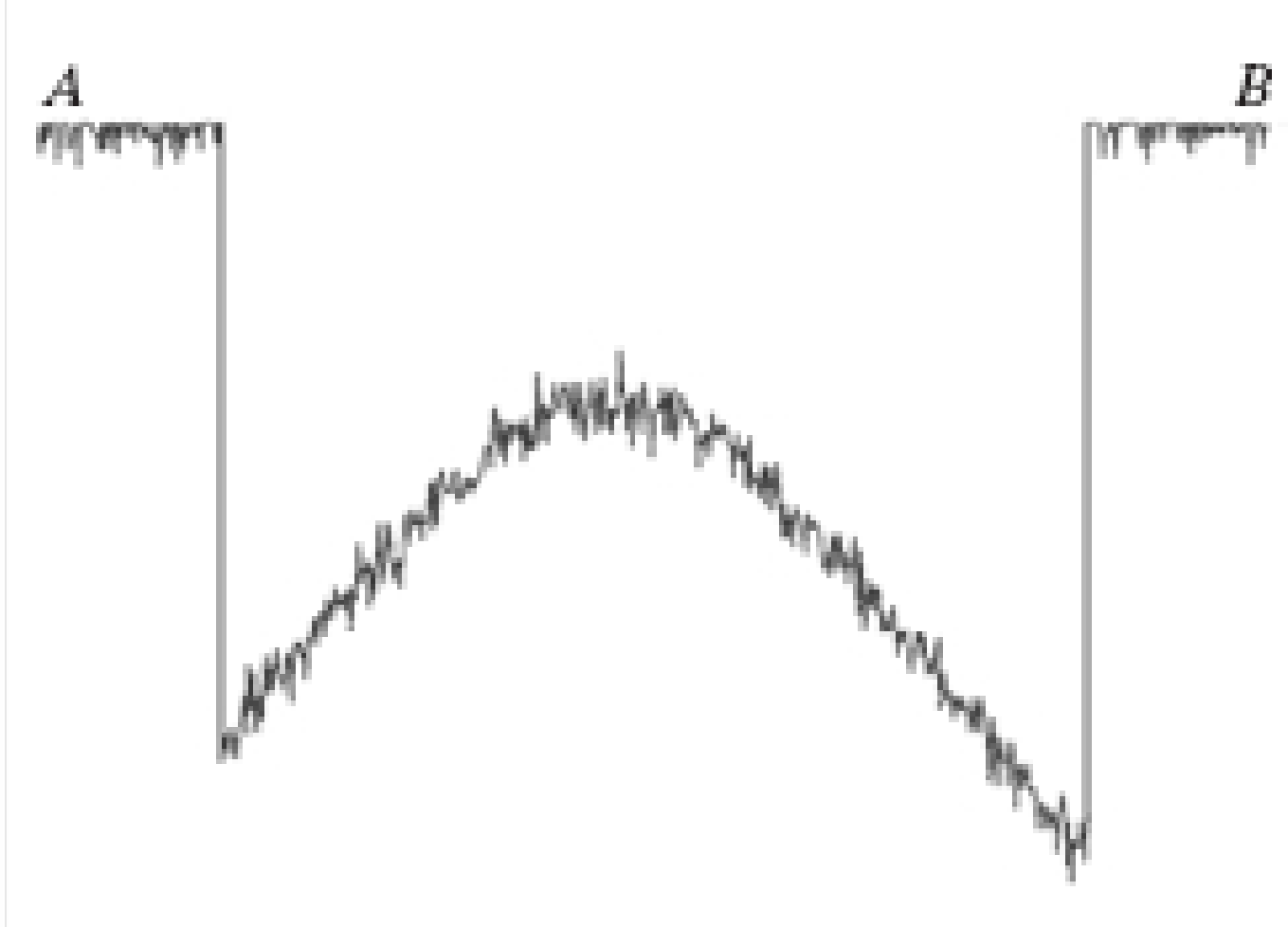
$$p(x, y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(x - mX, y - nY)$$



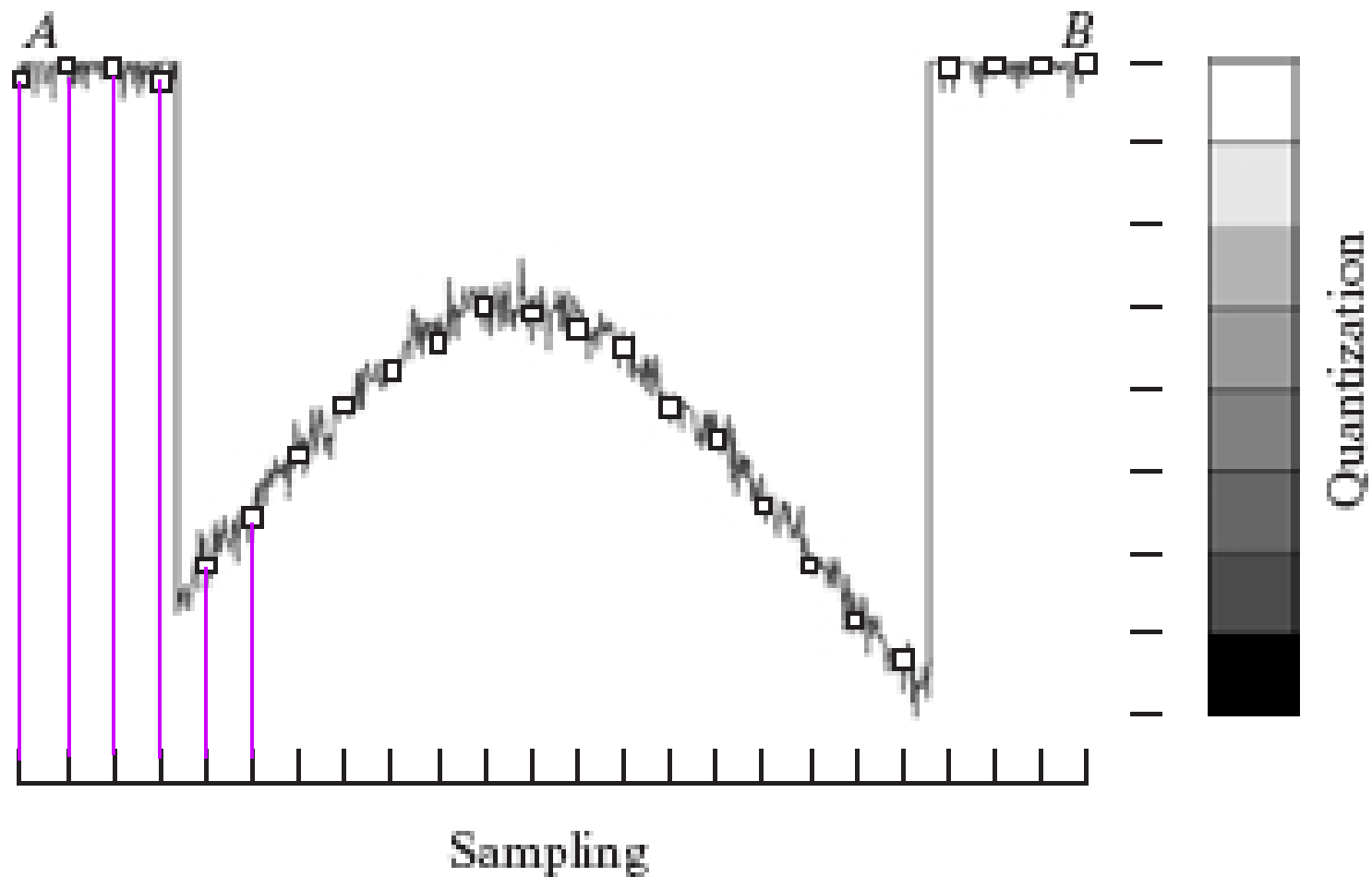
Sampling (tiếp)



Sampling (tiếp)



Sampling (tiếp)



Lượng tử hóa (Quantization)

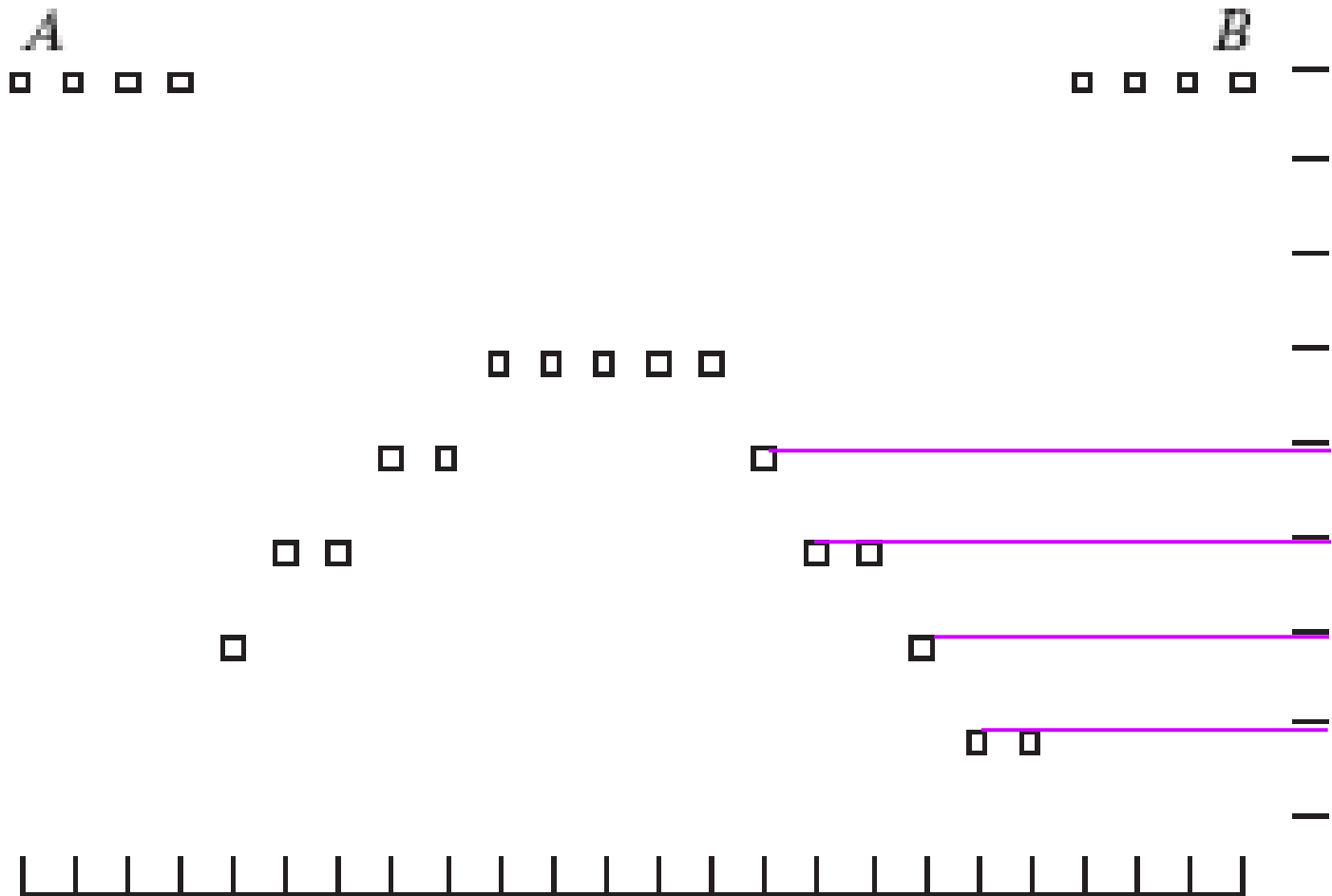
□ Lượng tử hóa đều

- Giải giá trị cần lượng tử hóa: $t_{\min} - t_{\max}$
- Chia đều thành N mức lượng tử

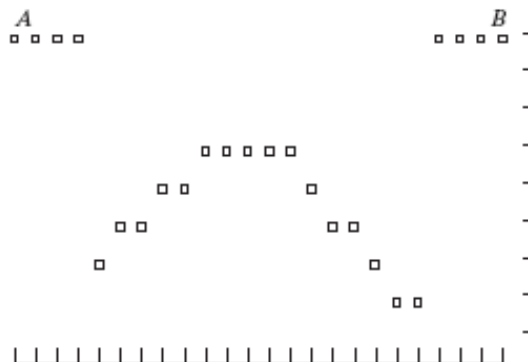
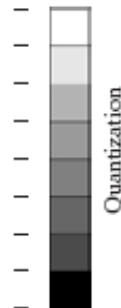
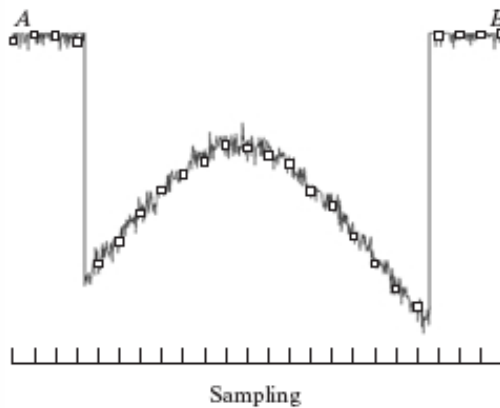
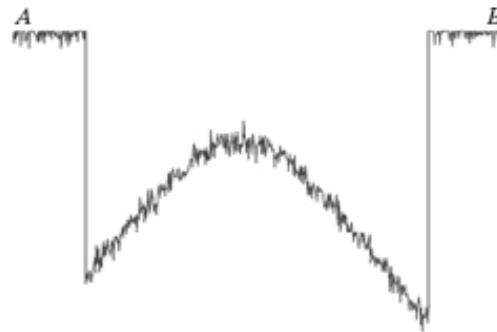
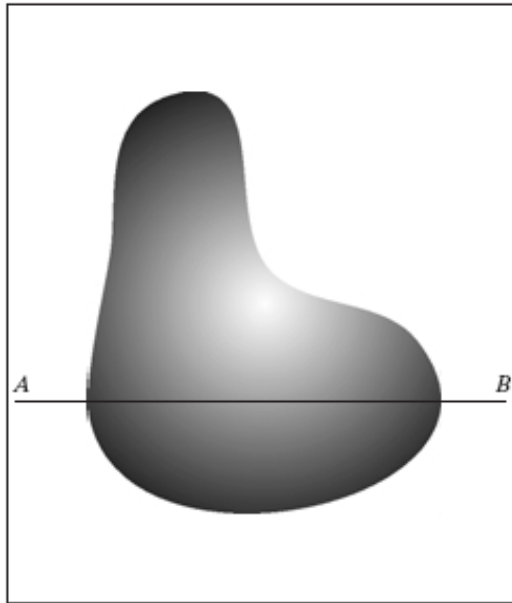
□ Lượng tử hóa không đều

- Nhiều mức lượng tử hơn ở những vùng có nhiều giá trị tập trung hơn

Lượng tử hóa (tiếp)



Quá trình lấy mẫu và lượng tử hóa



Chương 2. Thu nhận, số hóa ảnh

2.1. Hệ thống thị giác và sự cảm nhận ảnh

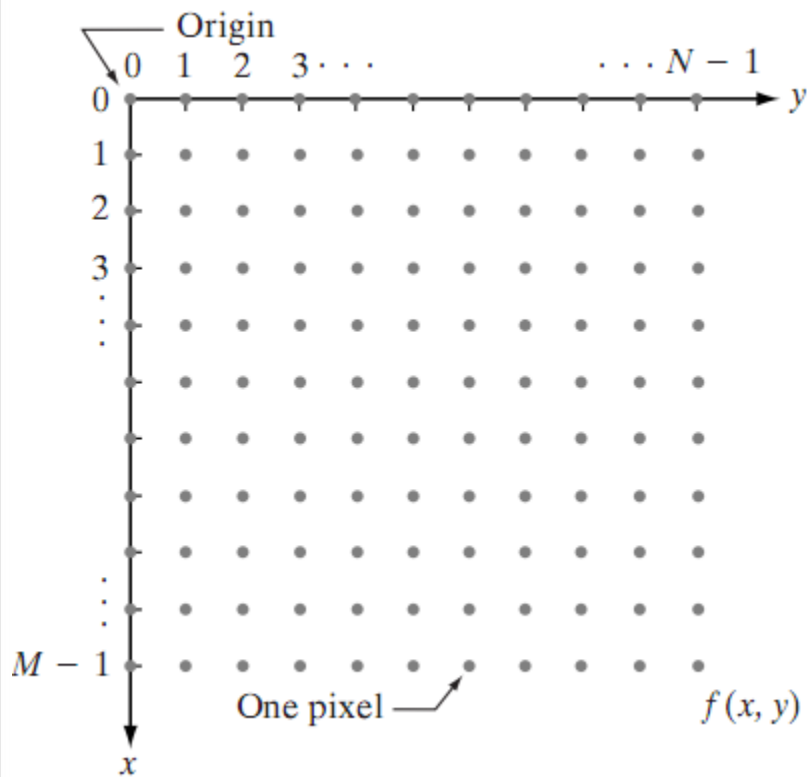
2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

2.3. Số hóa ảnh

2.4. Biểu diễn ảnh số

2.4. Biểu diễn ảnh số

□ $f(x, y) \rightarrow F(l, j)$ hay $F(m, n)$



2.4. Biểu diễn ảnh số

□ Ma trận dữ liệu ảnh số

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \cdots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix}.$$

□ $a_{ij} = f(x=i, y=j) = f(i, j)$ gọi là cấp xám của điểm ảnh tại tọa độ (i, j) .

Tính toán dung lượng ảnh số

- ❑ L là số cấp xám sử dụng trong ảnh (số bước lượng tử hóa) $L = 2^k$
- ❑ $M \times N$: Kích thước của ma trận ảnh số (số mẫu khi lấy mẫu)
- ❑ Kích thước ảnh số: $M \times N \times k$ (bít)
 - $M = N$ thì kích thước: $N^2 \times k$

Tính toán dung lượng ảnh số

N/k	1 (L=2)	2 (L=4)	3 (L=8)	4 (L=16)	5 (L=32)	6 (L=64)	7 (L=128)	8 (L=256)
32	1.024	2.048	3.072	4.096	5.120	6.144	7.168	8.192
64	4.096	8.192	12.288	16.384	20.480	24.576	28.672	32.768
128	16.384	32.768	49.152	65.536	81.920	98.304	114.688	131.072
256	65.536	131.072	196.608	262.144	327.680	393.216	458.752	524.288
512	262.144	524.288	786.432	1.048.576	1.310.720	1.572.864	1.835.008	2.097.152
1024	1.048.576	2.097.152	3.145.728	4.194.304	5.242.880	6.291.456	7.340.032	8.388.608
2048	4.194.304	8.388.608	12.582.912	16.777.216	20.971.520	25.165.824	29.360.128	33.554.432
4096	16.777.216	33.554.432	50.331.648	67.108.864	83.886.080	100.663.296	117.440.512	134.217.728
8192	67.108.864	134.217.728	201.326.592	268.435.456	335.544.320	402.653.184	469.762.048	536.870.912

Độ phân giải không gian và độ phân giải mức xám

- ❑ Quá trình lấy mẫu \rightarrow độ phân giải không gian trong ảnh
- ❑ Quá trình lượng tử hóa \rightarrow độ phân giải mức xám trong ảnh

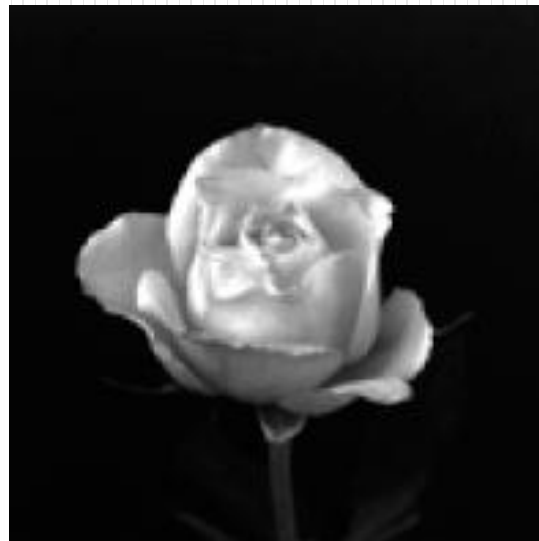
Độ phân giải không gian



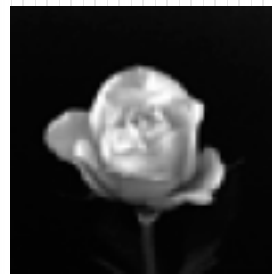
Xét ảnh liên tục như hình bên. Chúng ta tiến hành lấy mẫu thưa dần để được các ảnh có kích thước nhỏ dần.

- 1024×1024
- 512×512
- 256×256
- 128×128
- 64×64
- 32×32

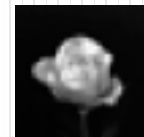
Độ phân giải không gian (tiếp)



512



256



128



64

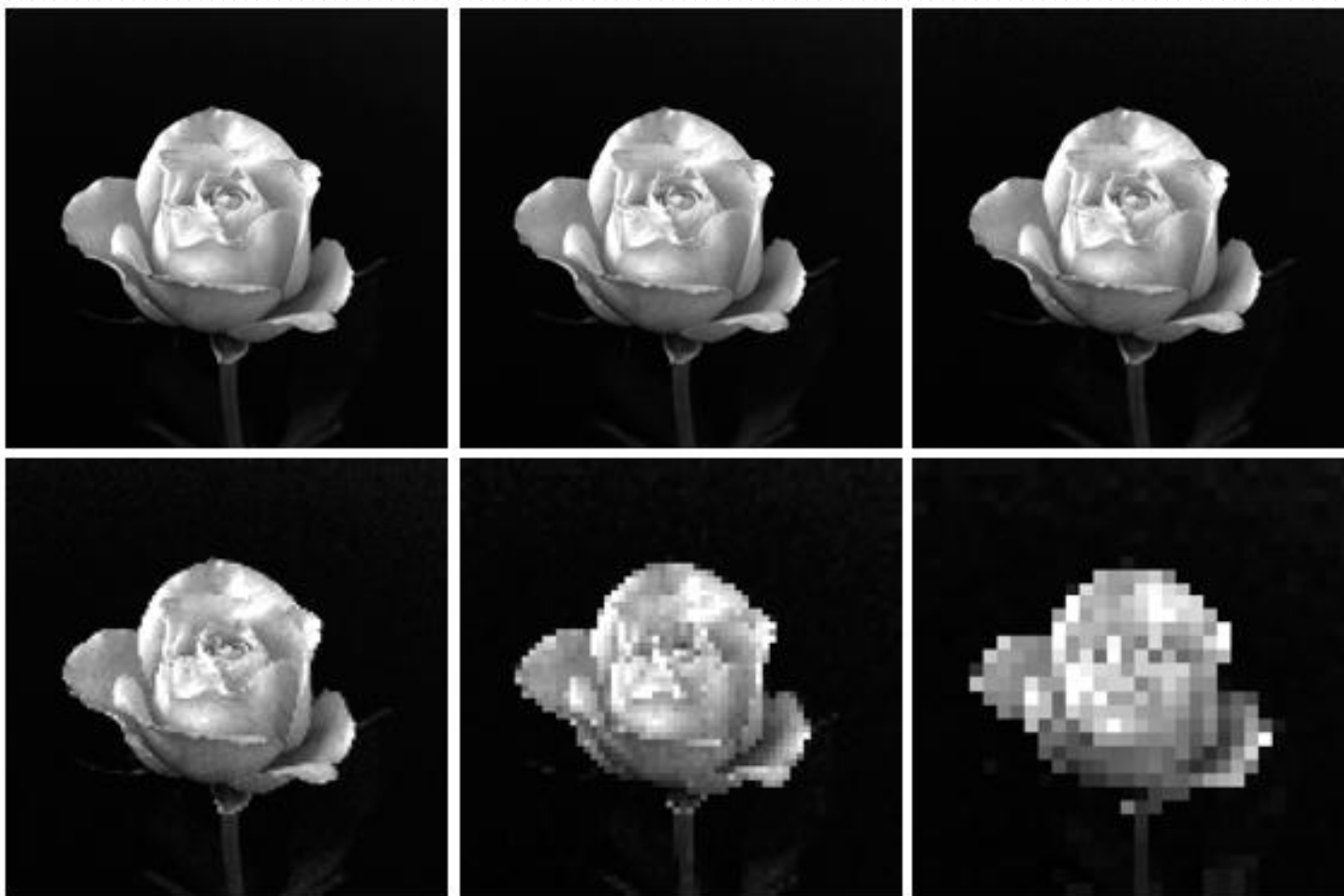


32

1024

Ảnh được lấy mẫu
theo các kích
thước khác nhau

Độ phân giải không gian (tiếp)



Các hình ảnh
trong Slide
trước được
phóng to thành
kích thước
 1024×1024

Độ phân giải cấp xám



Xét ảnh liên tục như hình bên. Chúng ta tiến hành lấy mẫu ảnh cùng một kích thước nhưng với số cấp xám nhỏ dần.

- 128
- 64
- 32
- 16
- 8
- 4
- 2

Độ phân giải cấp xám (tiếp)



ảnh gốc



128 cấp xám

Độ phân giải cấp xám (tiếp)



64 cấp xám



32 cấp xám

Độ phân giải cấp xám (tiếp)



16 cấp xám



8 cấp xám

Độ phân giải cấp xám (tiếp)

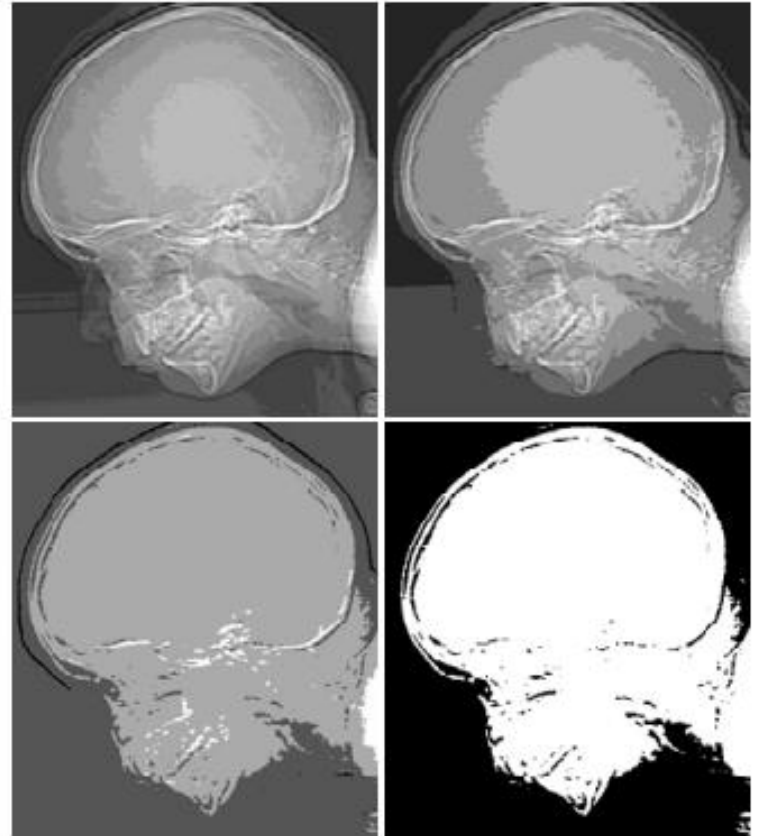
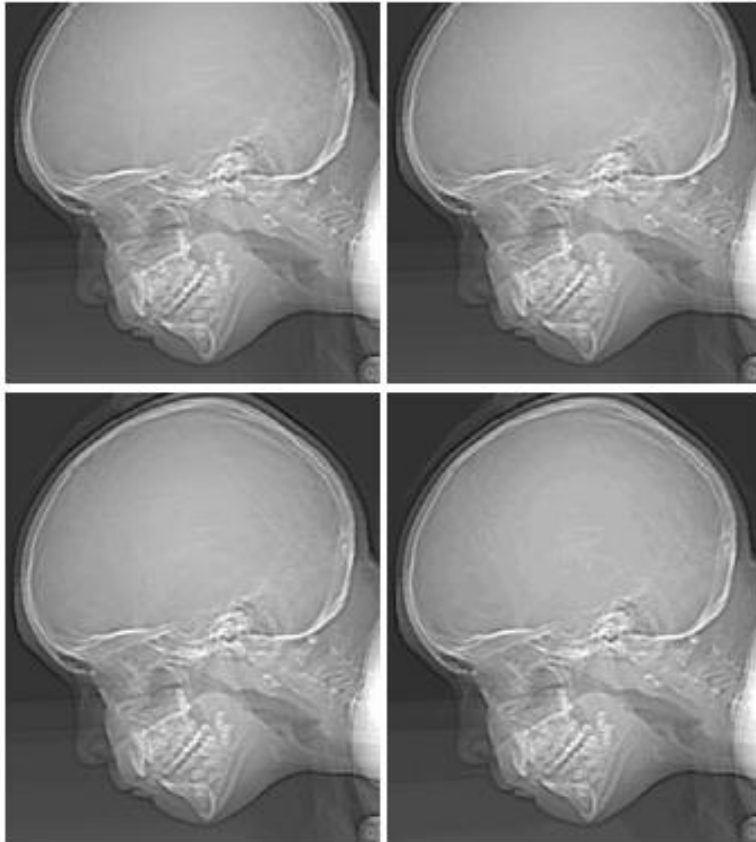


4 cấp xám



2 cấp xám

Độ phân giải cấp xám



Phóng to và thu nhỏ ảnh số (Zooming & Shrinking)

- ❑ Bản chất của phóng to và thu nhỏ ảnh cũng giống như sampling
 - Zooming: oversampling
 - Shrinking: undersampling
- ❑ Zooming và shrinking: gồm 2 bước
 - Bước 1. Tạo ra các vị trí điểm ảnh mới
 - Bước 2. Gán giá trị mức xám cho các điểm ảnh mới

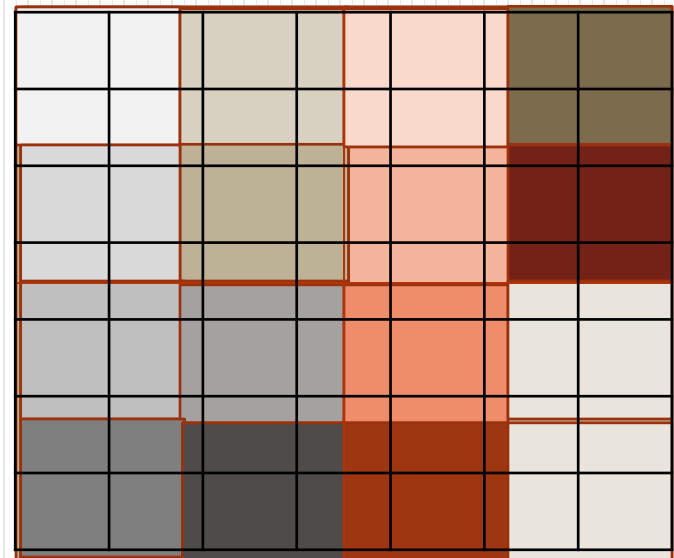
Zooming

- ❑ Bước 1. Tạo ra các vị trí điểm ảnh mới: đơn giản → tạo ra grid kích thước bằng kích thước muốn zoom lên
- ❑ Bước 2. Gán giá trị mức xám
 - Có nhiều phương pháp
 - Nearest neighbor interpolation (nội suy gần nhất)
 - Bilinear interpolation
 - Pixel replication (nhân bản pixel)

Zooming: Nearest neighbor interpolation

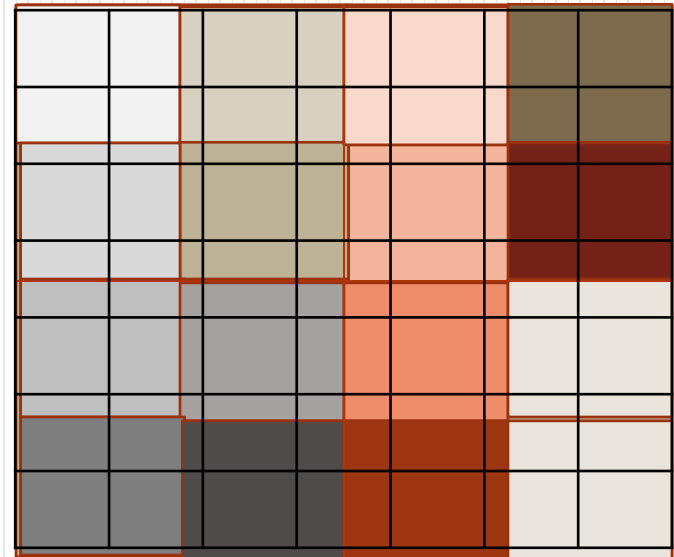
□ Ví dụ: ảnh 4x4 →
zoom thành ảnh 7 x 7

- Bước 1: Áp lưới 7 x 7 vào ảnh 4 x 4
- Bước 2: Gán giá trị mức xám cho mỗi ô lưới: **ô gần nhất được gán**
- Bước 3. Mở rộng ảnh về 7 x 7



Zooming: Bilinear interpolation

- Ví dụ: ảnh 4x4 → zoom thành ảnh 7 x 7
 - Bước 1: Áp lưới 7 x 7 vào ảnh 4 x 4
 - Bước 2: Gán giá trị mức xám cho mỗi ô lưới: giá trị của một số ô lân cận
 - Bước 3. Mở rộng ảnh về 7 x 7



Zooming: Pixel replication

- Áp dụng tốt cho các phép zoom ảnh lên một số nguyên lần
 - Ví dụ: zoom ảnh lên 4 lần
 - Lặp giá trị pixel ở mỗi cột 2 lần
 - Lặp giá trị pixel ở mỗi hàng 2 lần

Shrinking

- ❑ Các phương pháp gán giá trị tương tự như zooming
 - Phương pháp Nearest neighbor → gán lưới to hơn vào ảnh
 - Phương pháp pixel replication → xóa các hàng và các cột tương ứng

Chương 2. Thu nhận, số hóa ảnh

2.1. Hệ thống thị giác và sự cảm nhận ảnh

2.2. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

2.3. Số hóa ảnh

2.4. Biểu diễn ảnh số

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

□ Lân cận (neighbor)

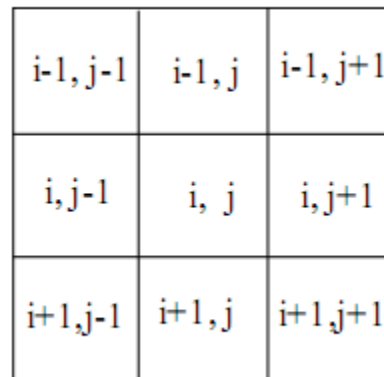
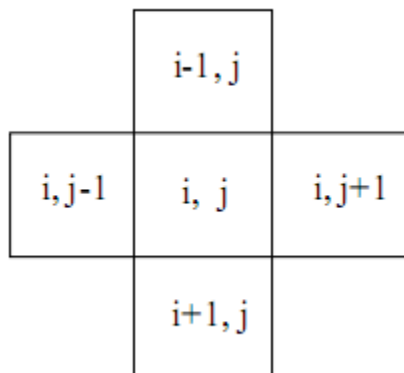
- Một pixel p tại vị trí (i, j) có thể có

- 4 lân cận tại các vị trí: (Ký hiệu $N_4(p)$)

$(i - 1, j); (i + 1, j); (i, j - 1); (i, j + 1)$

- 8 lân cận tại các vị trí: (Ký hiệu $N_8(p)$)

$(i - 1, j); (i + 1, j); (i, j - 1); (i, j + 1); (i + 1, j + 1); (i + 1, j - 1); (i - 1, j + 1); (i - 1, j - 1)$



2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

□ Liền kề (adjacency)

- V : tập các giá trị mức xám để xác định liền kề
- 2 pixel p, q có giá trị mức xám $\in V$ là
 - 4-adjacency: nếu $q \in N_4(p)$
 - 8-adjacency: nếu $q \in N_8(p)$
 - m-adjacency:
 - i) Nếu $q \in N_4(p)$, hoặc
 - ii) $q \in N_8(p)$ và $N_4(p) \cap N_4(q)$ không có điểm nào có giá trị mức xám $\in V$

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

□ Liền kề (adjacency)

- Ví dụ: $V = \{1\}$ - ảnh nhị phân

0	1	1
0	1	0
0	0	1

0	1	1
0	1	0
0	0	1

0	1	1
0	1	0
0	0	1

8 – adjacency

m - adjacency

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

□ Đường đi (path)

- Path từ điểm $p(x, y)$ đến $q(s, t)$ được định nghĩa là tập các pixel

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$$

- Sao cho: $(x_0, y_0) = (x, y)$; $(x_n, y_n) = (s, t)$ và (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề
- Khái niệm: 4-paths, 8-paths, m-paths

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

□ Liên thông (connected)

- S : tập các pixel trong ảnh
- $p, q \in S$ gọi là liên thông nếu \exists 1 path nối giữa p và q

□ Với mỗi pixel p , tập tất cả các điểm liên thông với nó gọi là vùng liên thông

□ Vùng, miền (region)

- R là một tập các điểm ảnh: $R \subseteq S$
- R gọi là region nếu R là một vùng liên thông

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

□ Đường bao (boundary, border, contour)

- Đường bao của một region R là tập các điểm thuộc R mà có 1 hoặc nhiều điểm lân cận không thuộc R

□ Chú ý:

- Đường bao \neq đường biên (edge)
- Đường bao \equiv đường biên: ảnh nhị phân

2.5. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh

□ Khoảng cách giữa 2 điểm trong ảnh

- Khoảng cách Euclidean:

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}}.$$

- Khoảng cách D_4

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|.$$

- $D_4 = 1$: 2 điểm là lân cận 4

- Khoảng cách D_8

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|).$$