

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 3. Cải thiện và phục hồi ảnh

- ❑ Cải thiện ảnh
- ❑ Phục hồi ảnh

Cải thiện ảnh

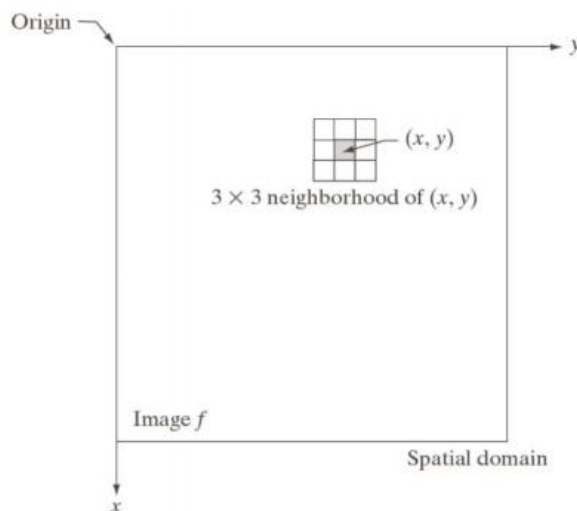
- ❑ Xử lý ảnh để đầu ra “tốt” hơn đầu vào cho mục đích nhất định
 - Do đó: Cải thiện ảnh rất phụ thuộc vào từng ứng dụng cụ thể
- ❑ Phương pháp cải thiện ảnh
 - Xử lý trên miền không gian
 - Xử lý trên điểm ảnh
 - Xử lý mặt nạ
 - Xử lý trên miền tần số
 - Các phép lọc
 - Xử lý trên màu sắc

Xử lý trên miền không gian

□ Spatial Domain process

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

- Trong đó: $f(x, y)$ ảnh gốc
- $g(x, y)$ ảnh sau biến đổi
- T : phép biến đổi ảnh



Xử lý trên miền không gian

□ Nếu xét cửa sổ lân cận: 1×1

- Phép xử lý trên điểm ảnh
- Giá trị đầu ra tại một điểm ảnh chỉ phụ thuộc điểm đó, không phụ thuộc vào các điểm khác

□ Nếu xét cửa sổ lân cận $w \times w$

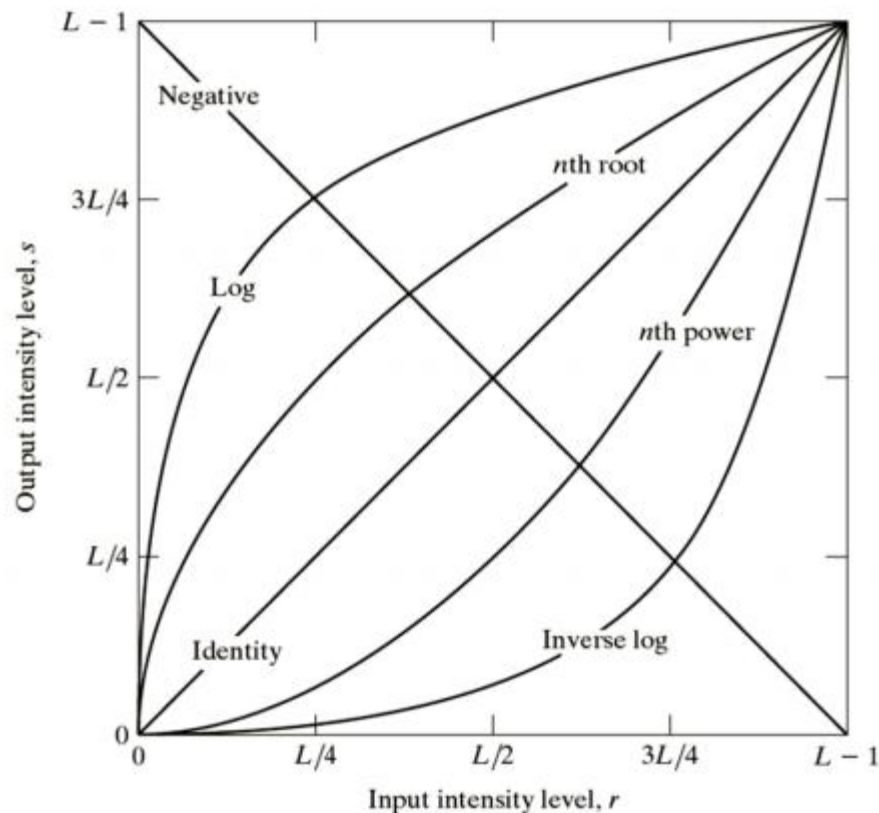
- Cửa sổ lân cận còn gọi là: mặt nạ (mask), nhân (kernel), Cửa sổ (window), bộ lọc (filter), template
- Giá trị đầu ra tại một điểm phụ thuộc vào các điểm lân cận của nó

Các phép biến đổi ảnh dựa trên điểm ảnh

- ❑ Phép biến đổi âm bản ảnh
- ❑ Biến đổi dùng hàm logarit
- ❑ Biến đổi dùng hàm mũ
- ❑ Biến đổi dựa trên histogram
- ❑ Biến đổi dựa trên các phép số học/logic

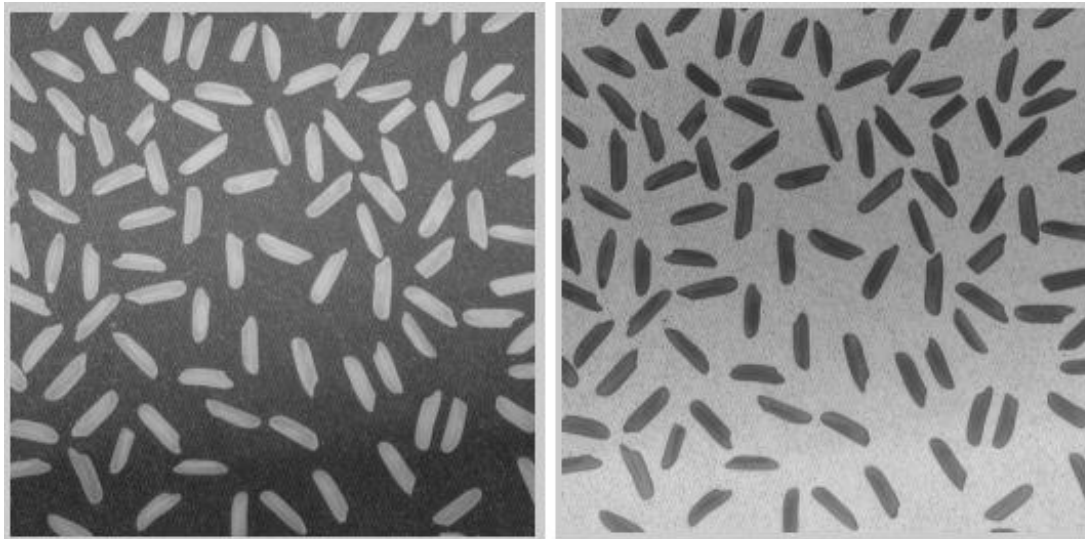
Một số phép xử lý cơ bản dựa trên điểm ảnh

□ Một số hàm biến đổi



Phép biến đổi âm bản ảnh

□ $s = L - 1 - r$

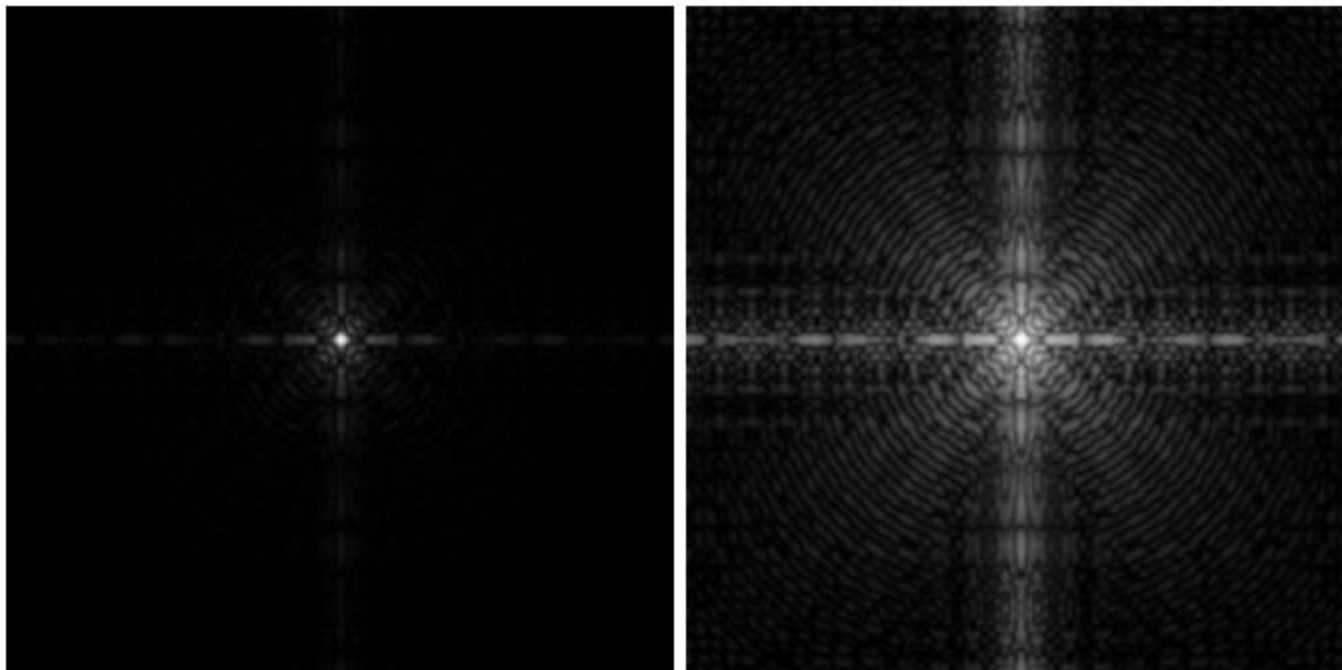


Matlab code:

```
I = imread('rice.png');  
J = 255 - I; imshow(J)
```

Phép biến đổi log

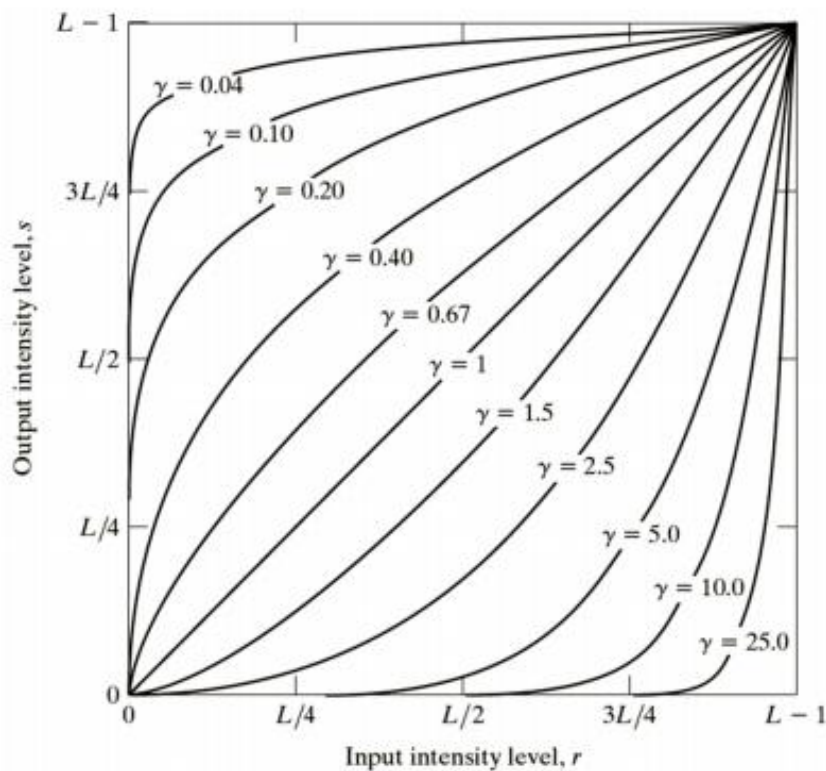
- ❑ Công thức $s = c \log(1 + r)$
- ❑ Tác dụng: Kéo giãn các giá trị ở vùng tối, thu hẹp các giá trị ở vùng sáng



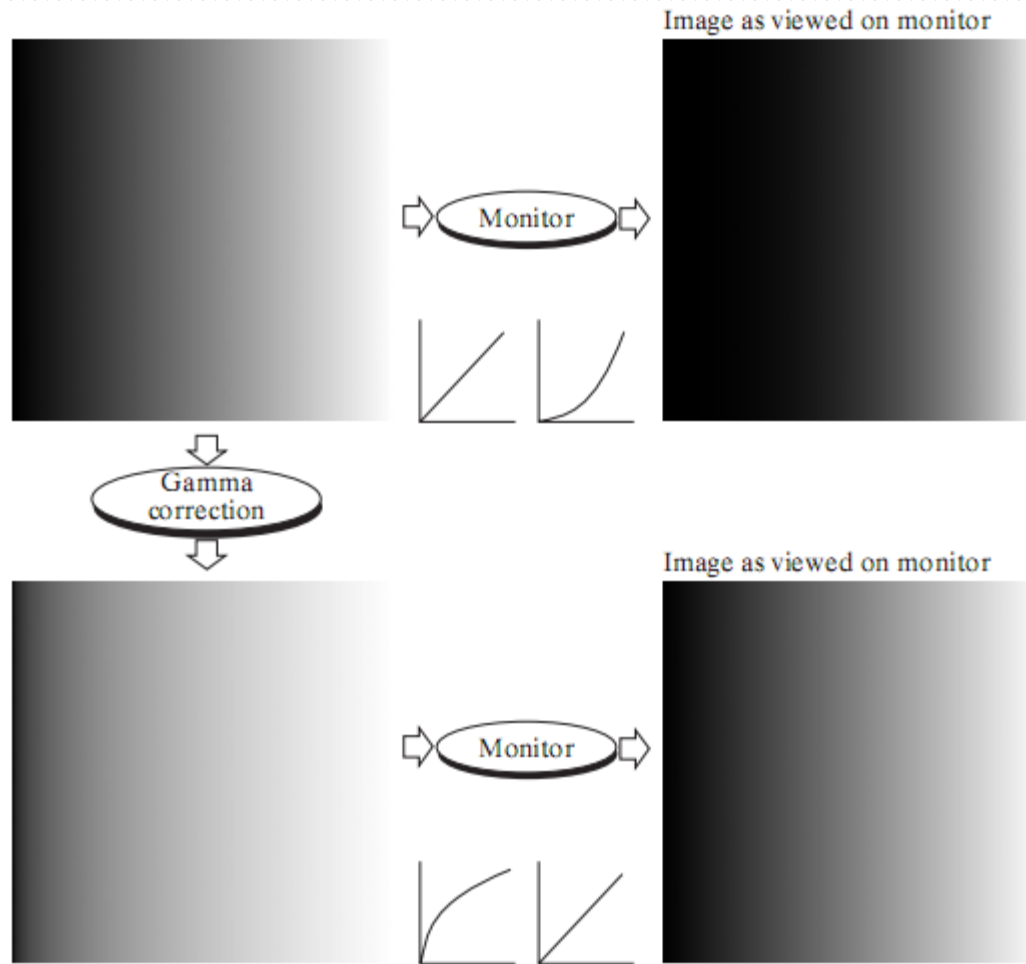
Phép biến đổi hàm mũ

□ Công thức tổng quát

$$s = c(r + \varepsilon)^\gamma$$



Gama correction



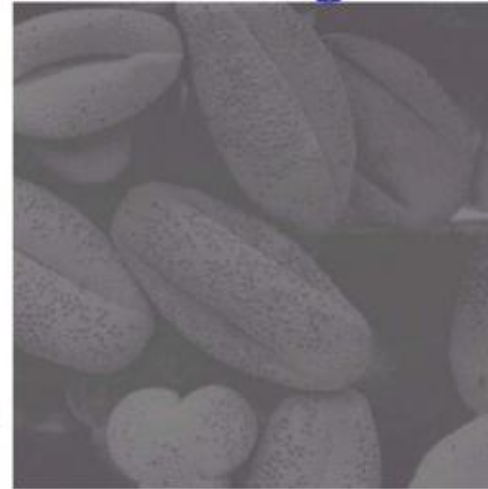
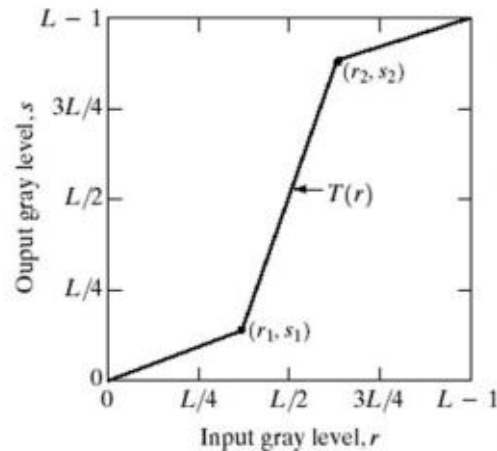
Phép biến đổi hàm mũ

□ $c = 1; \gamma_1 = 3; \gamma_2 = 4; \gamma_3 = 5;$



Phép biến đổi tuyến tính từng khúc

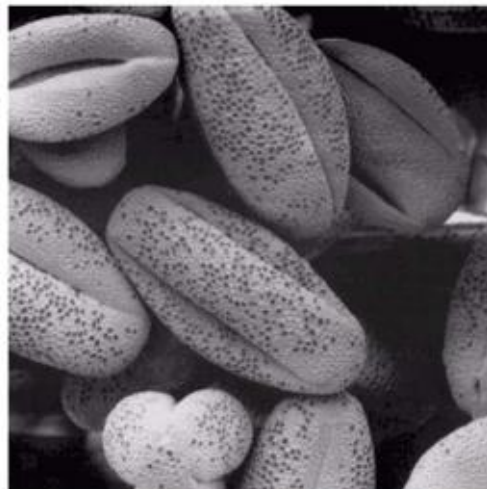
Original



a b
c d

FIGURE 3.10

Contrast stretching.
(a) Form of transformation function. (b) A low-contrast image. (c) Result of contrast stretching. (d) Result of thresholding. (Original image courtesy of Dr. Roger Heady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)

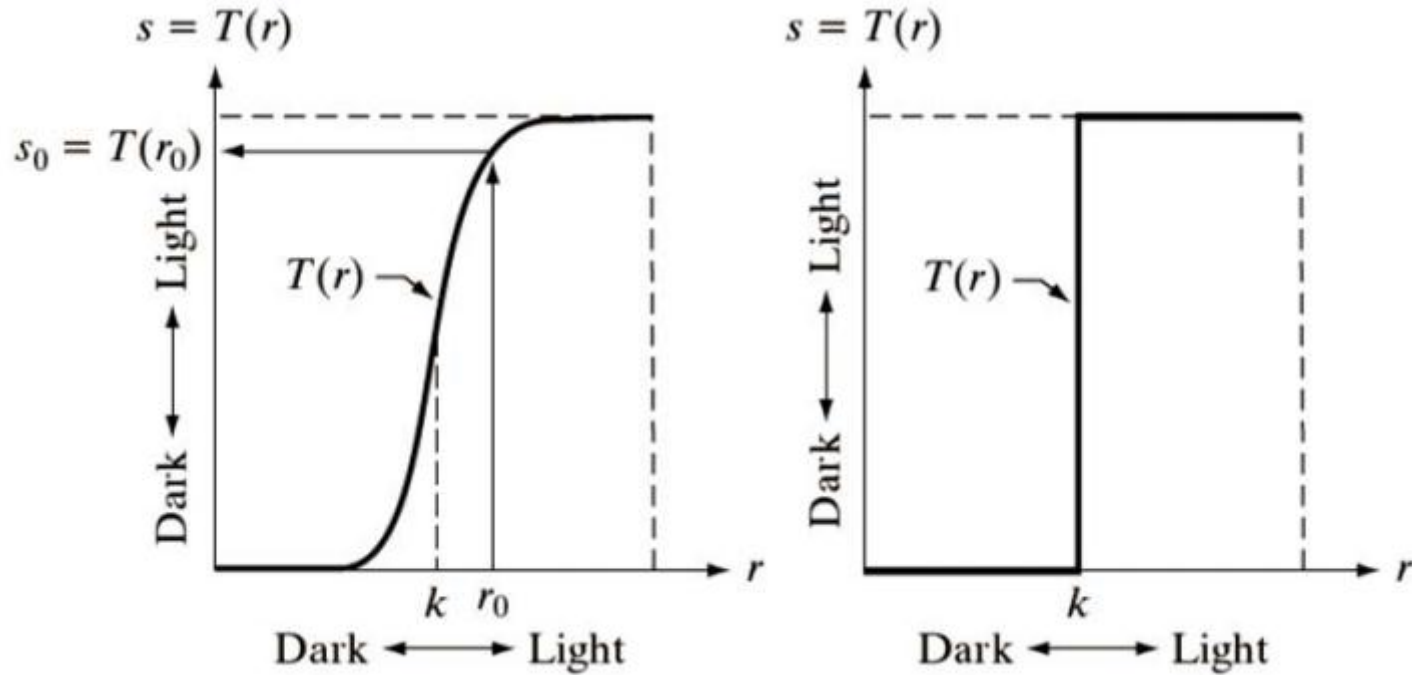


C. S.



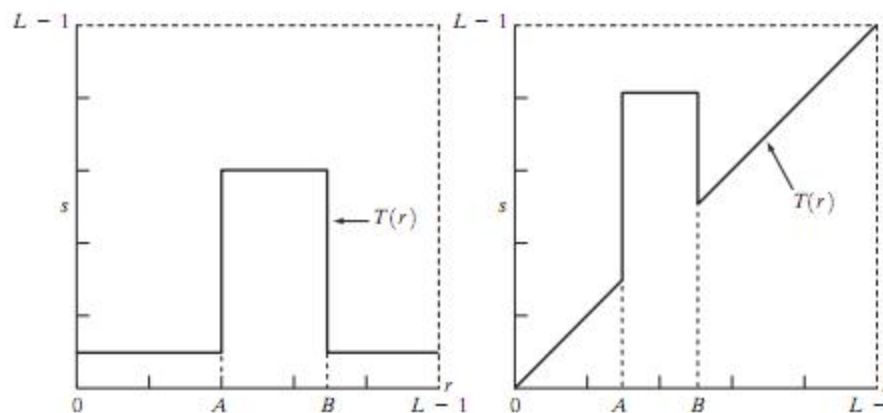
THR.

Biến đổi tăng độ tương phản

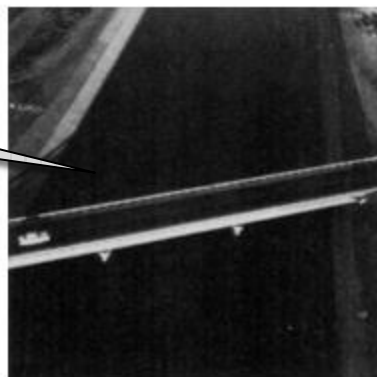


Gray level slicing

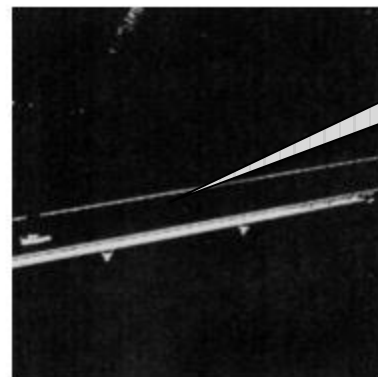
- Tăng cường mức xám ở một dải cố định $[A, B]$



Ảnh
gốc



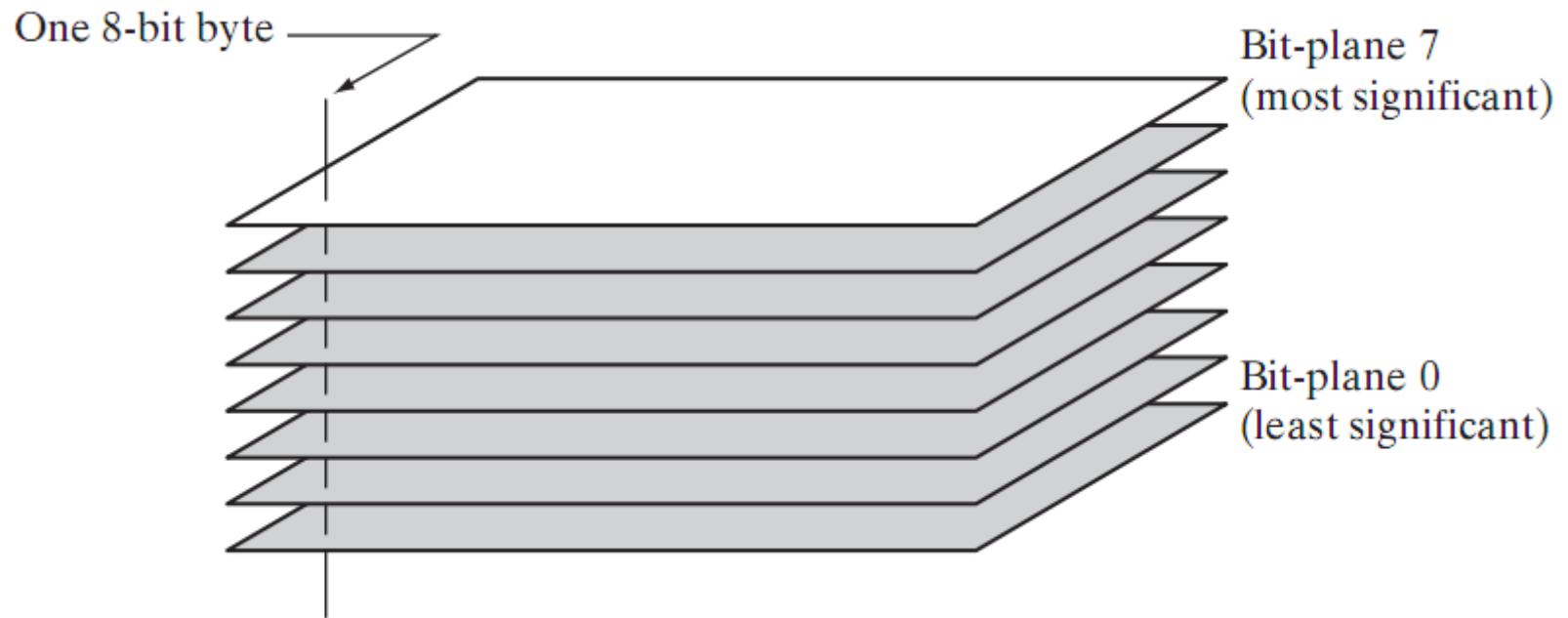
Ảnh biến đổi qua
hàm đầu



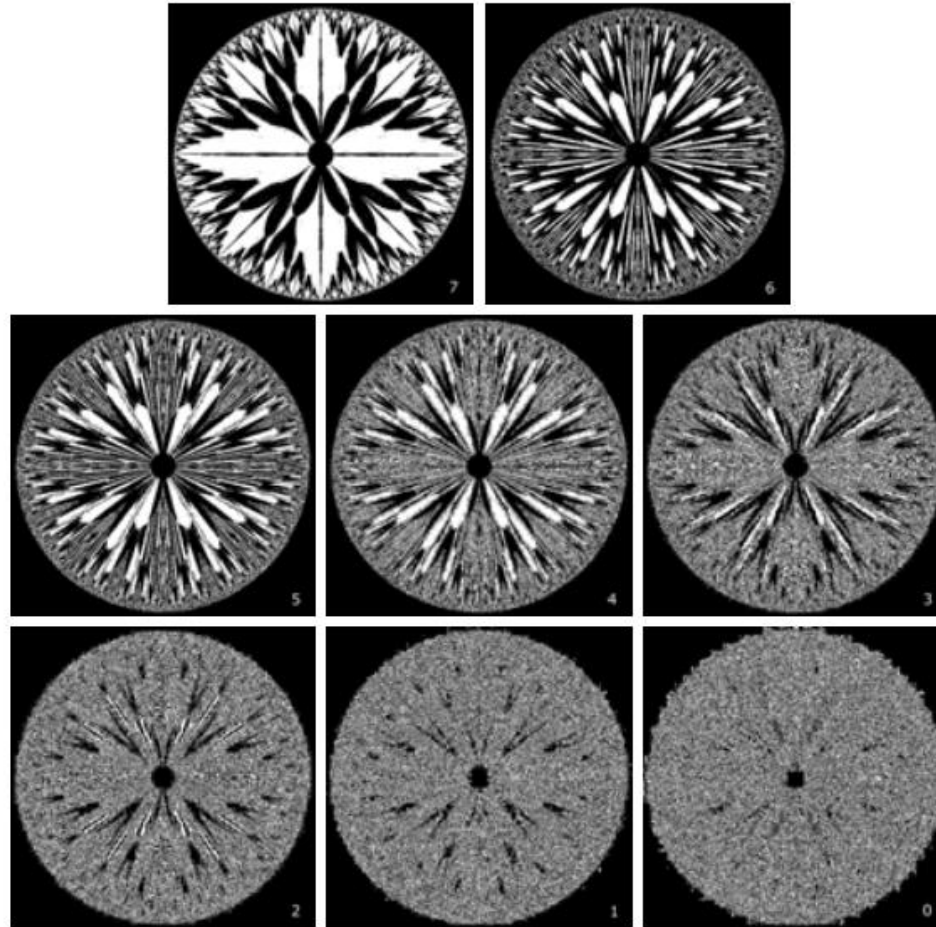
Bit-plan slicing

- ❑ Với ảnh 8bit: mỗi pixel được biểu diễn bằng 8 bit
- ❑ Tưởng tượng mỗi ảnh là tổng hợp của 8 mặt phẳng 1 bit (1bit - plan): từ plan 0 đến plan 7
 - Plan 0: chứa tất cả các bit thấp nhất trong các byte pixel trong ảnh
 - ...
 - Plan 7: chứa tất cả các bit cao nhất trong các byte pixel trong ảnh

Bit-plan slicing



Bit-plan slicing



Một số phép xử lý dựa trên điểm ảnh

- Bài tập: Cài đặt các phép biến đổi dựa trên điểm ảnh trên bằng Matlab

Phép biến đổi dựa trên histogram

□ Histogram là gì?

- Histogram của ảnh đa mức xám: $[0 \text{ } L-1]$ là hàm rời rạc:

- $h(r_k) = n_k$

- Với r_k là thành phần mức xám thứ k
 - n_k : số lượng pixel có mức xám là r_k

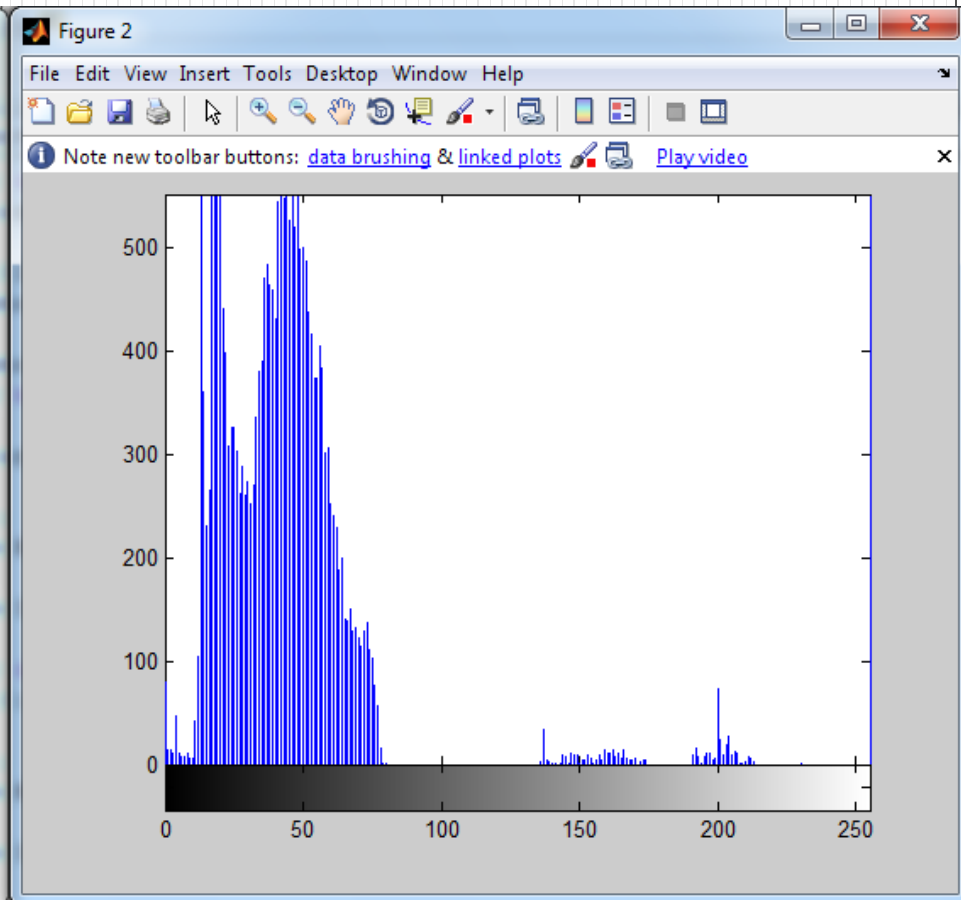
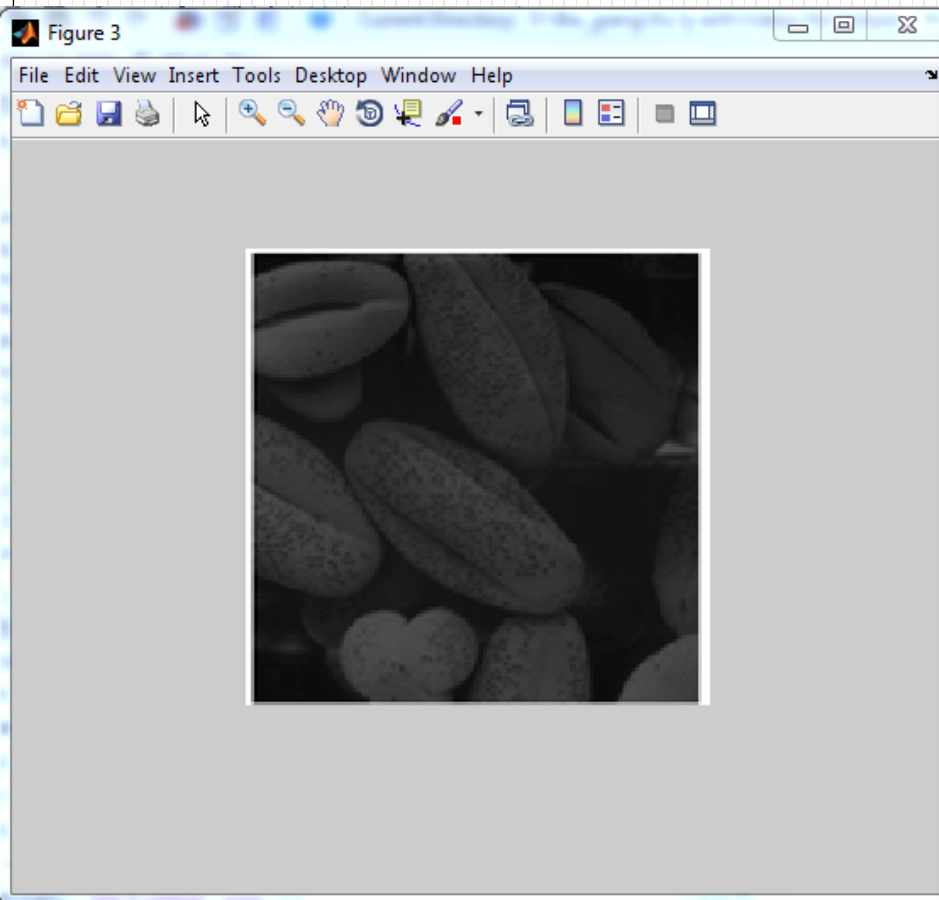
- Dạng chuẩn hóa:

$$h(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

Với n : tổng số pixel trong ảnh

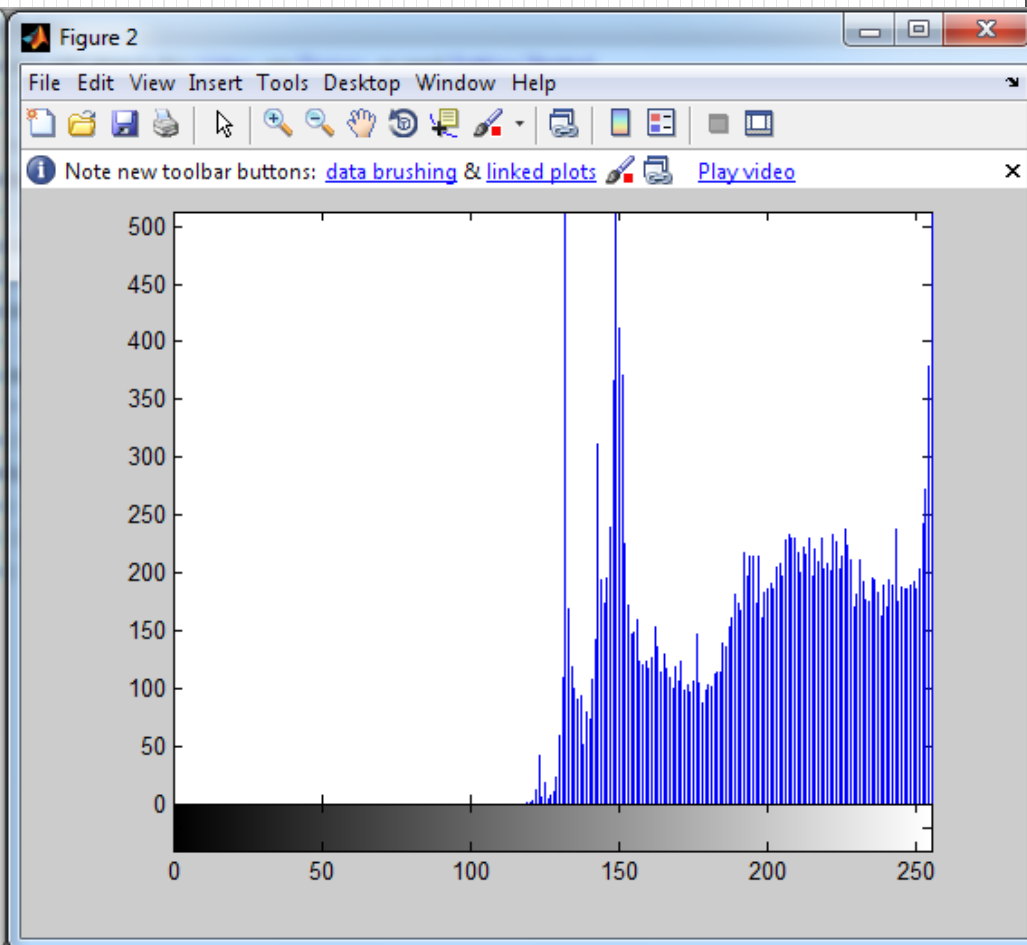
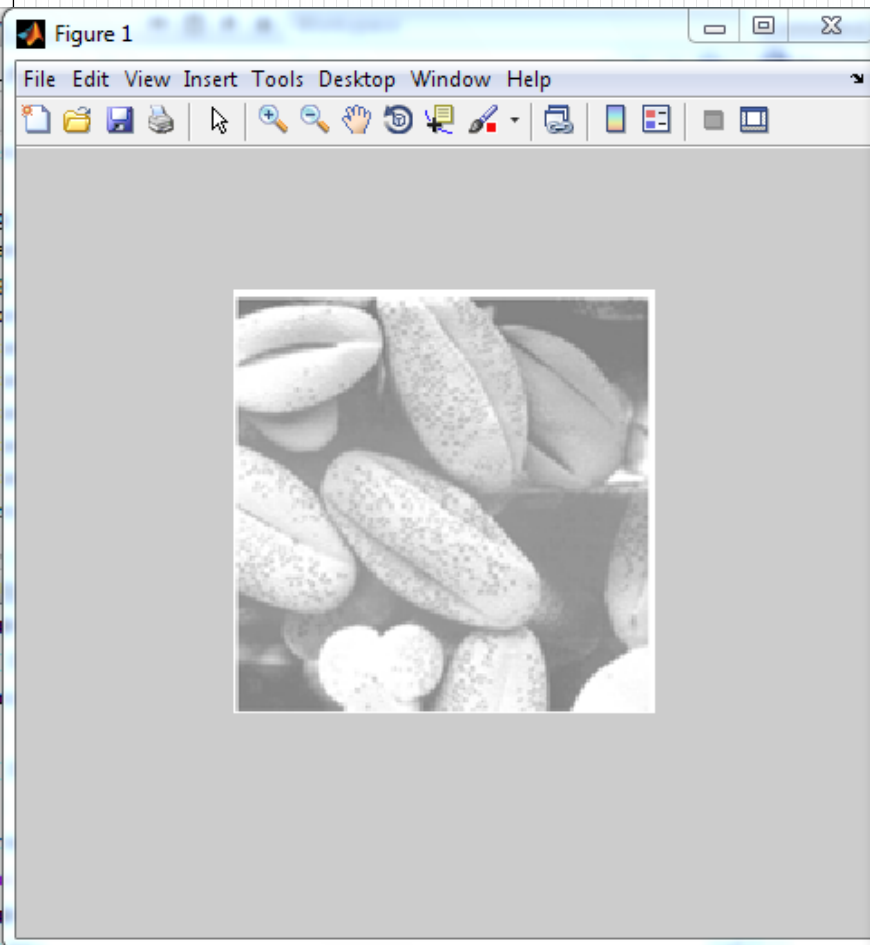
Histogram

□ Ảnh tối



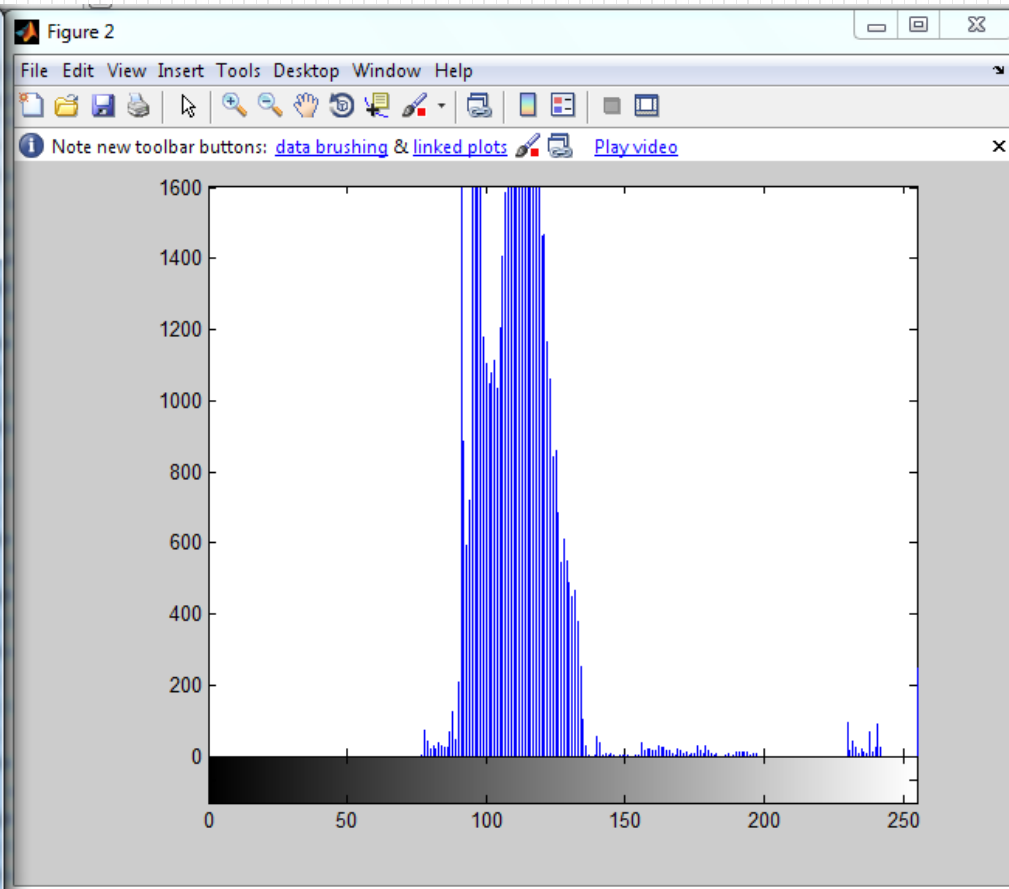
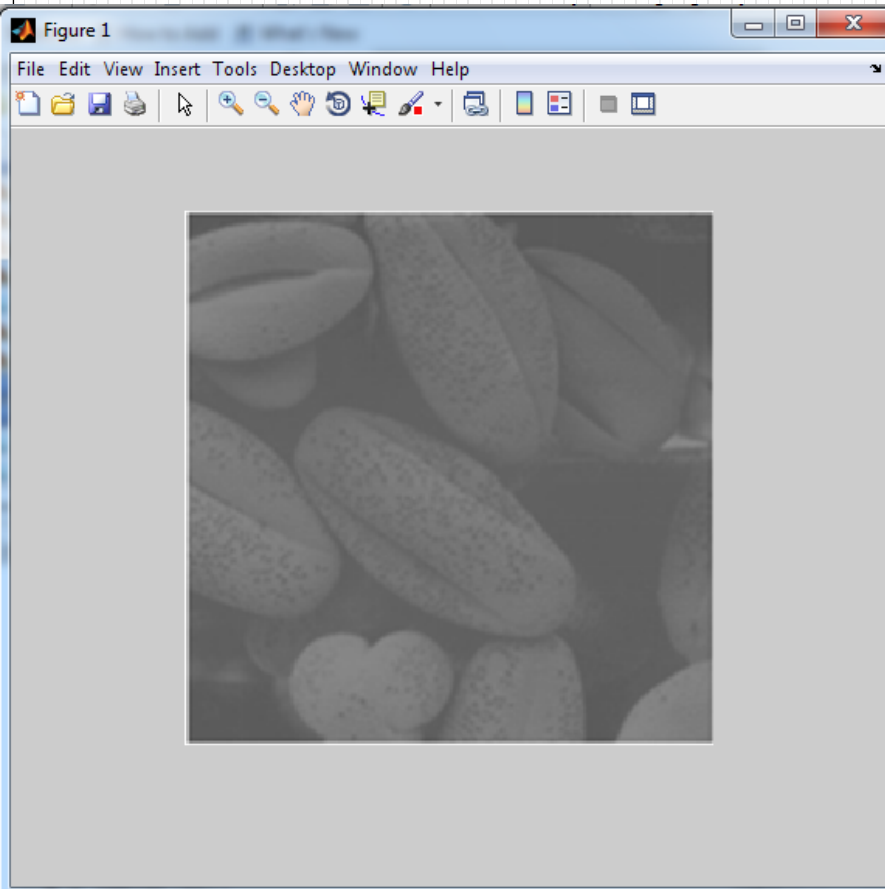
Histogram

□ Ảnh sáng



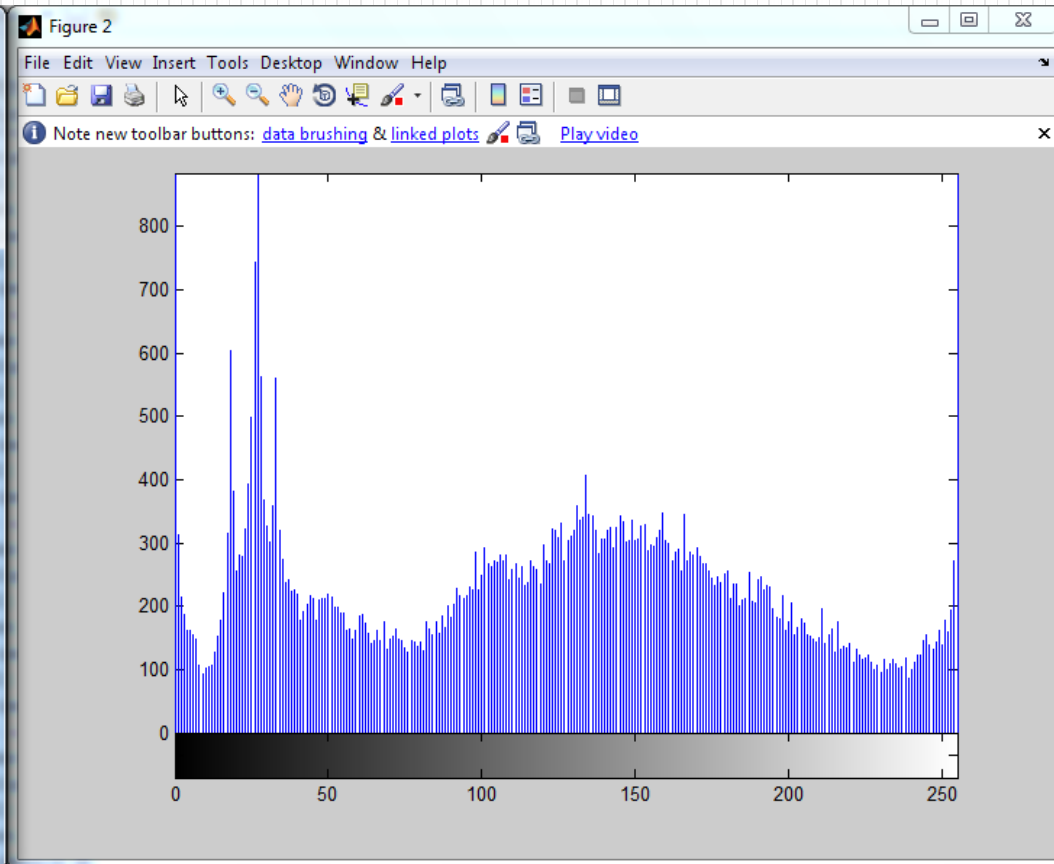
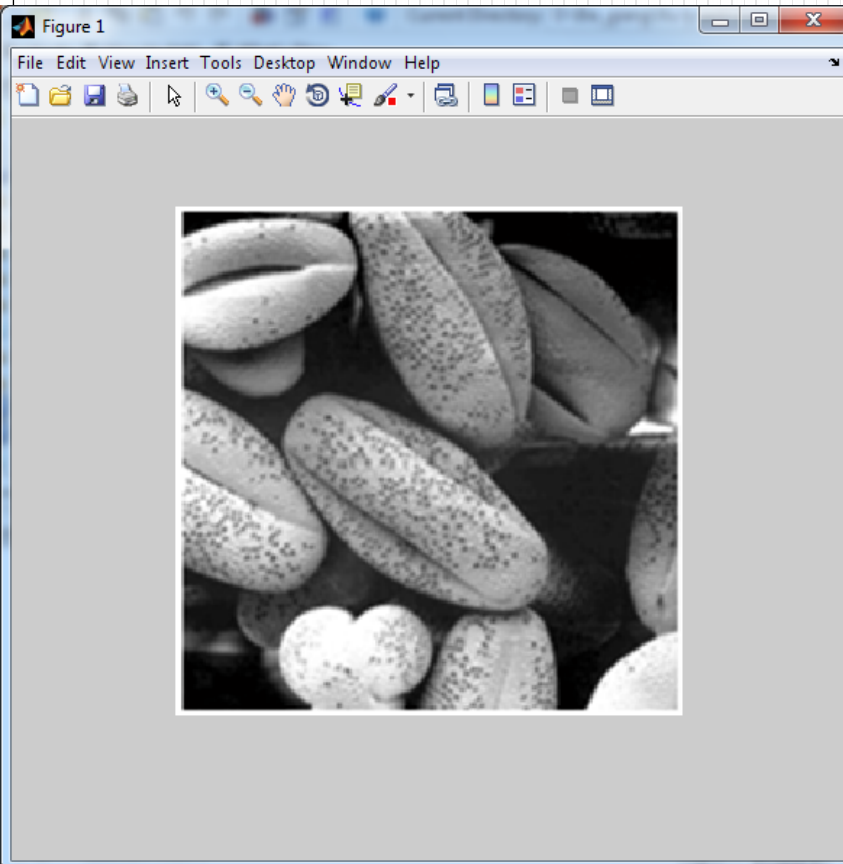
Histogram

□ Ảnh độ tương phản thấp



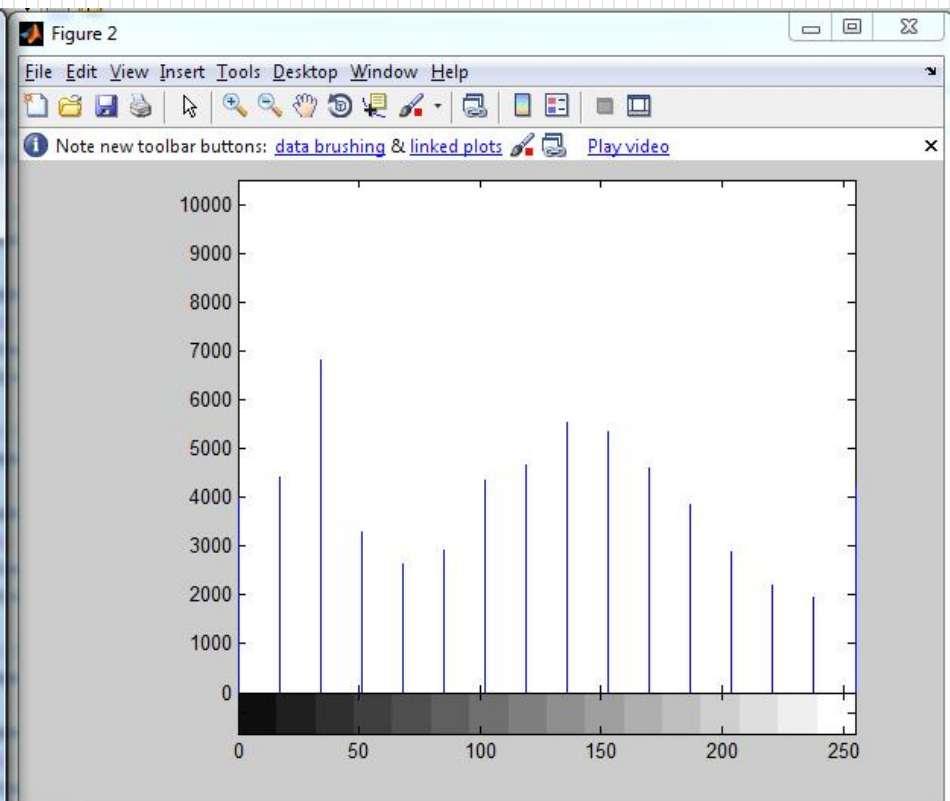
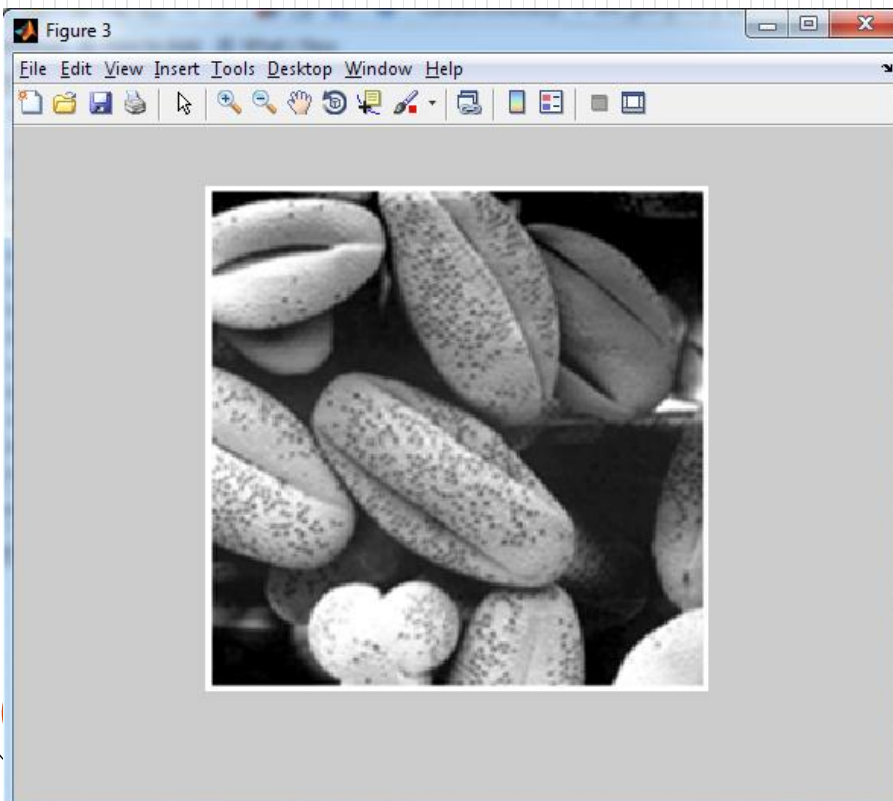
Histogram

□ Ảnh độ tương phản cao



Histogram

- ❑ Nhận xét?
- ❑ Khái niệm: số bins
 - Mặc định trong ảnh đa mức xám: 256 bins



Phép cân bằng histogram

□ Histogram equalization: tác dụng?

□ Trước hết xét trên miền liên tục

- r : biến ngẫu nhiên thể hiện các giá trị cấp xám trong ảnh ban đầu

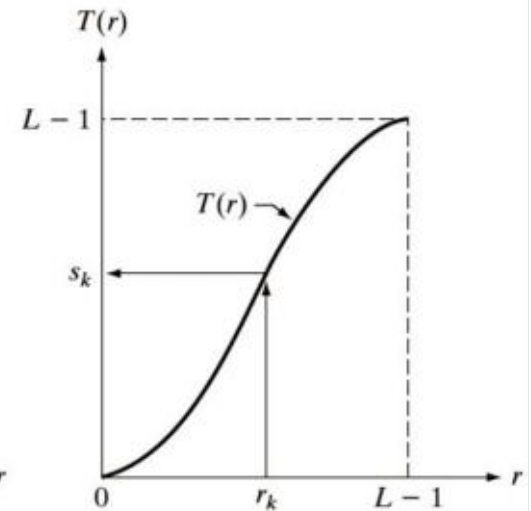
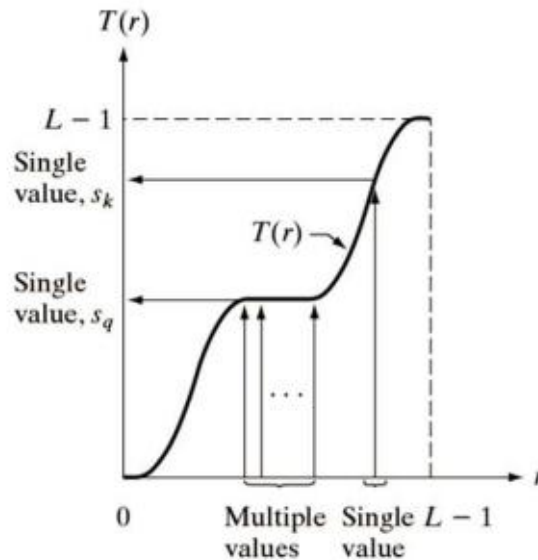
$$0 \leq r \leq 1$$

- s : biến ngẫu nhiên thể hiện giá trị cấp xám trong ảnh biến đổi
- Cần tìm phép biến đổi:

$$s = T[r]$$

Histogram equalization

$$s = T(r) : \begin{cases} T(0) = 0 \\ T(1) = 1 \\ T(r) \geq 0 \\ T'(r) \geq 0 \end{cases}$$



Histogram equalization

□ Theo lý thuyết xác suất nếu tồn tại phép biến đổi ngược từ $s \rightarrow r$ thì:

$$\begin{cases} s = T(r) \\ r = T^{-1}(s) \end{cases} \Rightarrow P_s(s) = P_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right|$$

□ Nếu chọn:

$$s = T(r) = (L-1) \int_0^r p_r(w) dw \Rightarrow \frac{ds}{dr} = \frac{dT(r)}{dr} = (L-1) p_r(r)$$

$$\Rightarrow p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| = p_r(r) \left| \frac{1}{p_r(r)} \right| = \frac{1}{L-1}, 0 \leq s \leq L-1$$

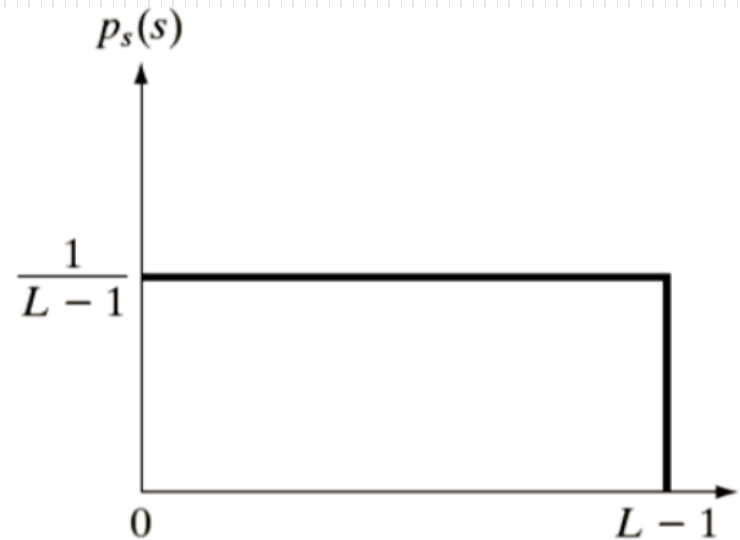
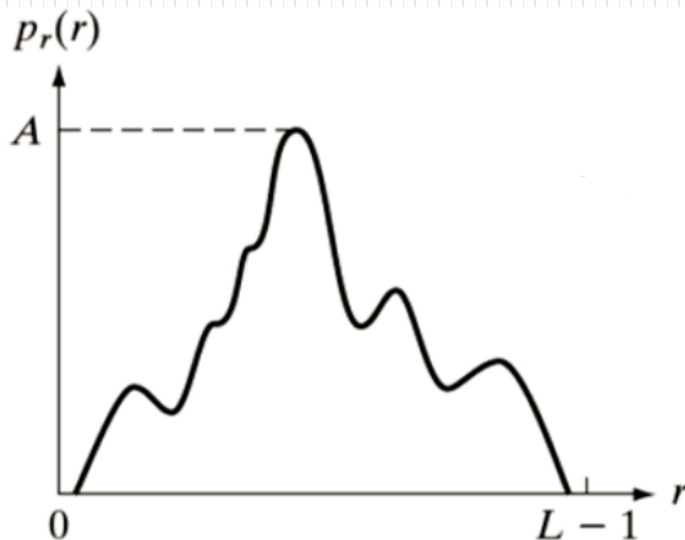
\therefore Uniform Distribution $[0, L-1]$

Histogram equalization

$$s = T(r) = (L-1) \int_0^r p_r(w) dw \Rightarrow \frac{ds}{dr} = \frac{dT(r)}{dr} = (L-1) p_r(r)$$

$$\Rightarrow p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| = p_r(r) \left| \frac{1}{p_r(r)} \right| = \frac{1}{L-1}, 0 \leq s \leq L-1$$

\therefore Uniform Distribution $[0, L-1]$



Histogram equalization

□ Trên miền rời rạc (áp dụng cho ảnh số)

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} = \frac{n_k}{n}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

$$S_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j, \quad k = 0, 1, \dots, L-1$$

$$\hat{S}_k^1 = \lfloor S_k + 0.5 \rfloor = \text{round}(S_k)$$

$$\hat{S}_k^2 = \left\lfloor \frac{S_k - S_k^{\min}}{L-1 - S_k^{\min}} (L-1) + 0.5 \right\rfloor$$

Histogram equalization

- Ảnh mới nhận được bằng cách ánh xạ mỗi pixel tại cấp xám r_k trong ảnh ban đầu với pixel tương ứng tại mức xám s_k

r_k	n_k	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

Phân bố cường độ
sáng của ảnh 3 bit
dữ liệu: size 64 x 64



s_k	\hat{s}_k
1.33	1
3.08	3
4.55	5
5.67	6
6.23	6
6.56	7
6.86	7
7.00	7

$$S_k = 7 \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$$

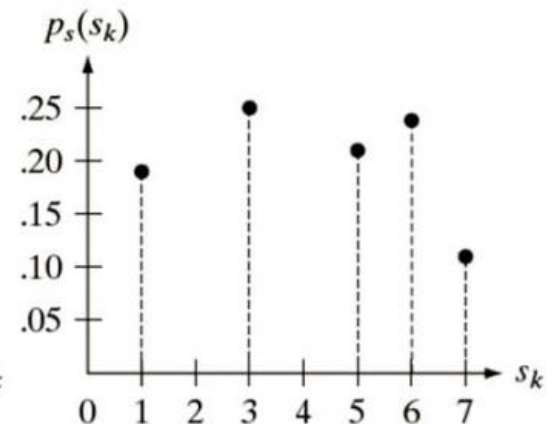
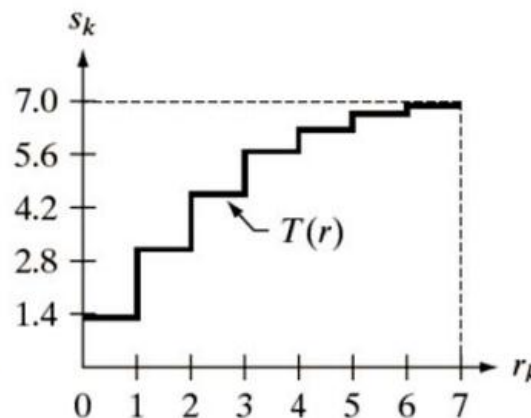
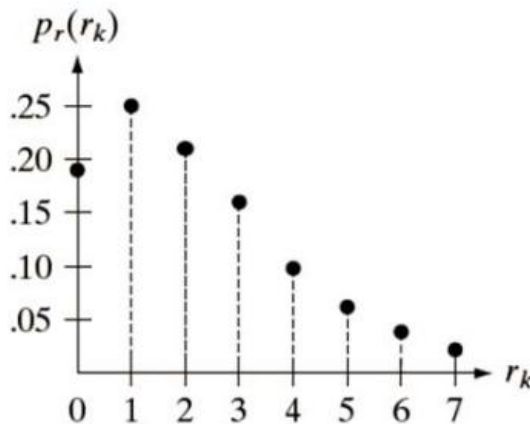
r_k	n_k	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

**Phân bố cường độ
sáng của ảnh 3 bit
dữ liệu: size 64 x 64**

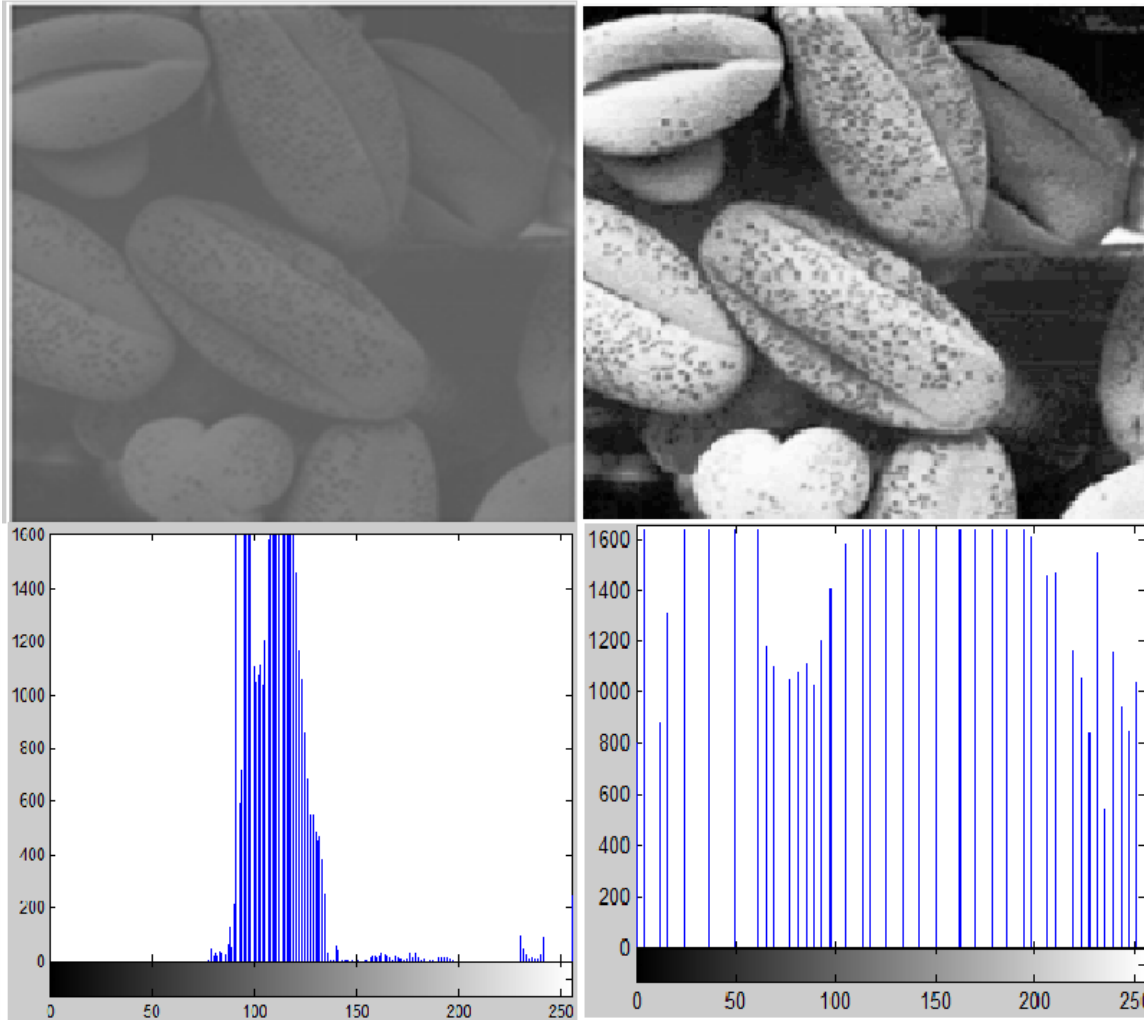


S_k	\hat{S}_k
1.33	1
3.08	3
4.55	5
5.67	6
6.23	6
6.56	7
6.86	7
7.00	7

$$S_k = 7 \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$$



Histogram equalization

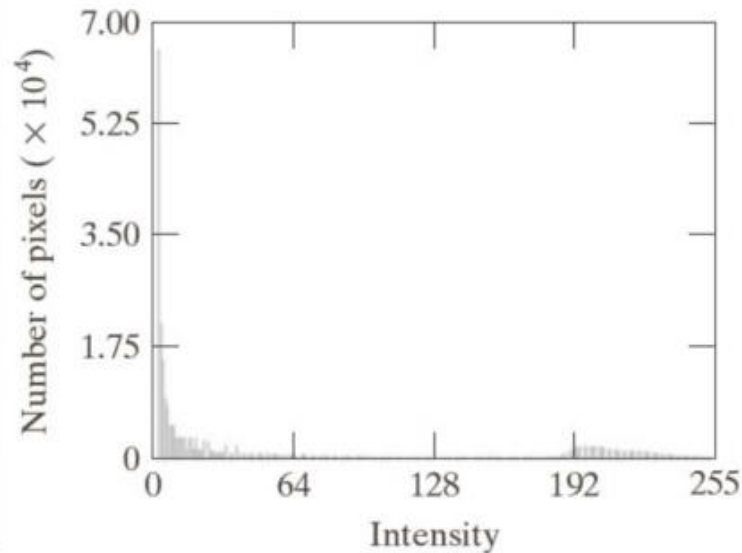


Histogram equalization

□ Thảo luận

- So sánh: Cân bằng histogram và phép biến đổi tăng độ tương phản bằng tuyến tính từng khúc
- Cân bằng histogram trường hợp nào cũng tốt?

Histogram equalization

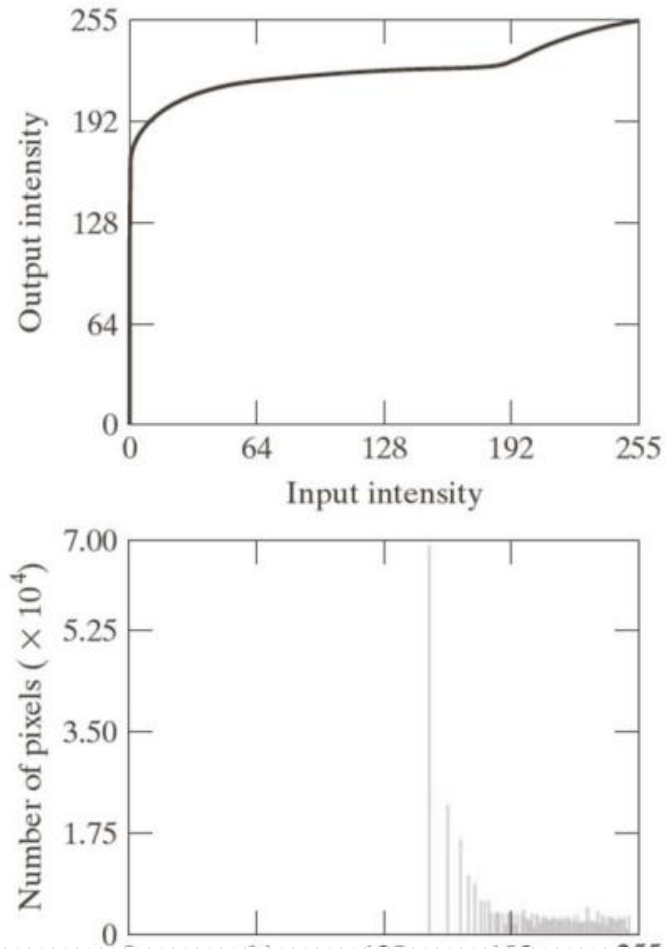


a b

FIGURE 3.23

(a) Image of the Mars moon Phobos taken by NASA's *Mars Global Surveyor*. (b) Histogram. (Original image courtesy of NASA.)

Histogram equalization



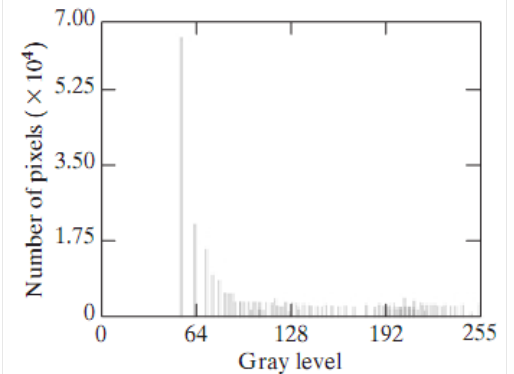
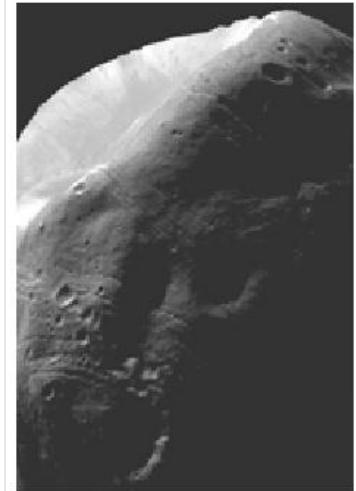
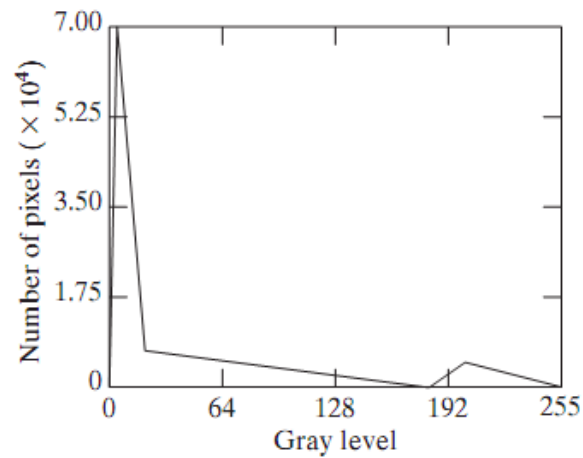
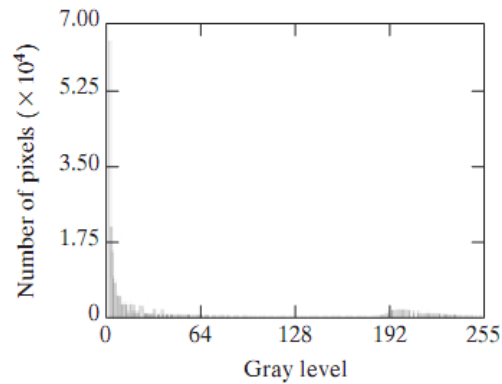
a b
c

FIGURE 3.24
(a) Transformation function for histogram equalization.
(b) Histogram-equalized image (note the washed-out appearance).
(c) Histogram of (b).

Histogram matching/specification

- ❑ Nhiều trường hợp: histogram phân bố đều không cho kết quả ảnh tốt nhất
 - ❑ → Chỉ định histogram có hình dạng tốt
 - ❑ → Biến đổi ảnh theo hình dạng histogram cho trước
- Bài toán histogram matching hay histogram specification

Histogram matching



Histogram matching

□ Ý tưởng trên miền liên tục

$$p_r(r) \xrightarrow{?} p_z(z)$$

$$\left. \begin{aligned} s = T(r) &= (L-1) \int_0^r p_r(w) dw \\ G(z) &= (L-1) \int_0^z p_z(t) dt = \mathbf{s} \end{aligned} \right\} \Rightarrow z = G^{-1}[T(r)] = G^{-1}[s]$$

Histogram matching

□ Áp dụng trên miền rời rạc (ảnh số)

- Từ r_k tính s_k
$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$$
$$= \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

- Từ s_k tính v_k
$$v_k = G(z_k) = \sum_{i=0}^k p_z(z_i) = s_k \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

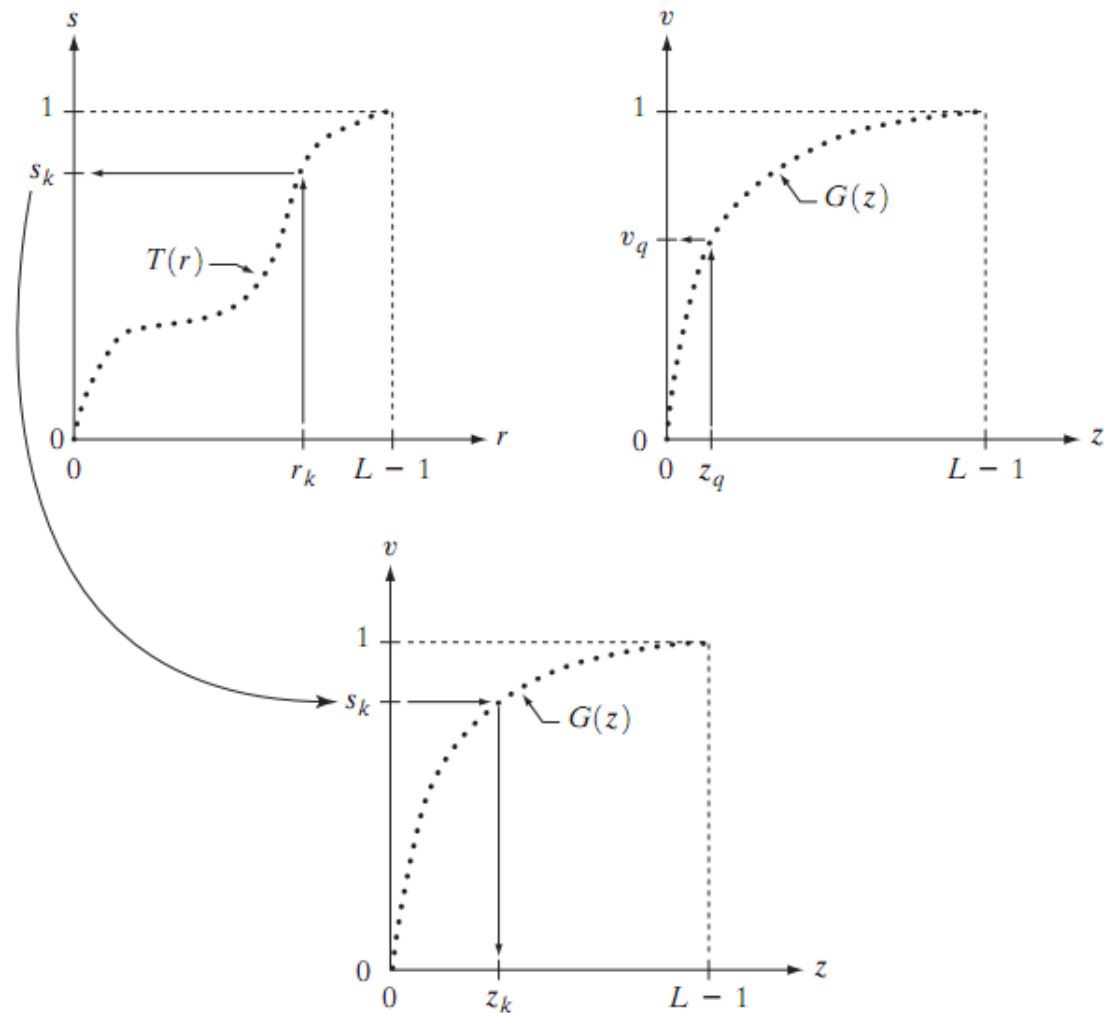
- Từ đó tính z_k
$$z_k = G^{-1}[T(r_k)] \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$
$$z_k = G^{-1}(s_k) \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1.$$

Histogram matching

a b
c

FIGURE 3.19

(a) Graphical interpretation of mapping from r_k to s_k via $T(r)$.
(b) Mapping of z_q to its corresponding value v_q via $G(z)$.
(c) Inverse mapping from s_k to its corresponding value of z_k .



Histogram matching

□ Ứng dụng

- Hiệu chỉnh các ảnh chụp cùng một cảnh, nhưng được chụp bởi các camera, sensor khác nhau

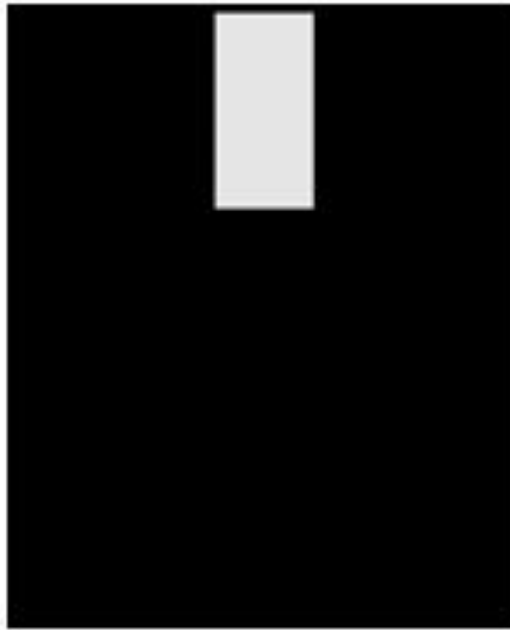
Các phép biến đổi ảnh dựa trên các phép toán số học/logic

- ❑ Phép AND ảnh
- ❑ Phép OR ảnh
- ❑ Phép trừ ảnh
- ❑ Phép cộng ảnh

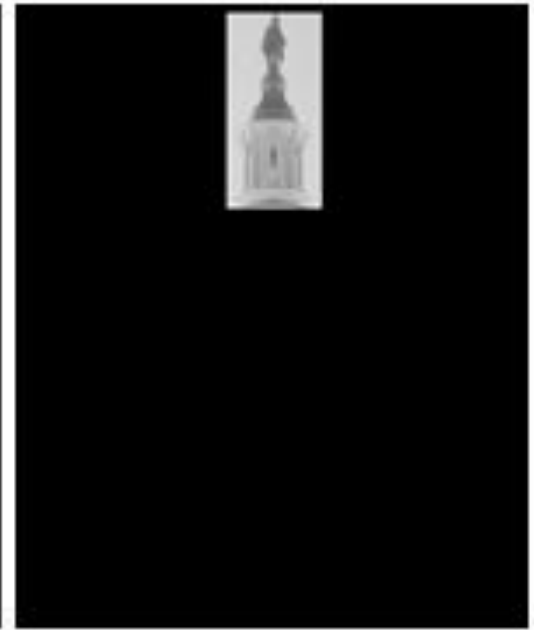
Phép AND ảnh



Ảnh gốc



Mặt nạ AND

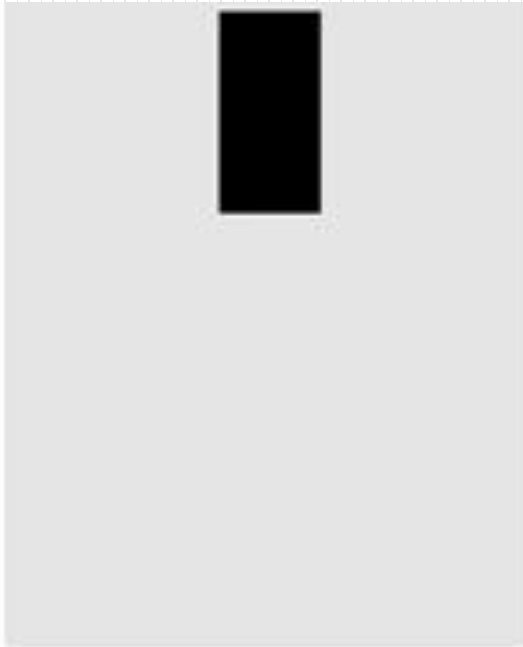


Phép AND ảnh

Phép OR ảnh



Ảnh gốc



Mặt nạ OR



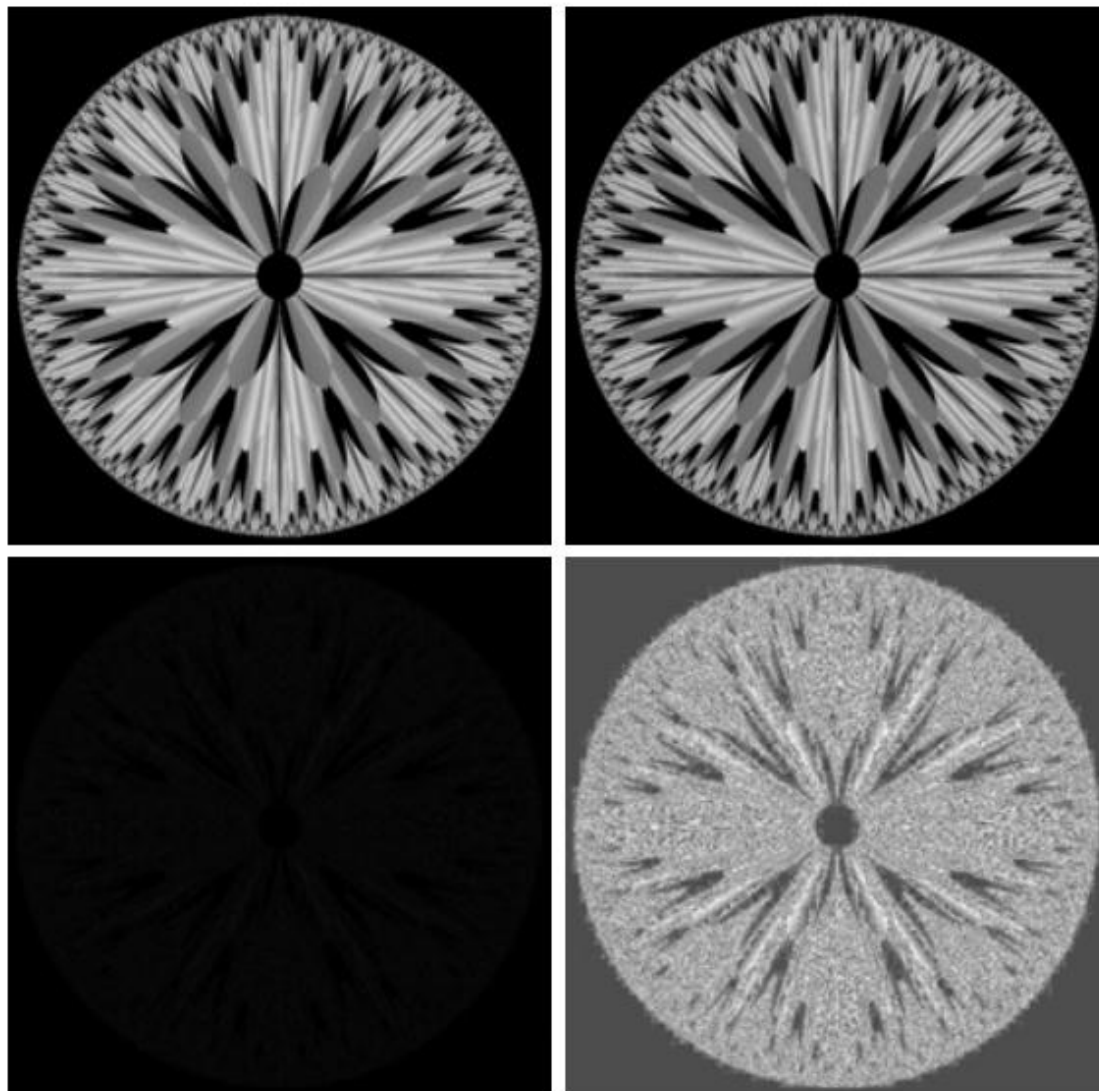
Phép OR ảnh

Phép trừ ảnh

a b
c d

FIGURE 3.28

(a) Original fractal image.
(b) Result of setting the four lower-order bit planes to zero.
(c) Difference between (a) and (b).
(d) Histogram-equalized difference image. (Original image courtesy of Ms. Melissa D. Binde, Swarthmore College, Swarthmore, PA).



Trung bình ảnh

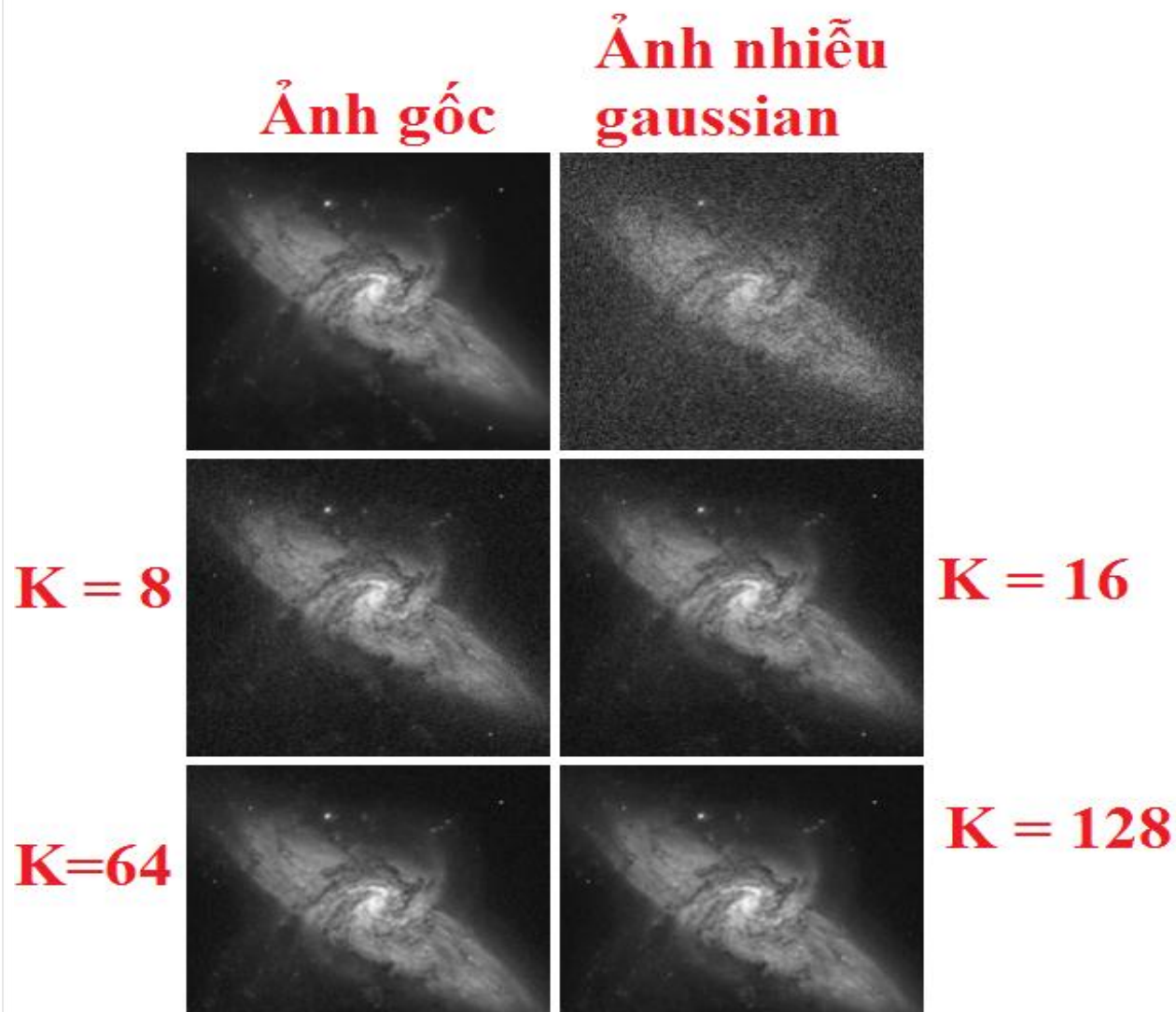
- $g(x,y)$ là ảnh nhiễu thu được bởi ảnh gốc $f(x,y)$ và nhiễu $\eta(x,y)$

$$g(x,y) = f(x,y) + \eta(x,y)$$

- Với tập ảnh nhiễu $\{g(x,y)\}$

$$\bar{g}(x,y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x,y)$$

Phép trung bình ảnh



Bài tập

□ Cho ảnh như sau: 8 bit – 8 x 8

52	55	61	66	70	61	64	73
63	59	55	90	109	85	69	72
62	59	68	113	144	104	66	73
63	58	71	122	154	106	70	69
67	61	68	104	126	88	68	70
79	65	60	70	77	68	58	75
85	71	64	59	55	61	65	83
87	79	69	68	65	76	78	94

- 1) Tính và vẽ histogram trong các trường hợp: 8 bins, 16 bins, 32 bins
- 2) Nhận xét về độ tương phản của ảnh trên
- 3) Cân bằng histogram cho ảnh trên,
 - Vẽ histogram sau khi cân bằng
 - Tính toán lại các giá trị điểm ảnh ứng với histogram mới