

Image & Operators

CONTENTS

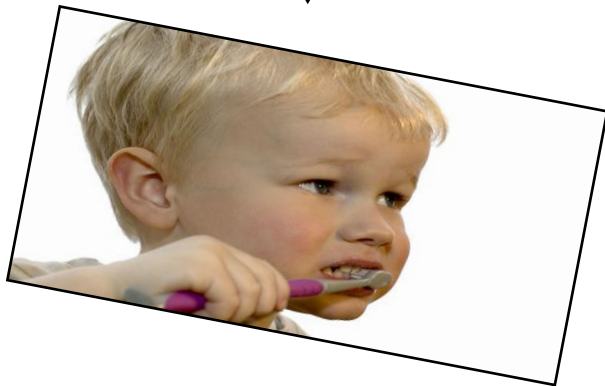
- **What is an image?**
- **Point operators**
- **Histogram equalization**

...What is an image?

What types of image transformations can we do?



Warping



changes pixel *locations*

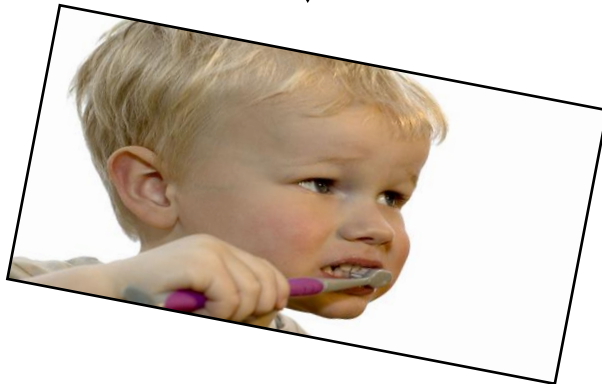


Filtering

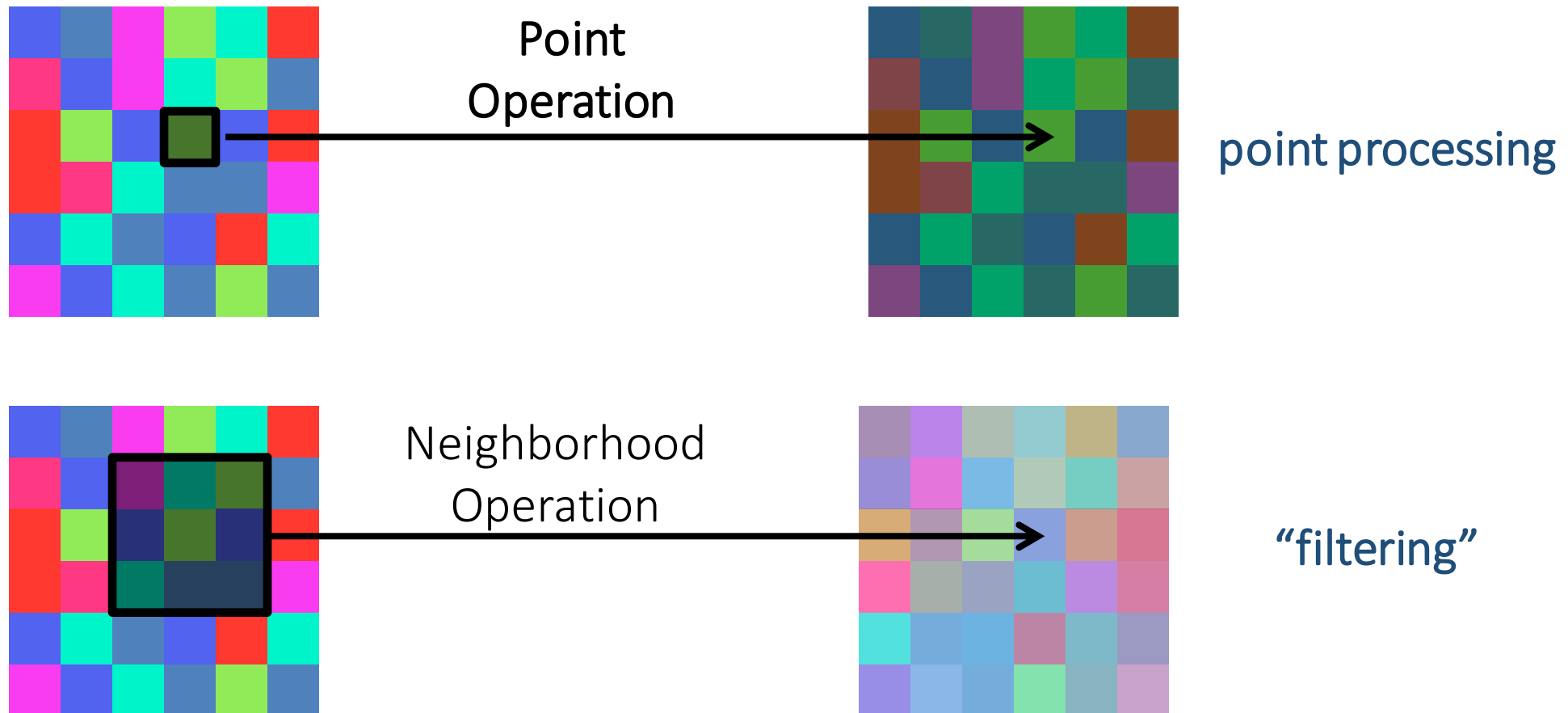


changes pixel *values*

What types of image transformations can we do?

 F Warping $\downarrow G(\mathbf{x}) = F(h\{\mathbf{x}\})$ G changes pixel *locations* F Filtering $\downarrow G(\mathbf{x}) = h\{F(\mathbf{x})\}$ G changes pixel *values*

What types of image transformations can we do?



- What is an image?
- **Point operators**
- Histogram equalization

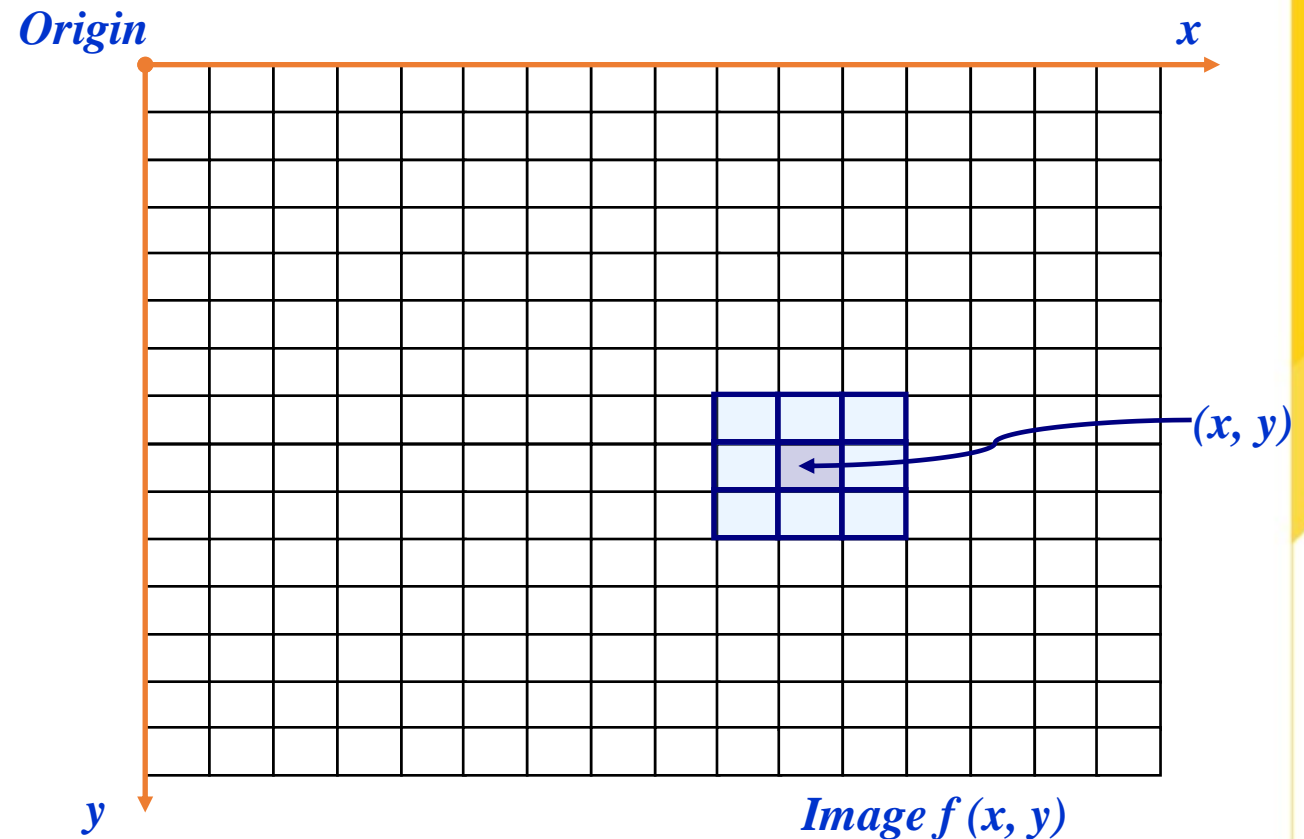
- Reverse Image
- Image Thresholding
- Logarithmic Transforms
- Grey level Slicing
- Bit plane Slicing

⇒ Cải thiện ảnh thao tác điểm ảnh

- Hầu hết các thao tác cải thiện ảnh trong miền không gian đều có dạng

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

$f(x, y)$ là ảnh vào,
 $g(x, y)$ là ảnh đã xử lý,
 T là toán tử được định nghĩa trên lân cận của (x, y)



- Các thao tác miền không gian đơn giản nhất xảy ra khi lân cận cũng là chính là điểm ảnh đó
- Trong trường hợp này T được xem như hàm chuyển đổi mức xám hoặc thao tác xử lý điểm ảnh
- Các thao tác xử lý điểm ảnh có dạng

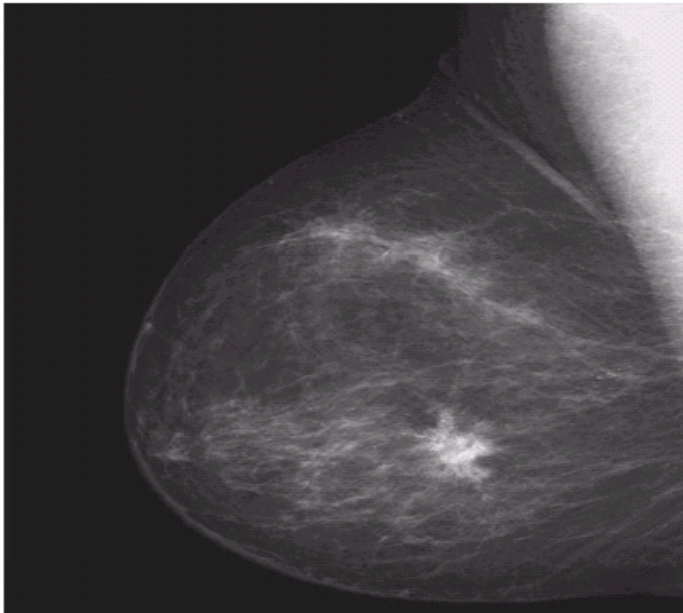
$$s = T (r)$$

- s là điểm ảnh đã xử lý
- r là điểm ảnh ban đầu

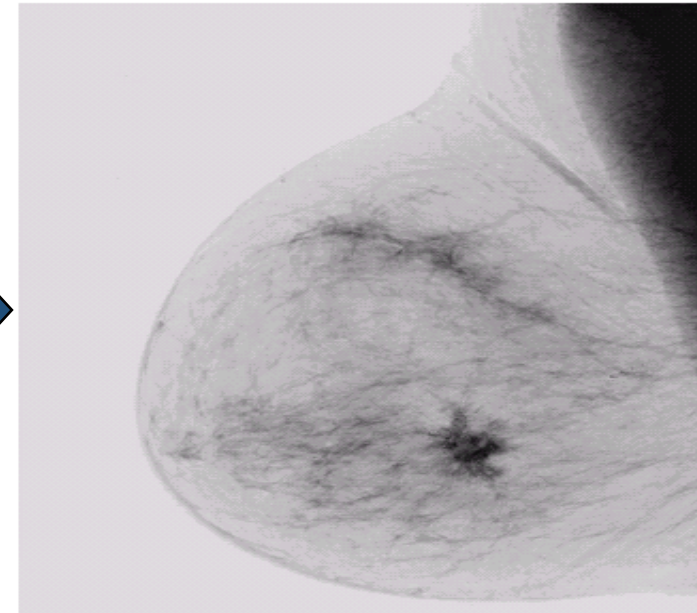
- **Reverse Image**

- Cải thiện các chi tiết màu trắng hay màu xám nằm trong vùng tối của ảnh

Original
Image



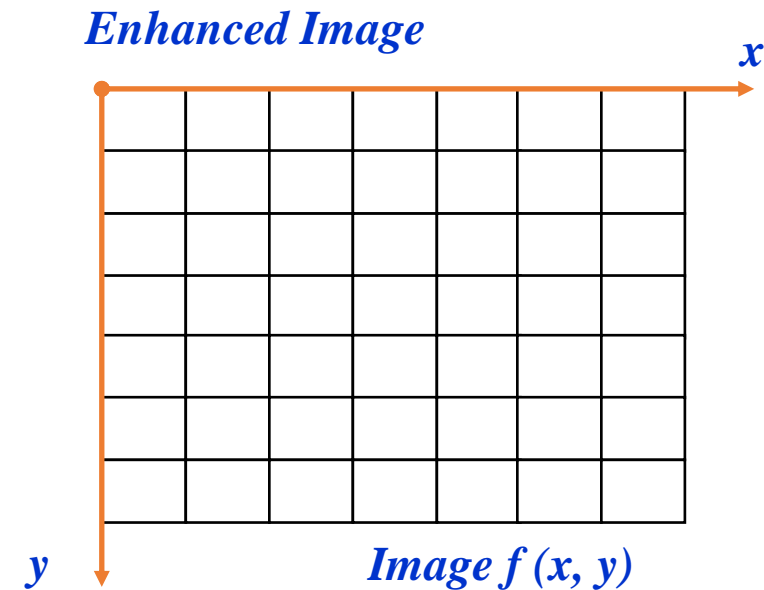
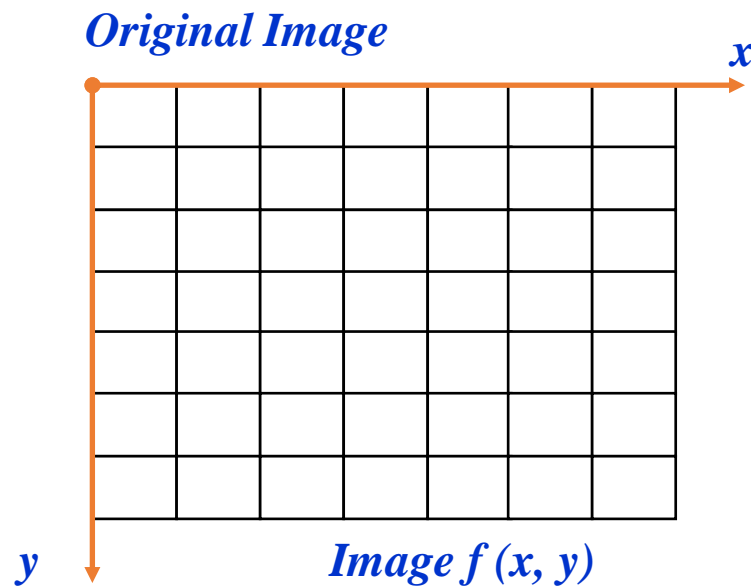
$$s = 1.0 - r$$



Negative
Image

- **Reverse Image**

- Cải thiện các chi tiết màu trắng hay màu xám nằm trong vùng tối của ảnh



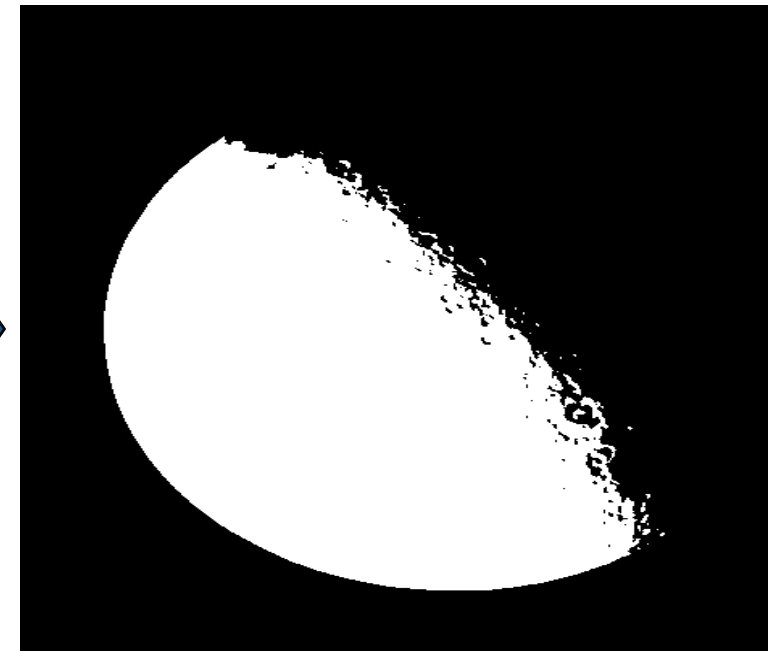
$$s = intensity_{max} - r$$

- **Image Thresholding**

- Hữu ích với phân đoạn ảnh: cô lập một đối tượng so với nền

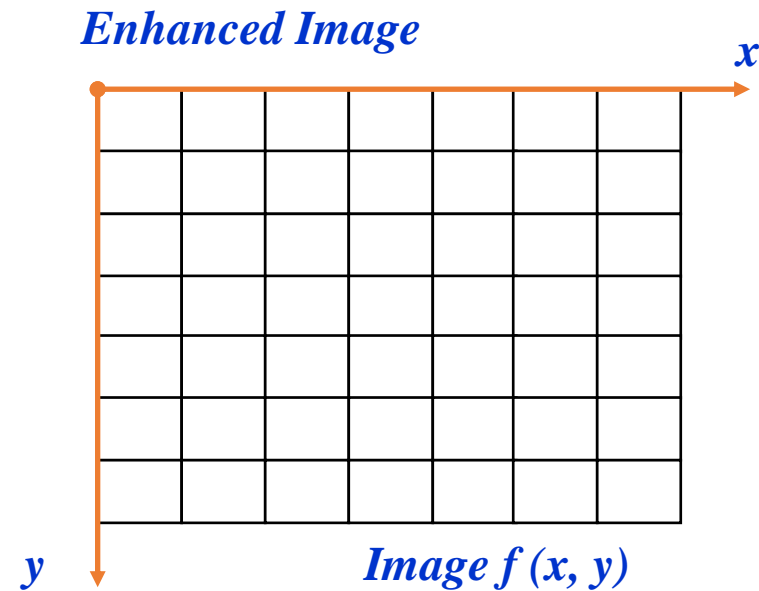
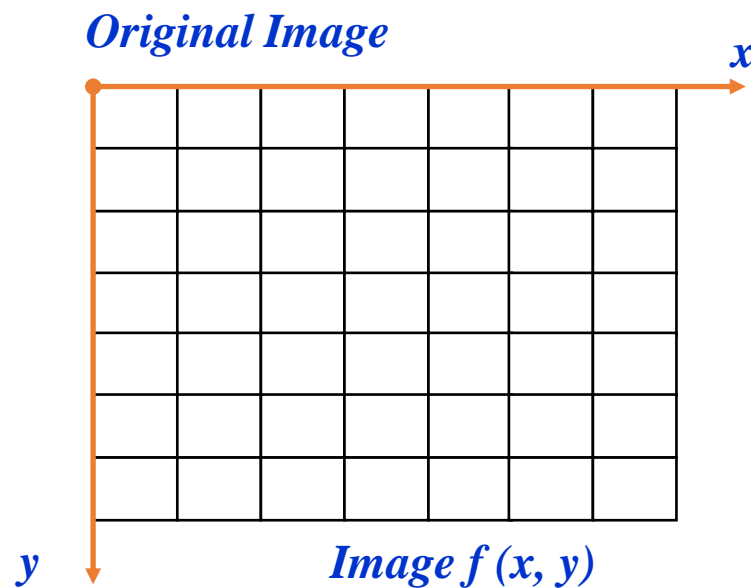


$$s = \begin{cases} 1.0 & r > \text{threshold} \\ 0.0 & r \leq \text{threshold} \end{cases}$$



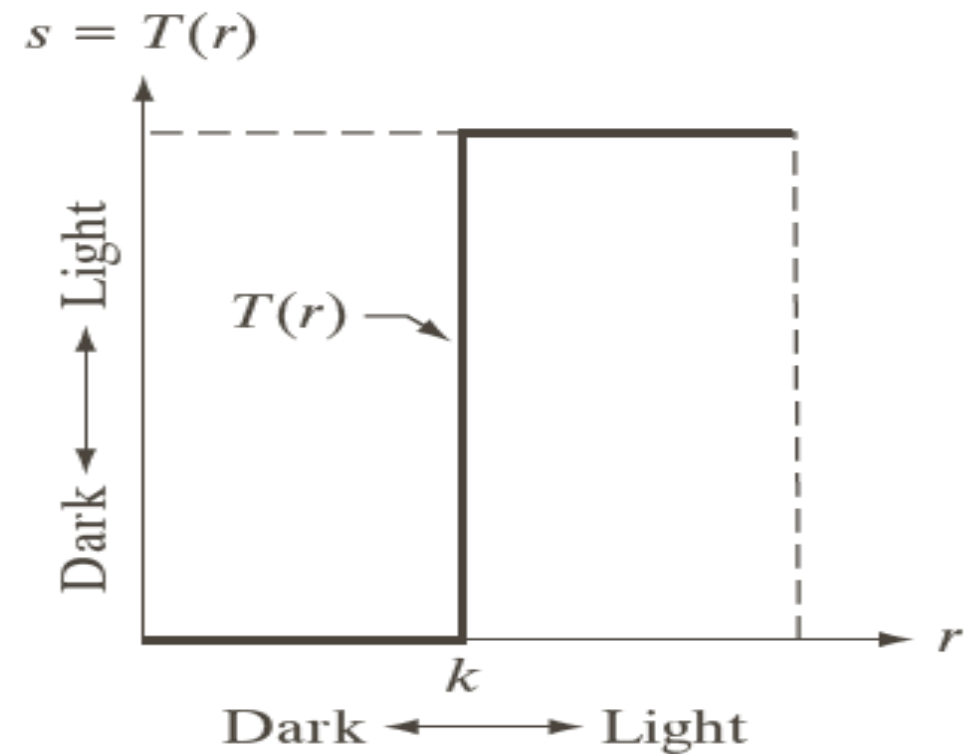
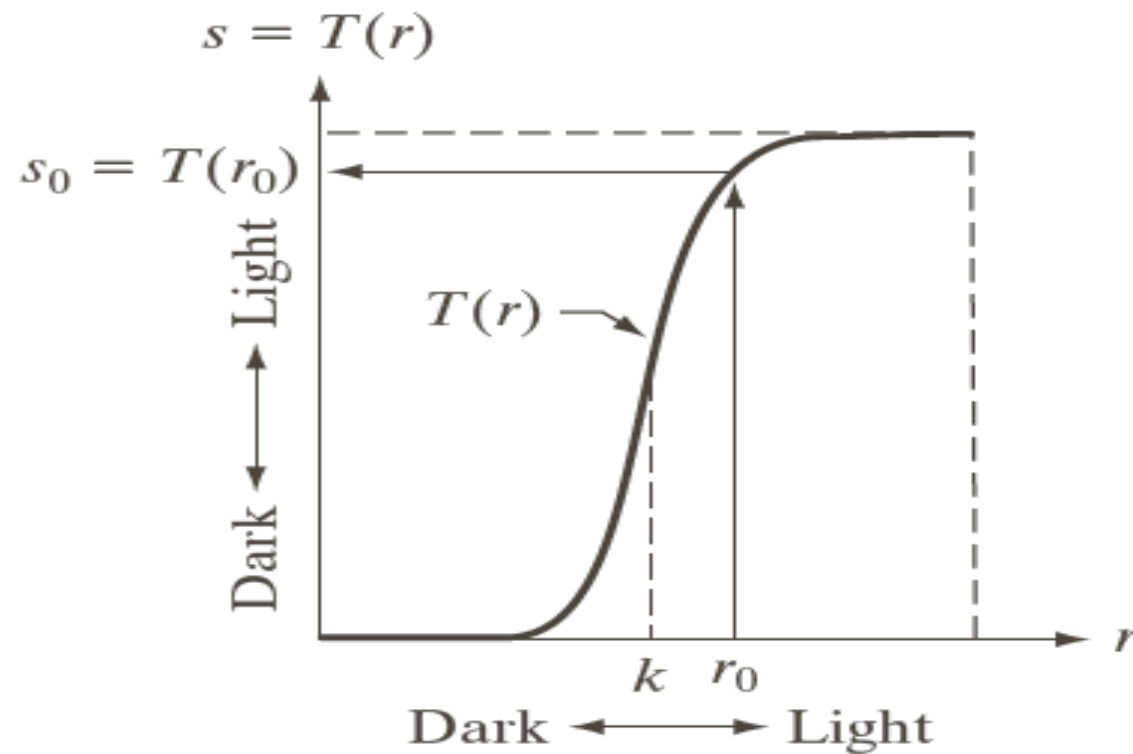
- **Image Thresholding**

- Hữu ích với phân đoạn ảnh: cô lập một đối tượng so với nền



$$s = \begin{cases} 1.0 & r > threshold \\ 0.0 & r \leq threshold \end{cases}$$

Chuyển đổi độ sáng



- Có nhiều kiểu chuyển đổi độ xám khác nhau

- Ba kiểu hay dùng

- **Tuyến tính**

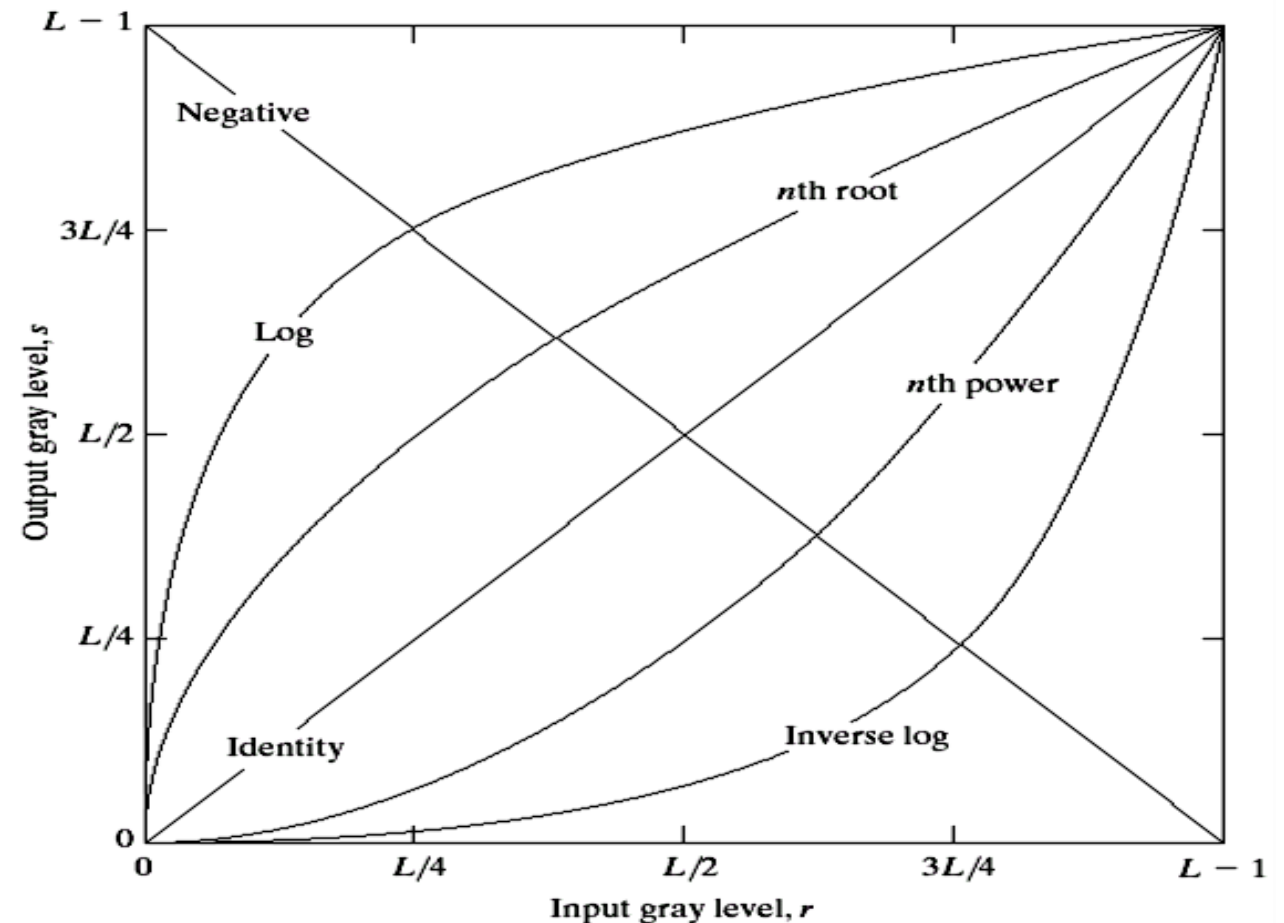
- Negative/Identity

- **Logarithmic**

- Log/Inverse log

- **Luật hàm mũ**

- n^{th} power/ n^{th} root



Logarithmic transforms

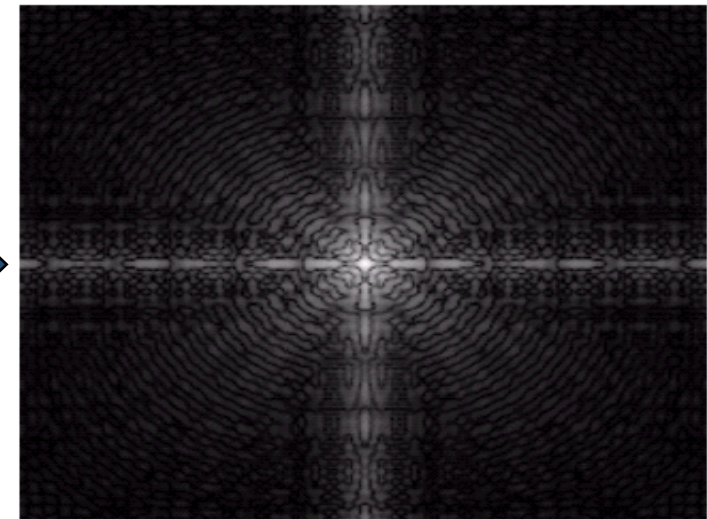
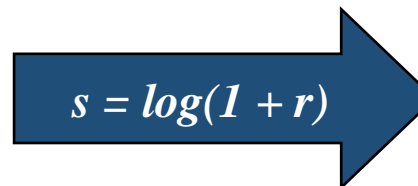
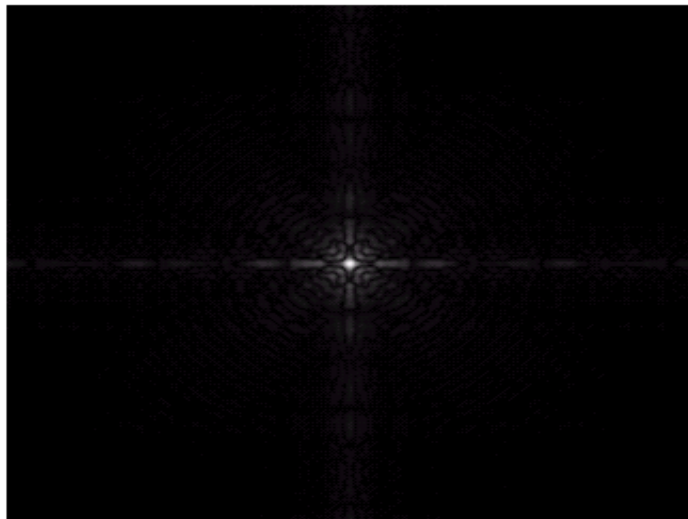
- Dạng tổng quát của biến đổi log:

$$s = c * \log(1 + r)$$

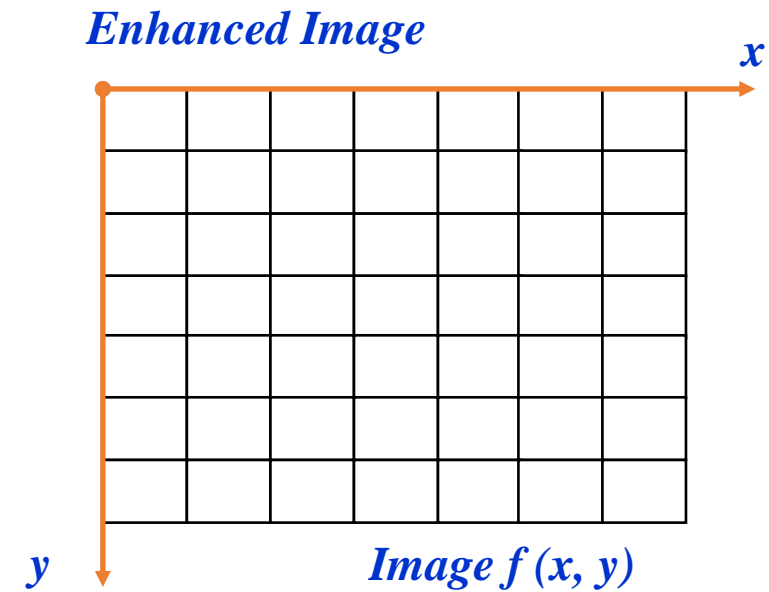
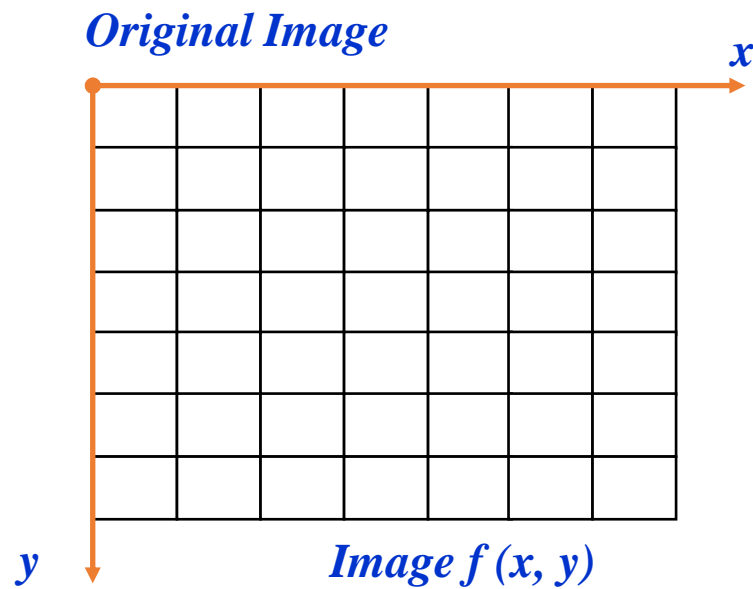
- ⇒ Biến đổi log ánh xạ vùng hẹp các mức sáng đầu vào thành vùng rộng các mức sáng đầu ra
- ⇒ Biến đổi log ngược thực hiện chuyển đổi ngược lại

Logarithmic transforms

- Các hàm log rất hữu ích khi các giá trị độ xám của ảnh đầu vào có miền giá trị rộng.
- ví dụ, biến đổi Fourier của một ảnh được chuyển sang biến đổi log để làm rõ hơn các chi tiết.



Logarithmic transforms



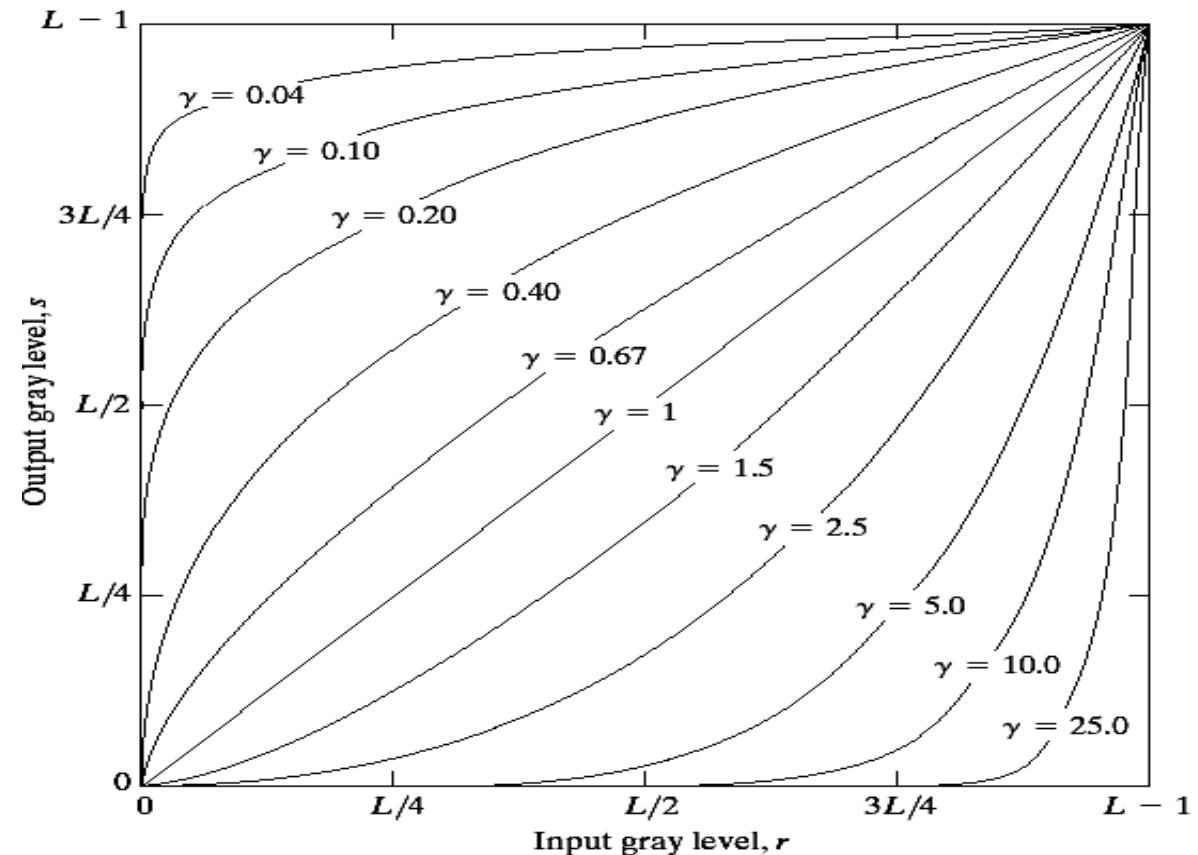
$$s = \log(1 + r)$$

Biến đổi hàm mũ

- Các biến đổi lũy thừa có dạng:

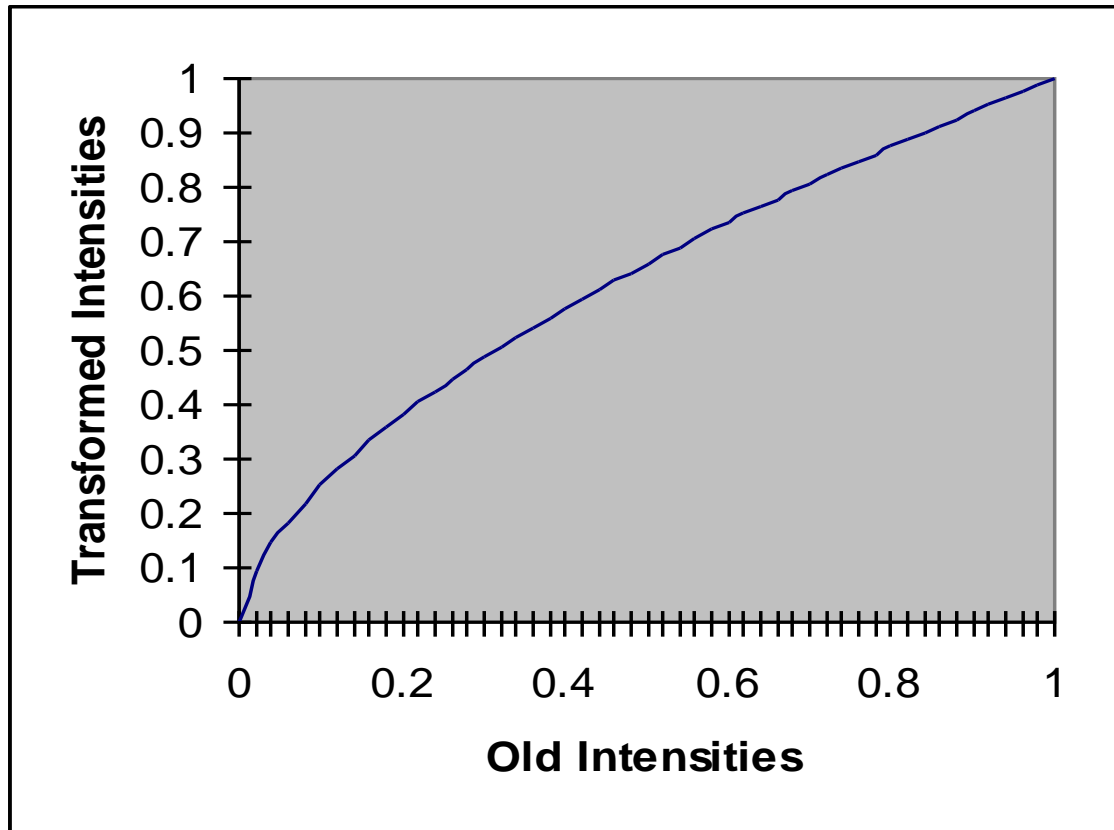
$$s = c * r^\gamma$$

- Ánh xạ phạm vi hẹp các giá trị độ xám đầu vào sang phạm vi rộng hơn các giá trị đầu ra hoặc ngược lại
- Thay đổi γ cho ta họ đường cong
- Thông thường, thường thiết lập $c=1$
- Các mức độ xám trong phạm vi $[0.0, 1.0]$



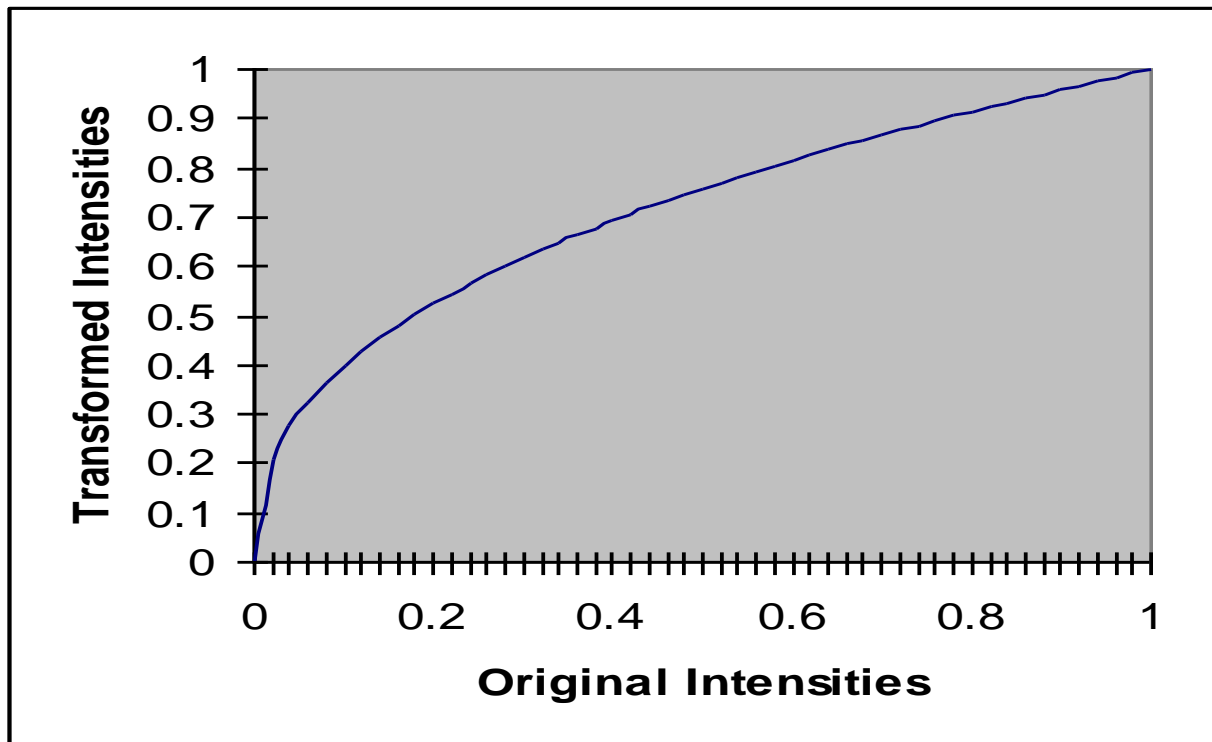
Biến đổi hàm mũ

$$\gamma = 0.6$$



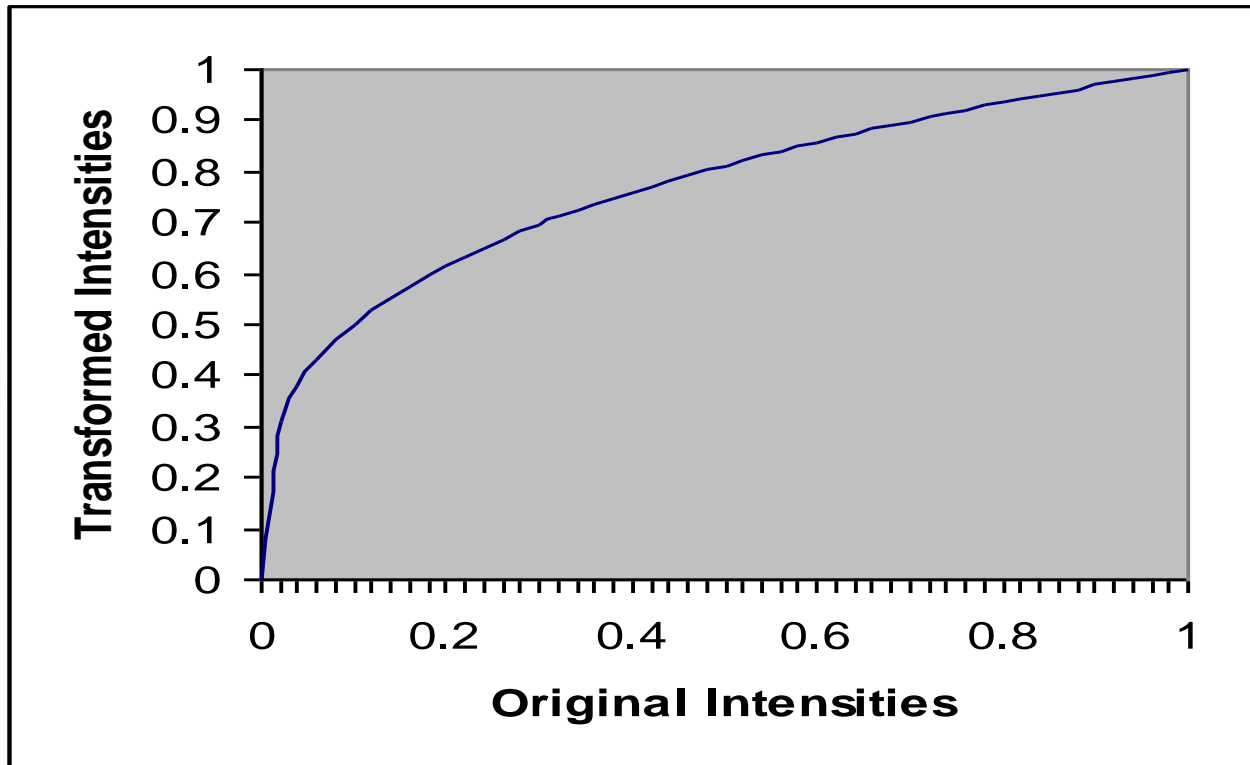
Biến đổi hàm mũ

$$\gamma = 0.4$$



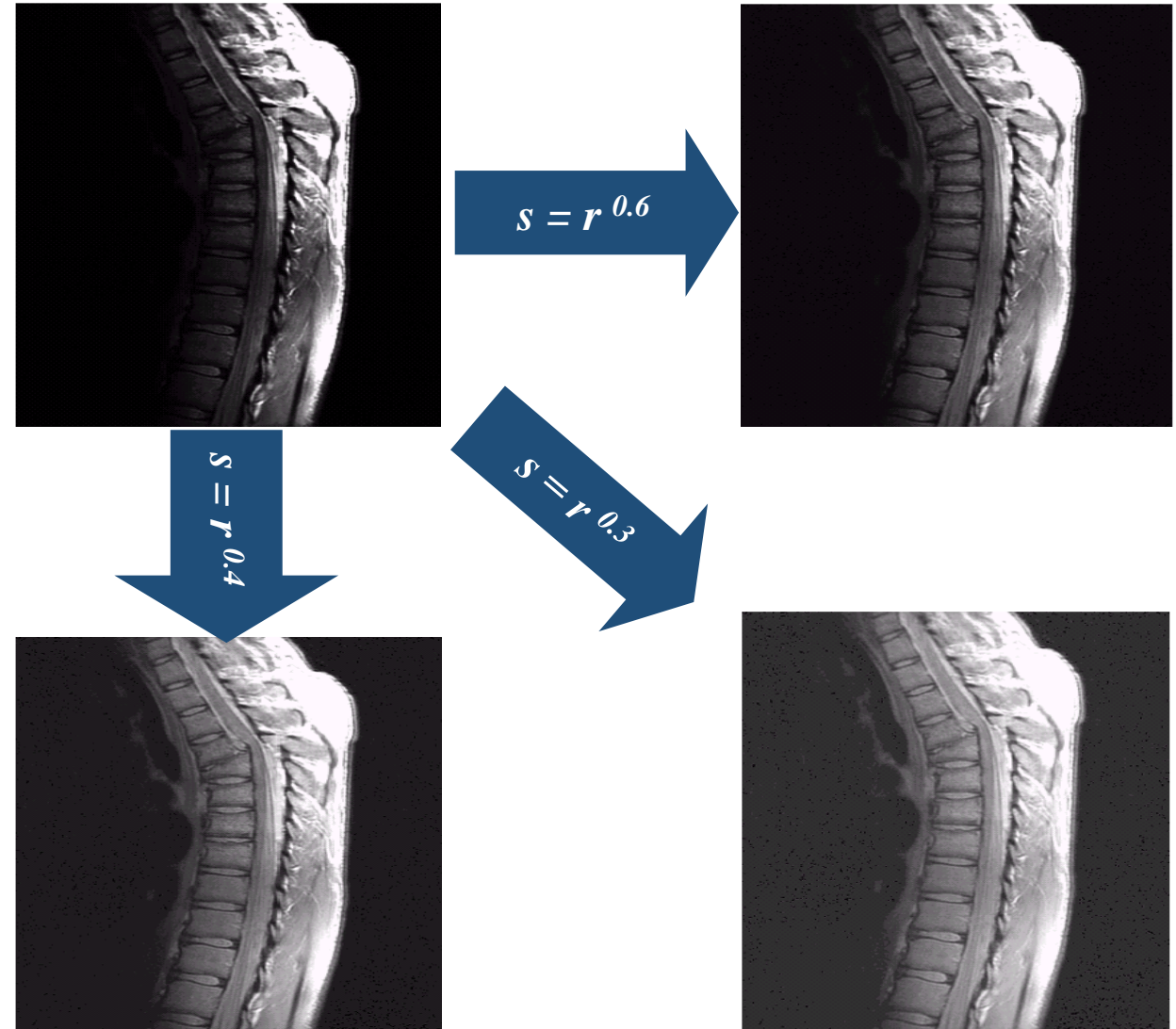
Biến đổi hàm mũ

$$\gamma = 0.3$$



Biến đổi hàm mũ

- Ảnh cộng hưởng từ của bệnh nhân bị gãy cột sống
- Các đường cong làm nổi các chi tiết khác nhau

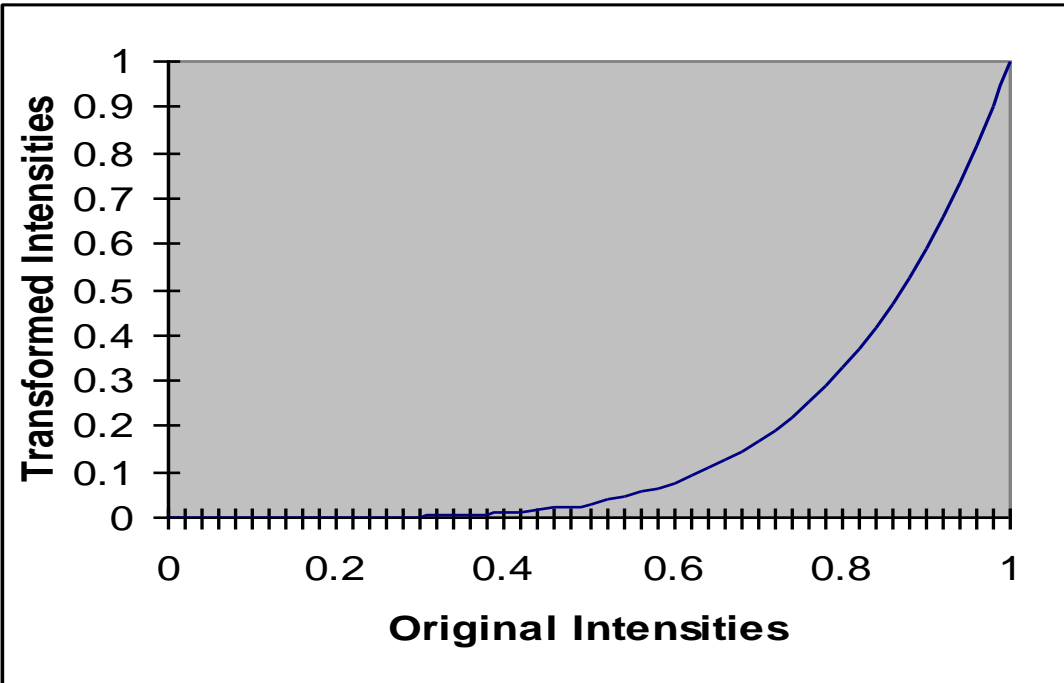


Biến đổi hàm mũ



Biến đổi hàm mũ

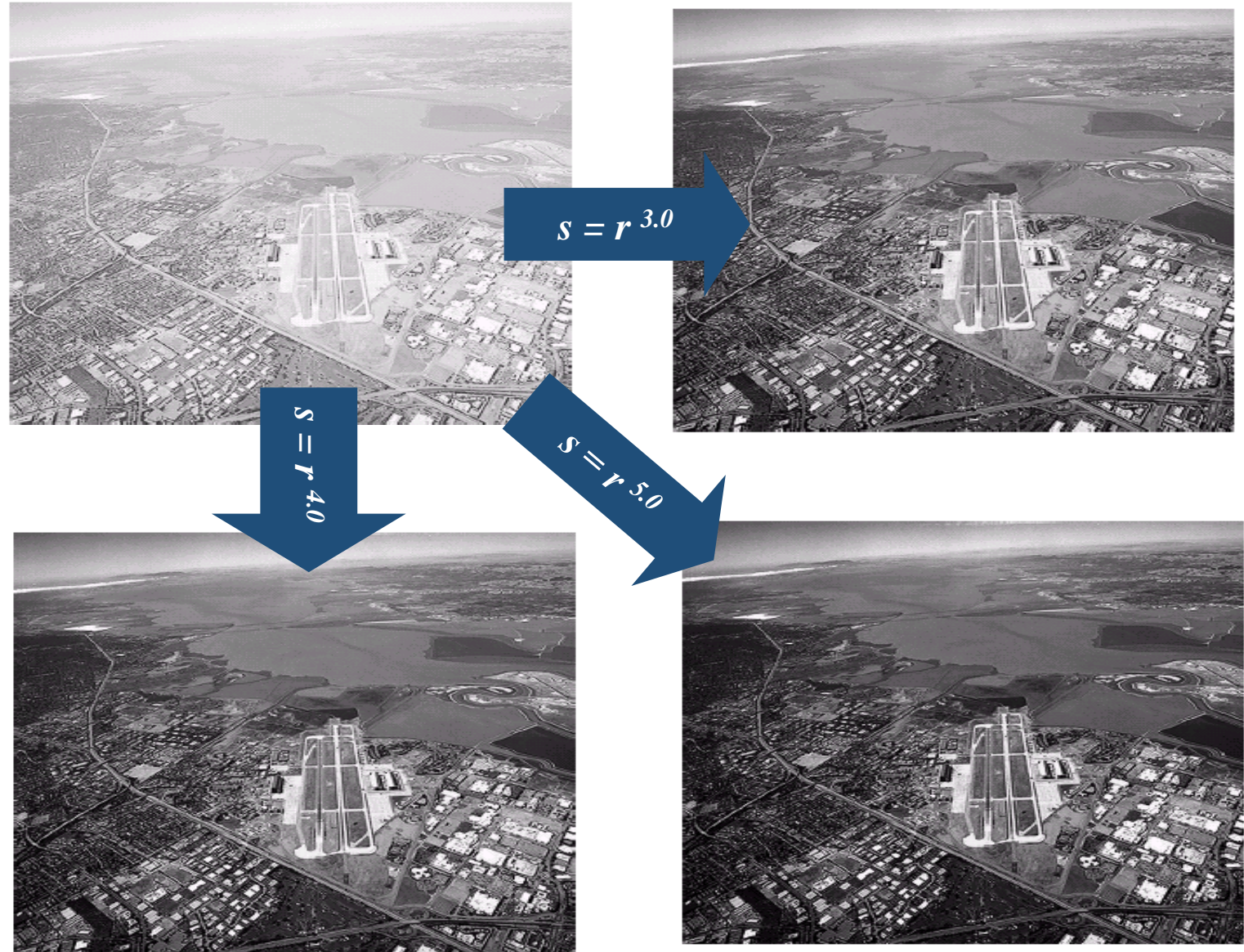
$$\gamma = 5.0$$



Biến đổi hàm mũ

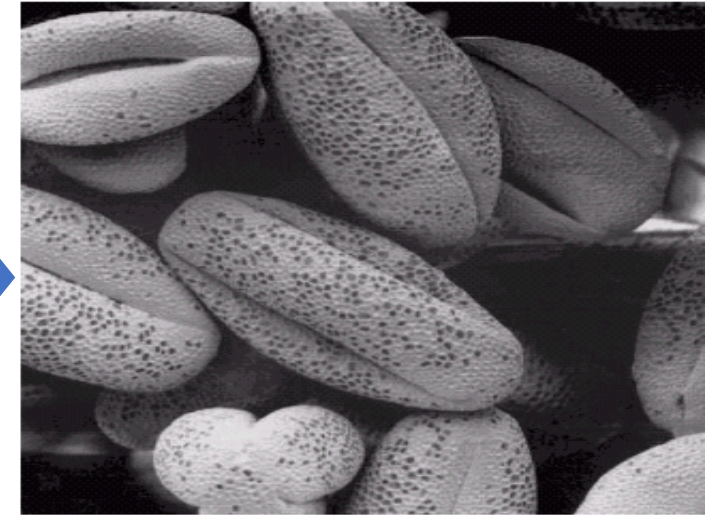
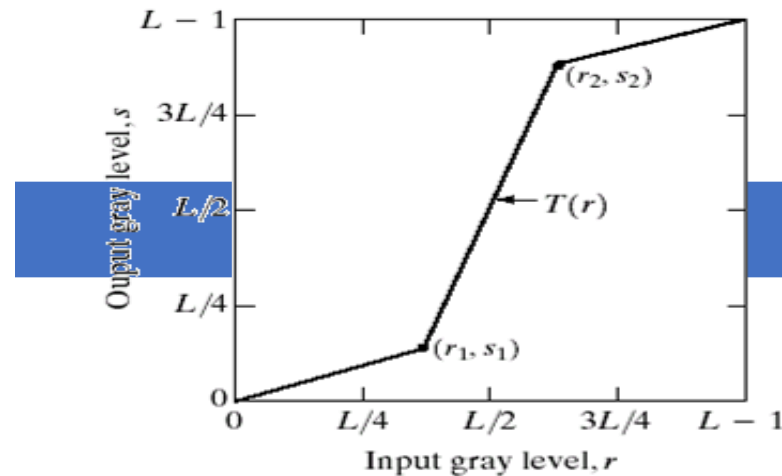
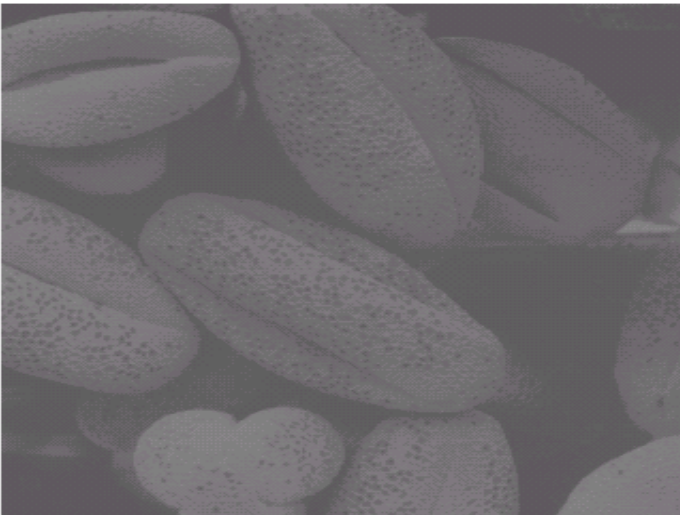
- Ảnh đường băng chụp từ trên không
- Biến đổi hàm mũ được sử dụng để làm tối ảnh
- Các γ khác nhau hiển thị các chi tiết khác nhau

...Point operators



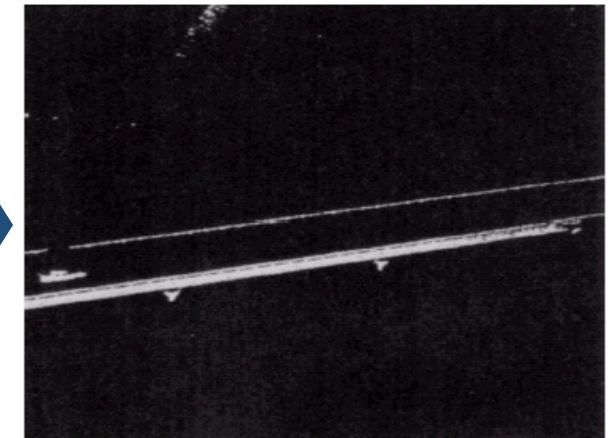
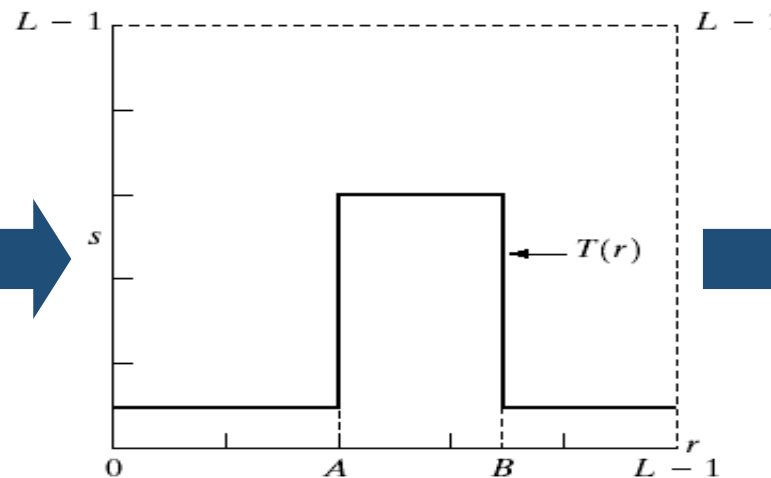
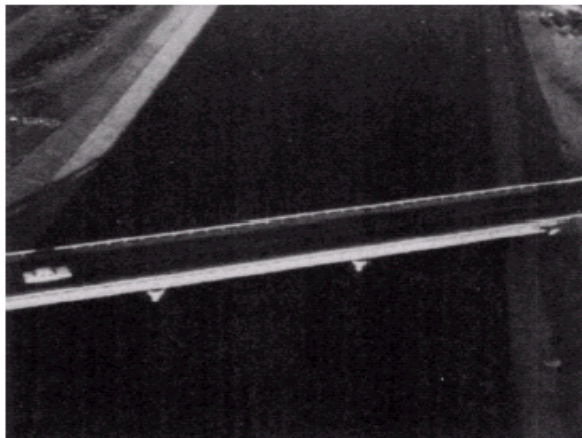
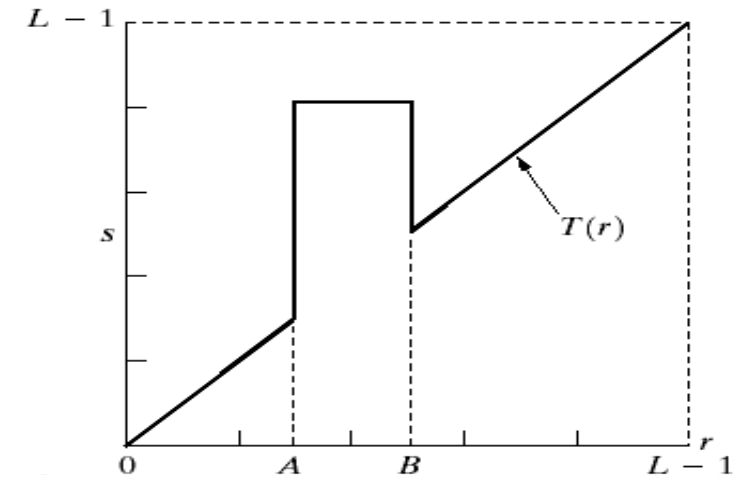
Grey level Slicing (cắt lát độ xám)

- Thay vì sử dụng các hàm toán học thông dụng, ta có thể sử dụng biến đổi bất kỳ do người dùng định nghĩa
- Ảnh dưới đây mô tả biến đổi tuyến tính mở rộng độ tương phản để cộng độ tương phản vào ảnh chất lượng kém



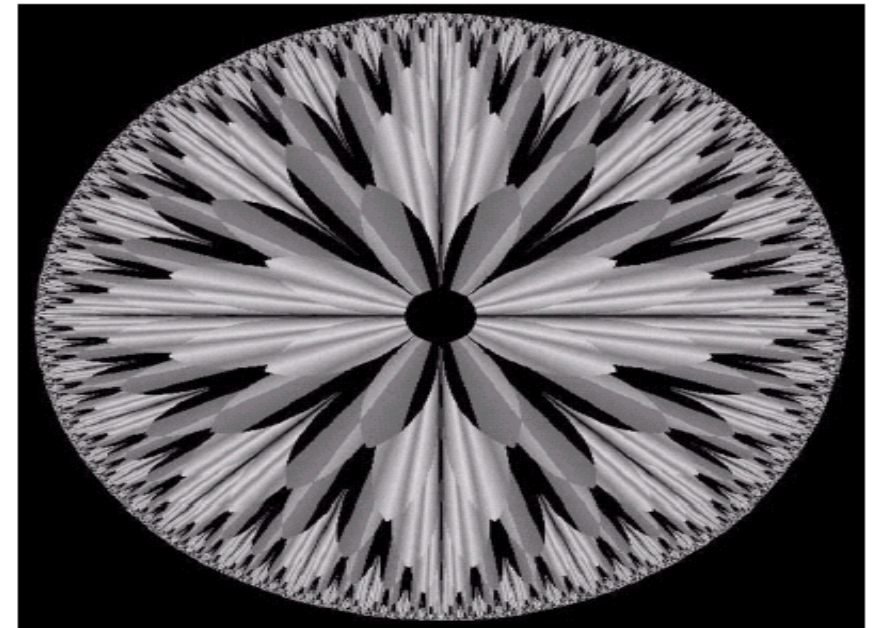
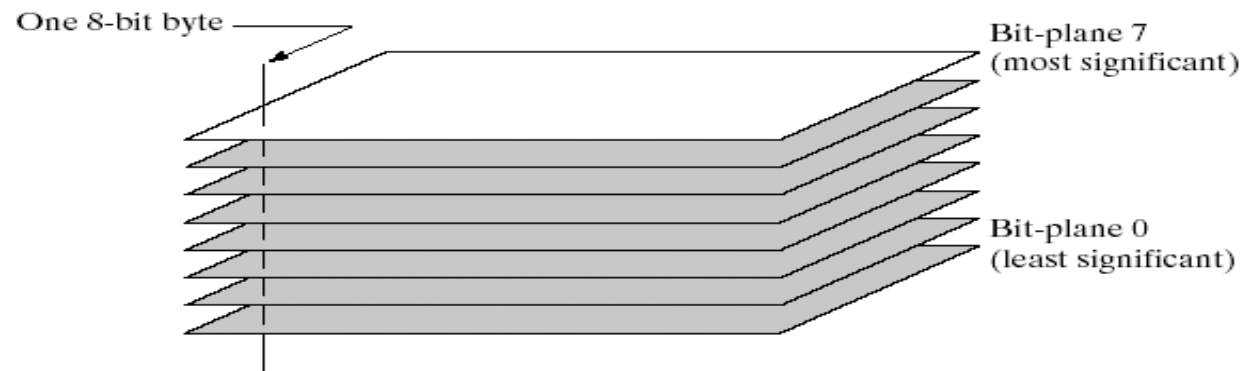
Grey level Slicing

- Làm nổi một vùng độ xám
 - Tương tự như cắt ngưỡng
 - Các mức khác có thể bị loại bỏ hoặc giữ nguyên
 - Hữu ích để làm nổi các chi tiết trong ảnh



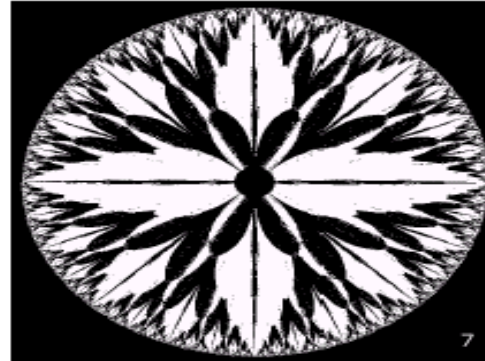
Bit Plane Slicing (cắt lát mặt bit)

- Cô lập các bit đặc biệt của các giá trị pixel trong ảnh để làm nổi các khía cạnh quan tâm của ảnh
 - Các bit thứ tự cao thường chứa thông tin trực quan quan trọng
 - Các bit thứ tự thấp thường chứa các chi tiết tinh tế

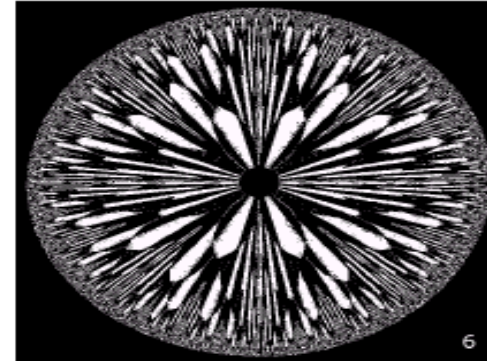


Bit Plane Slicing

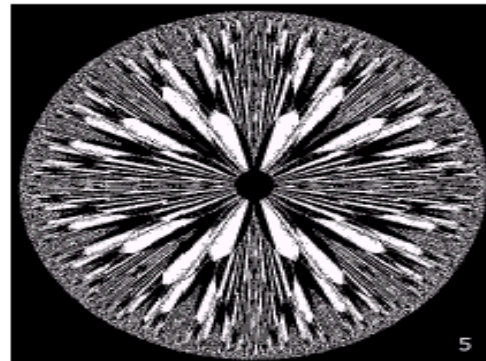
[10000000]



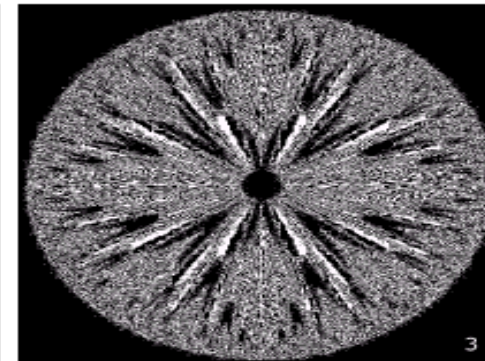
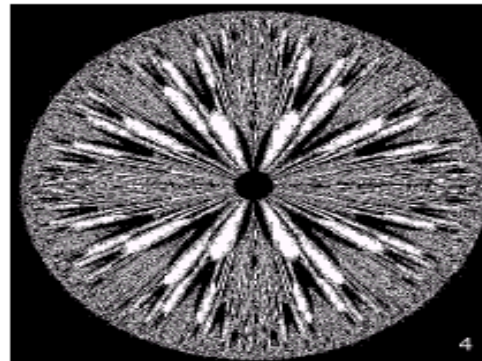
[01000000]



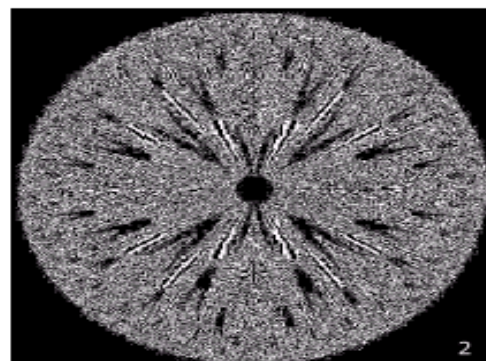
[00100000]



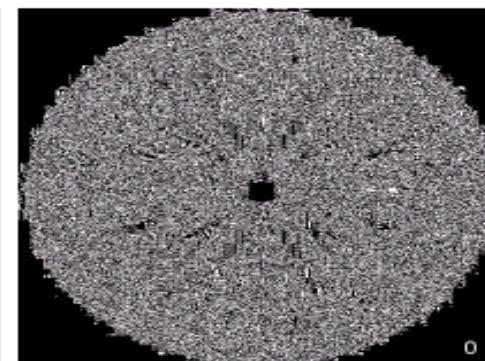
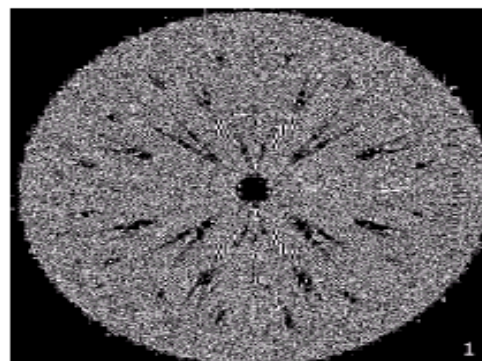
[00001000]



[00000100]



[00000001]



Bit Plane Slicing



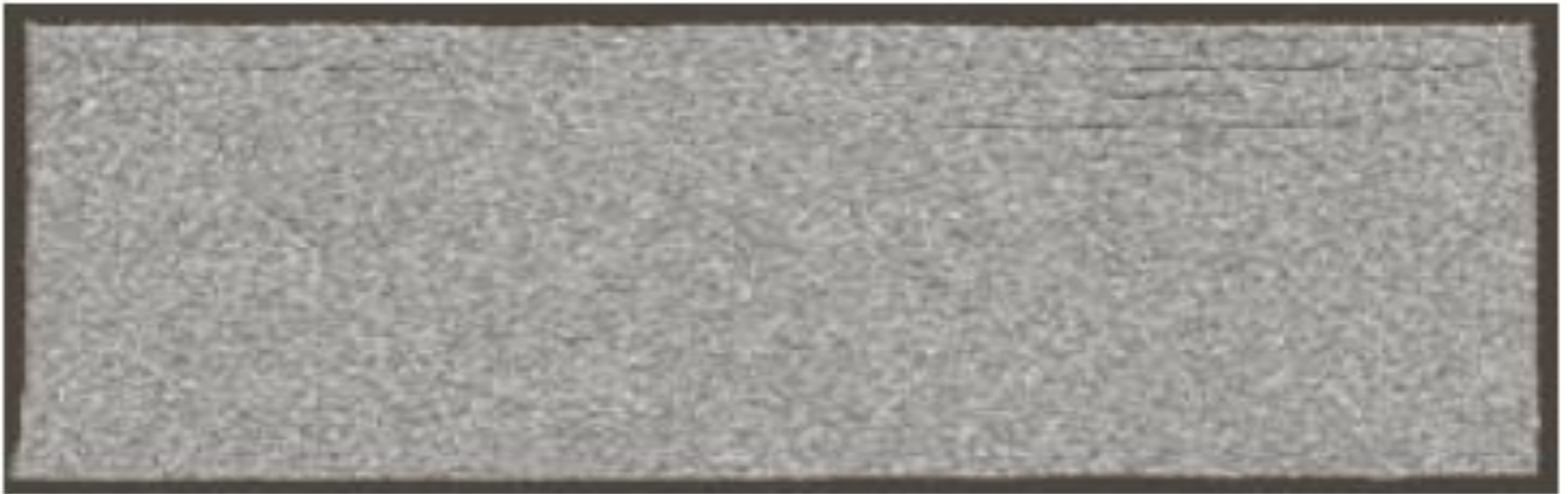
a	b	c
d	e	f
g	h	i

FIGURE 3.14 (a) An 8-bit gray-scale image of size 500×1192 pixels. (b) through (i) Bit planes 1 through 8, with bit plane 1 corresponding to the least significant bit. Each bit plane is a binary image.

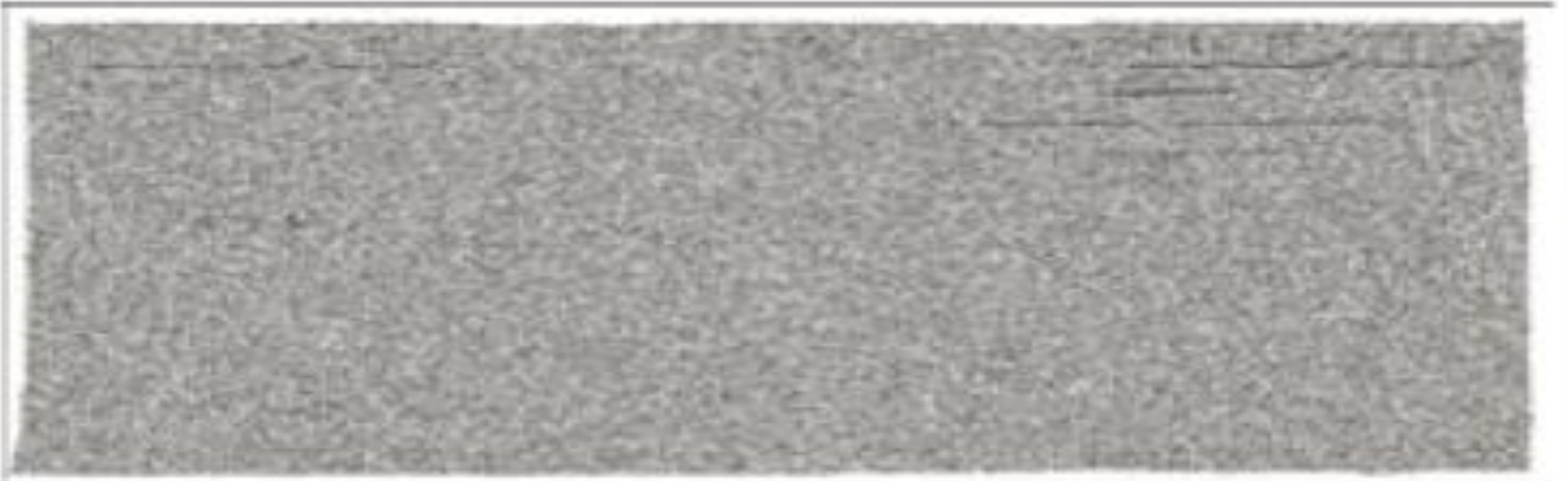
Bit Plane Slicing



Bit Plane Slicing



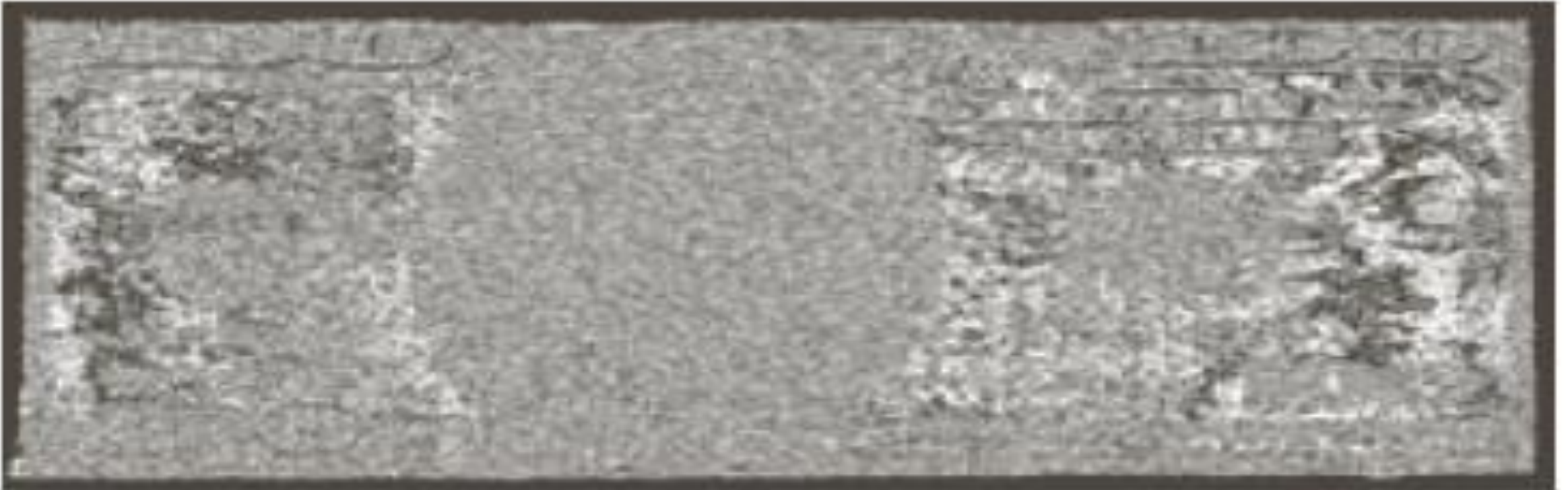
Bit Plane Slicing



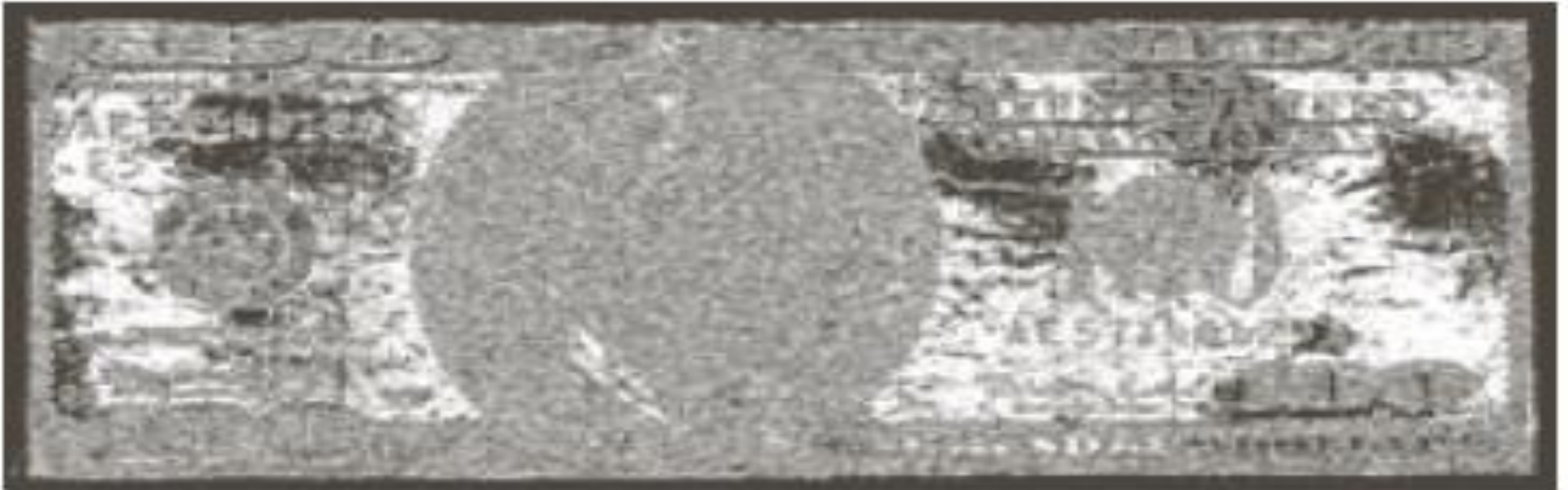
Bit Plane Slicing



Bit Plane Slicing



Bit Plane Slicing



Bit Plane Slicing



Bit Plane Slicing



Bit Plane Slicing



Bit Plane Slicing



Reconstructed image using only bit planes 8 and 7



Reconstructed image using only bit planes 8, 7 and 6



Reconstructed image using only bit planes 7, 6 and 5

...Point operators

original



$$x$$

darken



$$x - 128$$

lower contrast



$$\frac{x}{2}$$

non-linear lower contrast



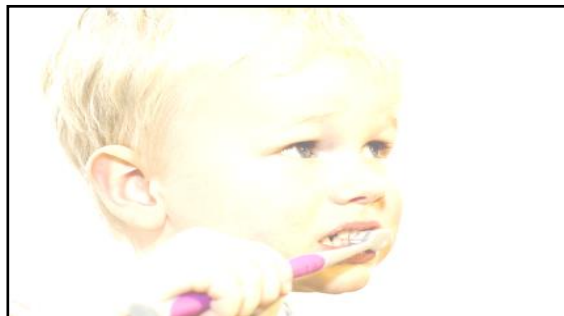
$$\left(\frac{x}{255} \right)^{1/3} \times 255$$

invert



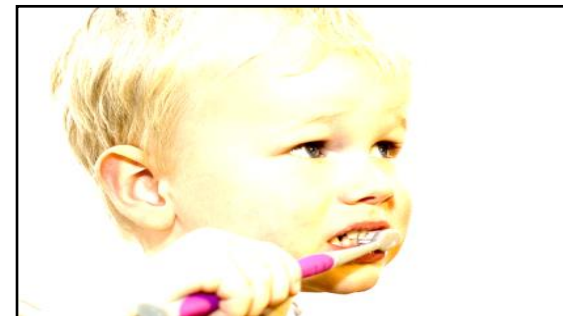
$$255 - x$$

lighten



$$x + 128$$

raise contrast



$$x \times 2$$

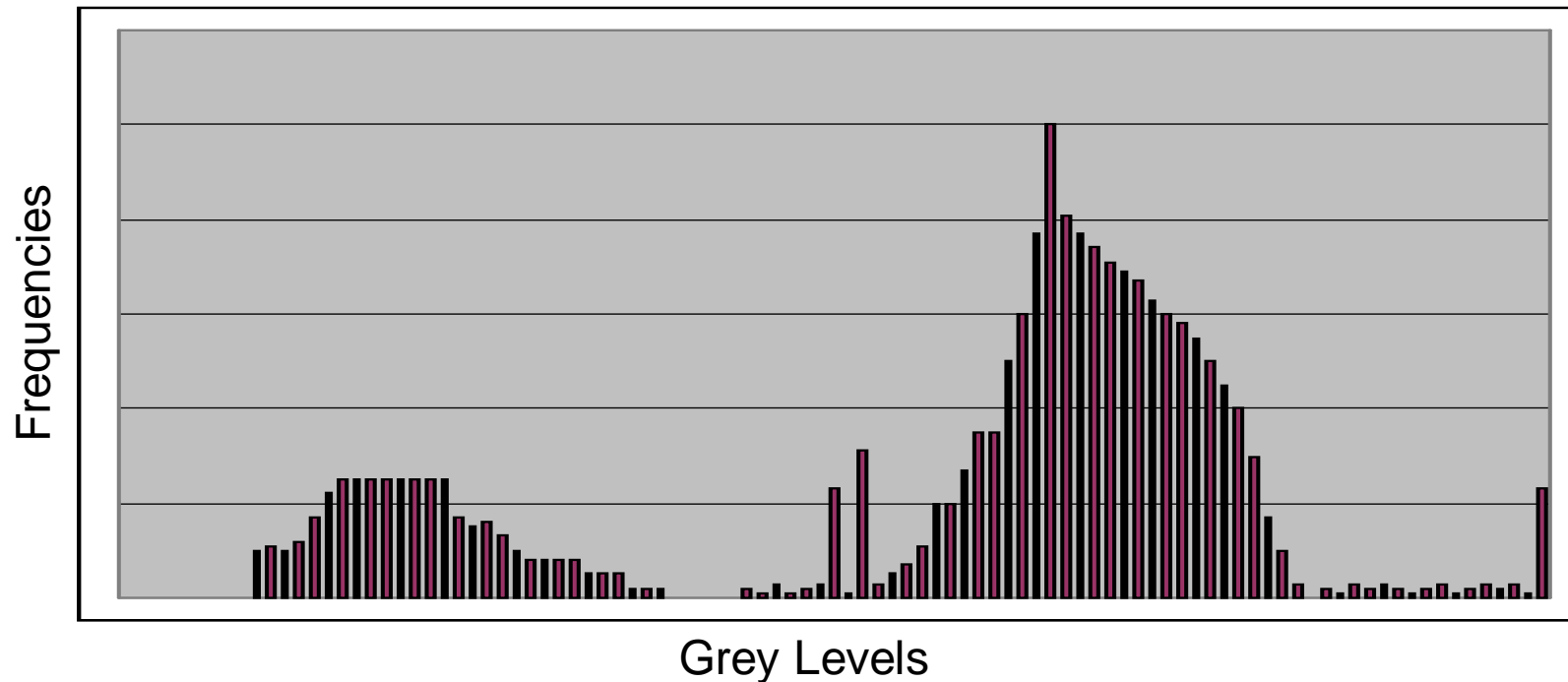
non-linear raise contrast

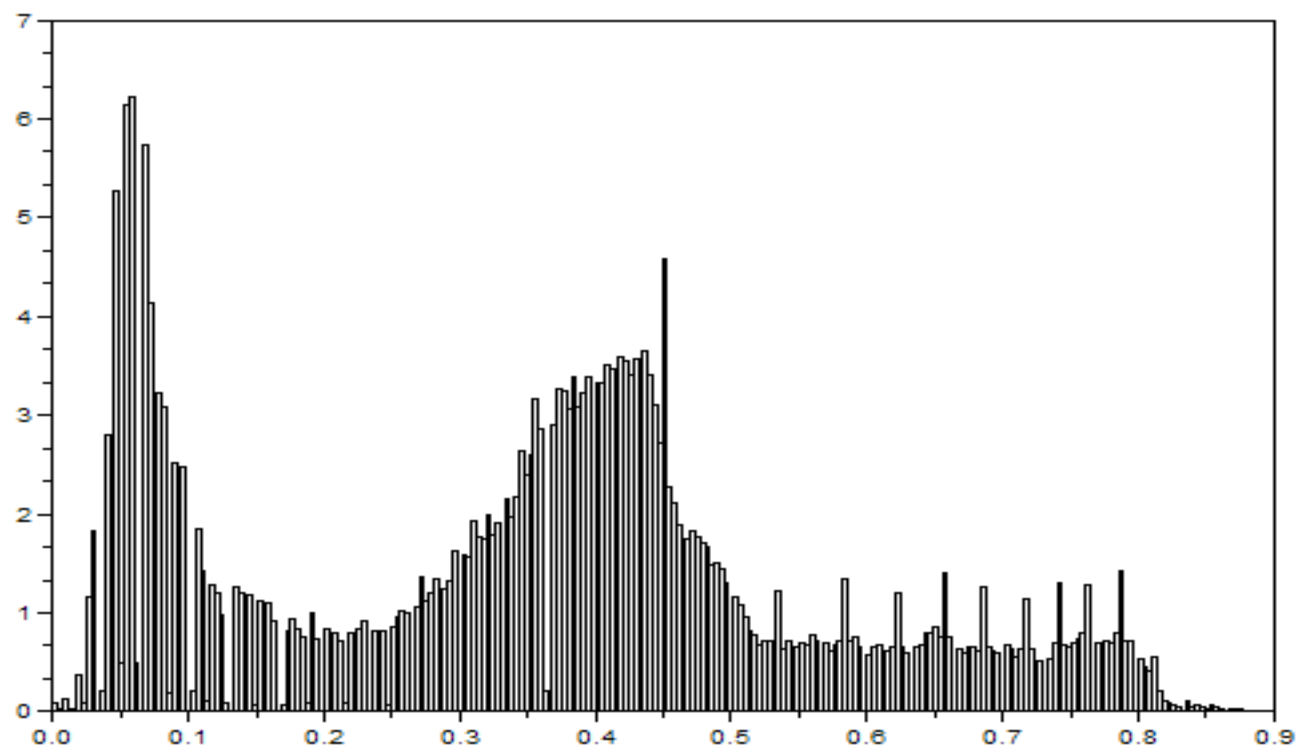


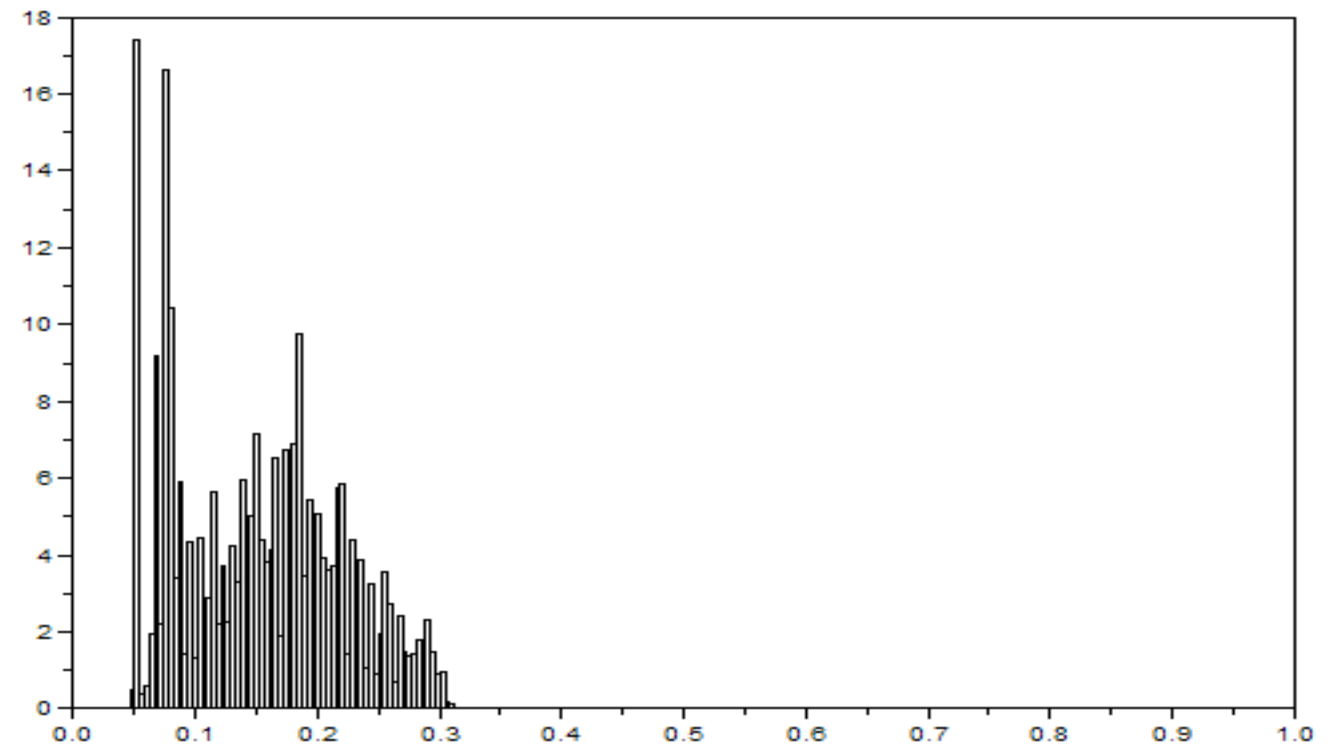
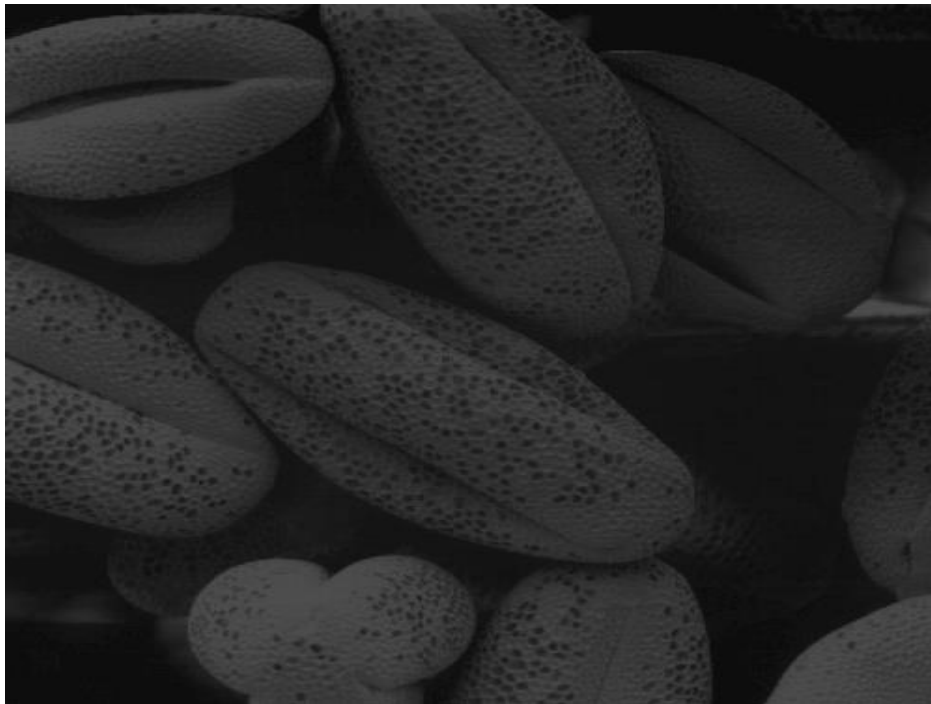
$$\left(\frac{x}{255} \right)^2 \times 255$$

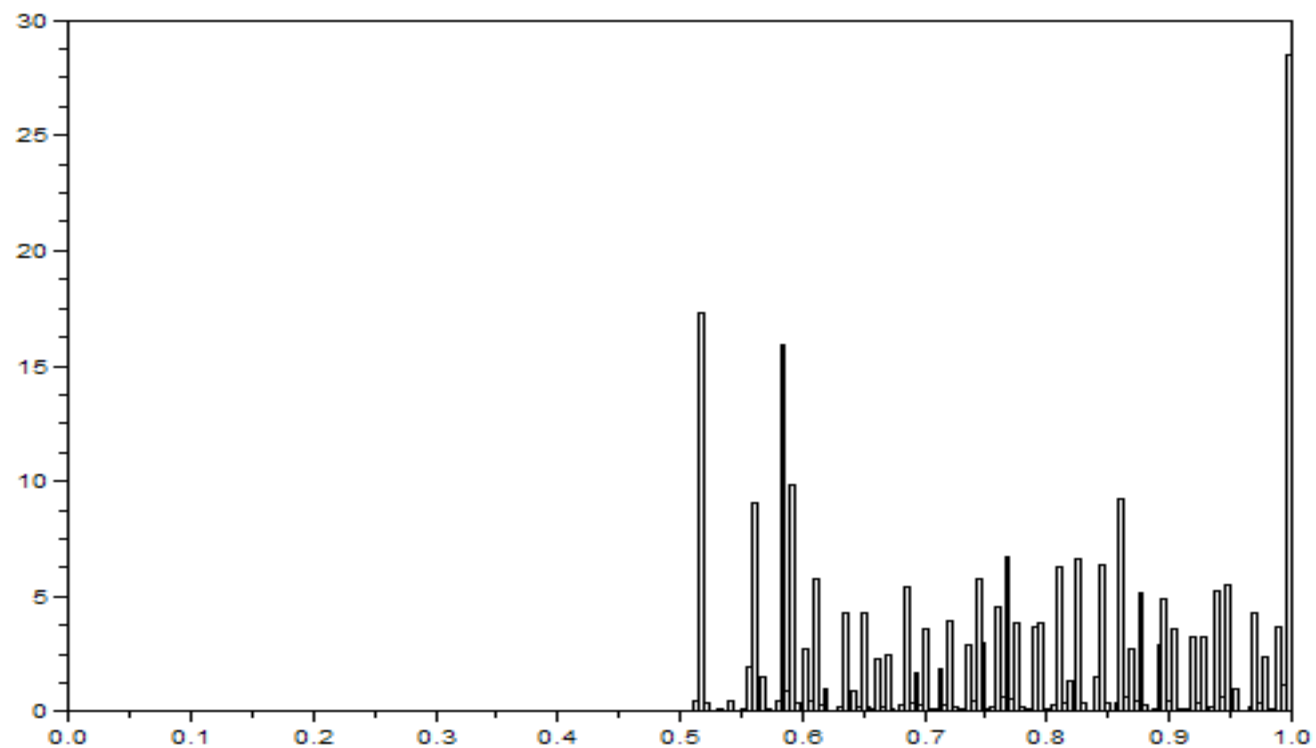
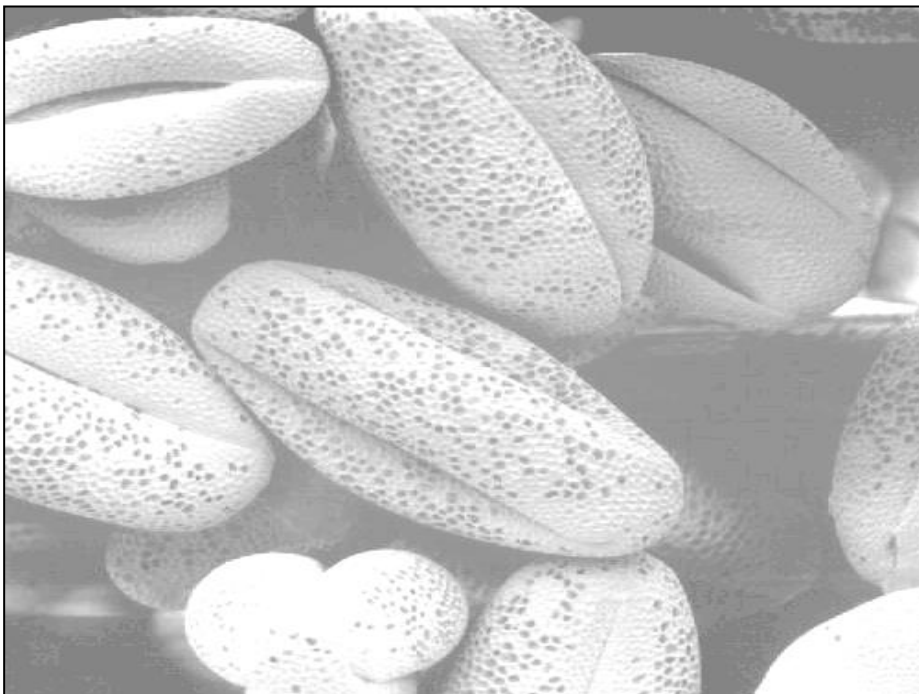
- What is an image?
- Point operators
- **Histogram equalization**

- Hist. của ảnh chỉ ra phân bố mức xám trên ảnh
- Hữu ích trong việc xử lý ảnh, đặc biệt trong phân đoạn ảnh

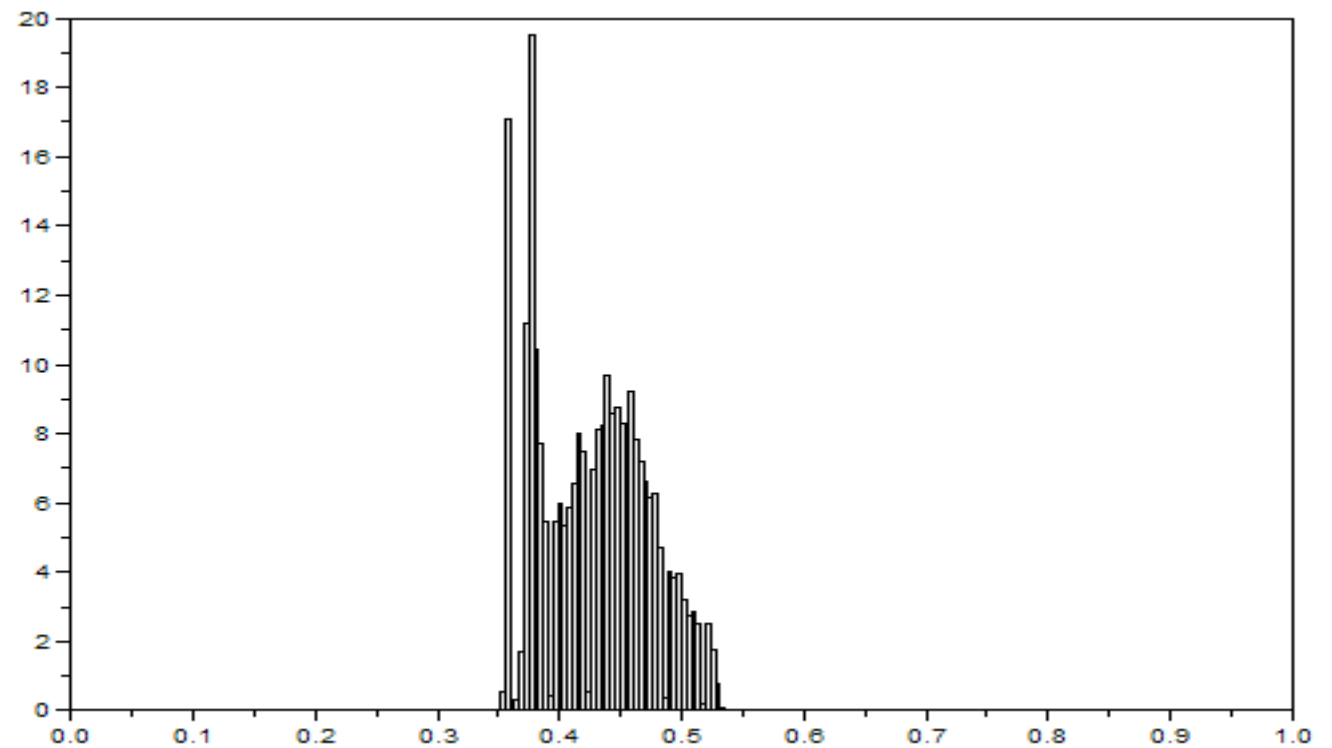
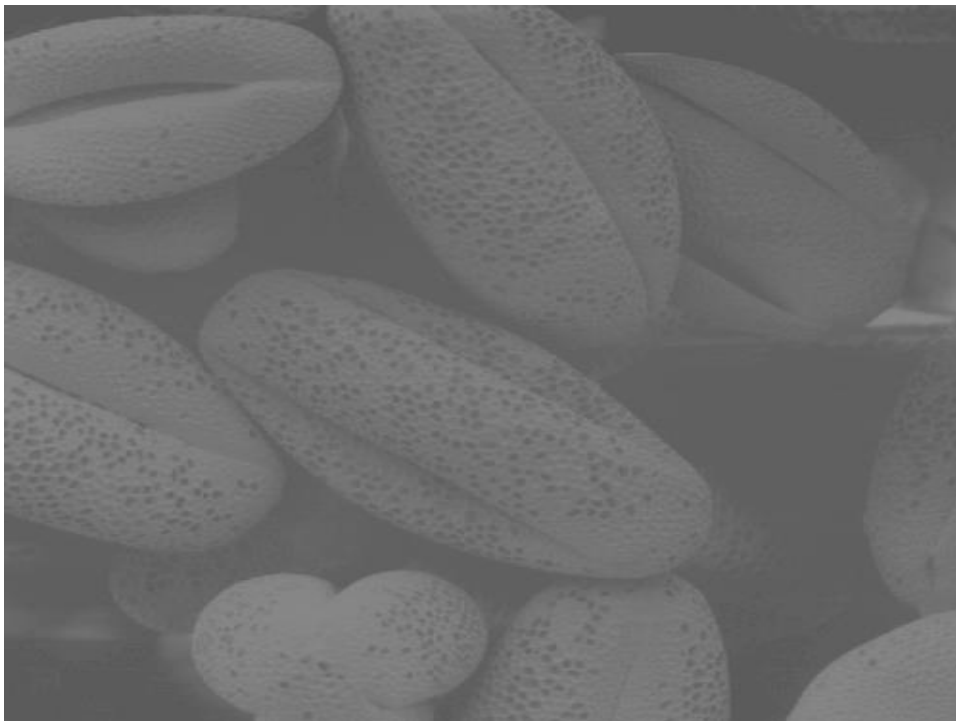




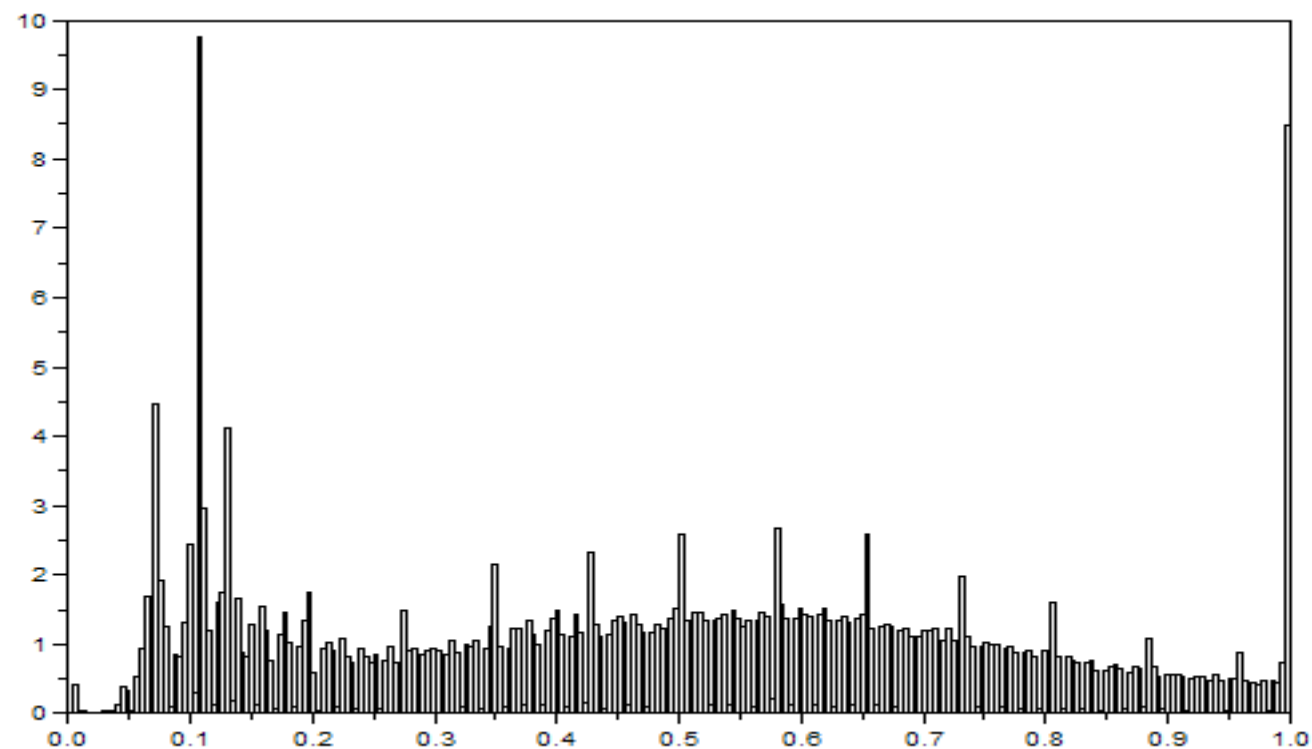
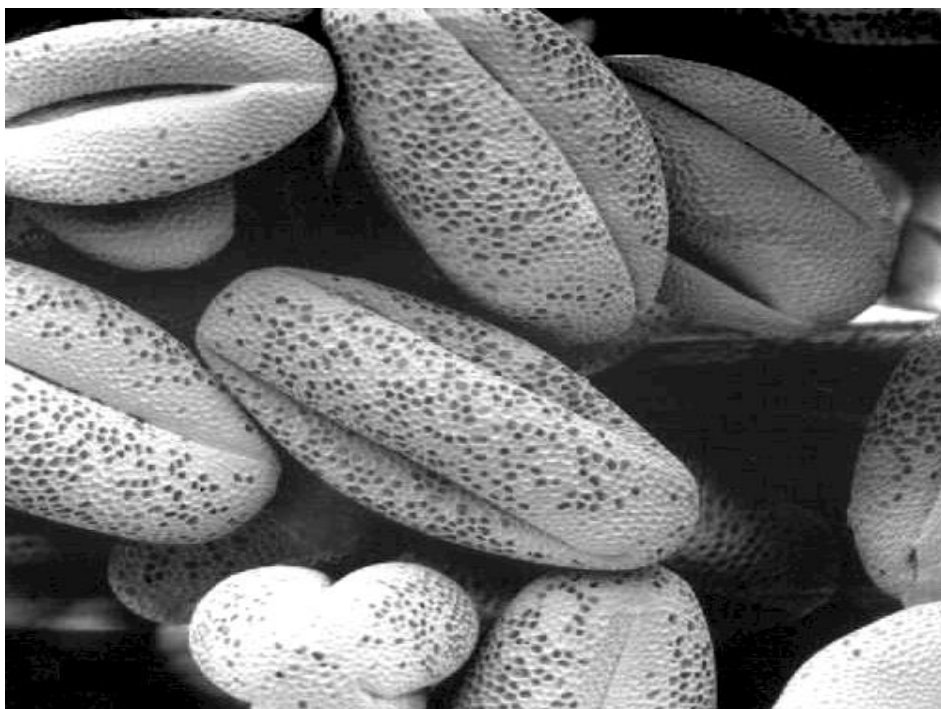




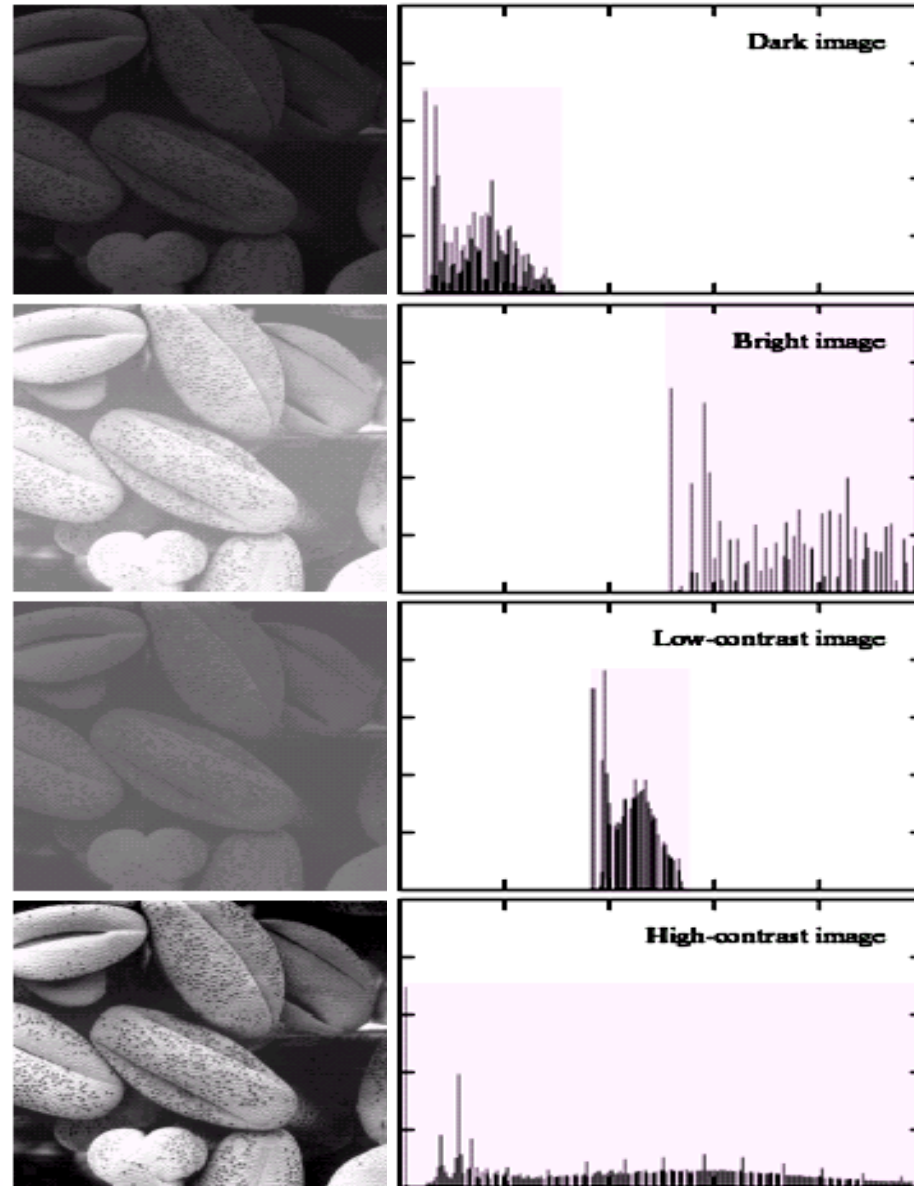
...Histogram equalization



...Histogram equalization

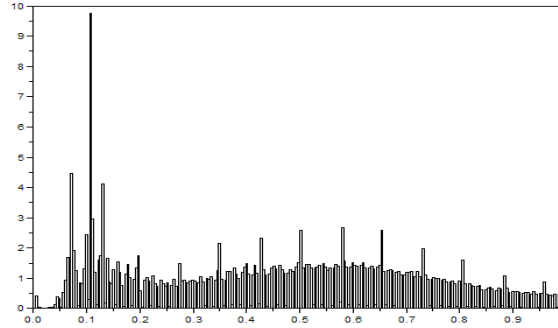


...Histogram equalization



Ảnh có độ tương phản cao
 \Rightarrow hist phân bố đều

• Khái niệm



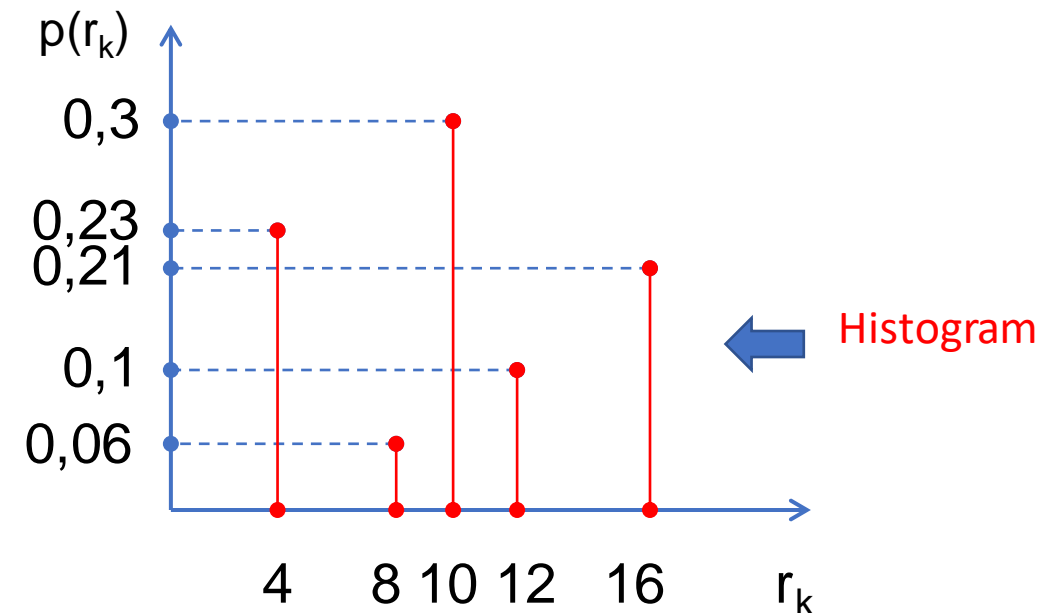
- Histogram của ảnh (lược đồ xám) chỉ ra phân bố mức xám trên ảnh
- Gọi r_k là giá trị mức xám của pixel thứ k của ảnh $f(x,y)$ có L mức xám; với $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$
- Đặt $h(r_k) = n_k$; với n_k là tổng số pixel có giá trị mức xám r_k
 - $\Rightarrow h(r_k)$ gọi là **Histogram không chuẩn hóa**
- Đặt $p(r_k) = h(r_k)/(M \times N)$
 - $\Rightarrow p(r_k)$ gọi là **Histogram chuẩn hóa** hay **Histogram của ảnh**
 - với M là số hàng, N là số cột của ảnh

- Ví dụ Histogram của ảnh

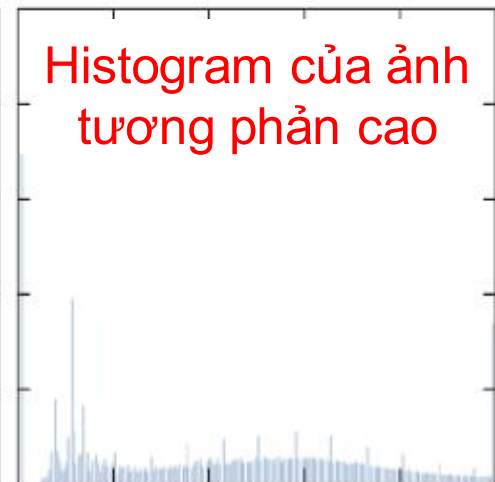
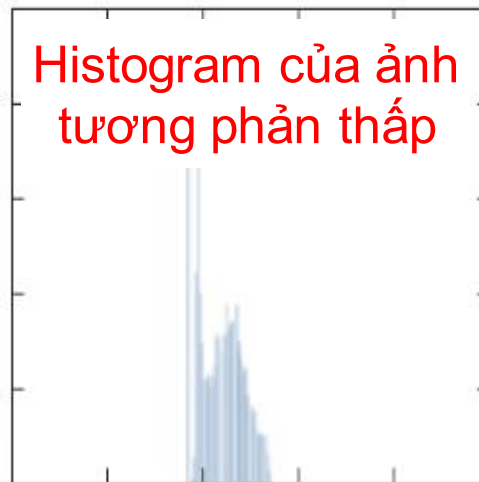
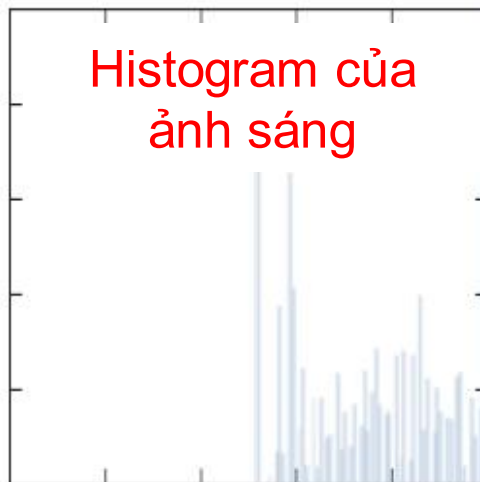
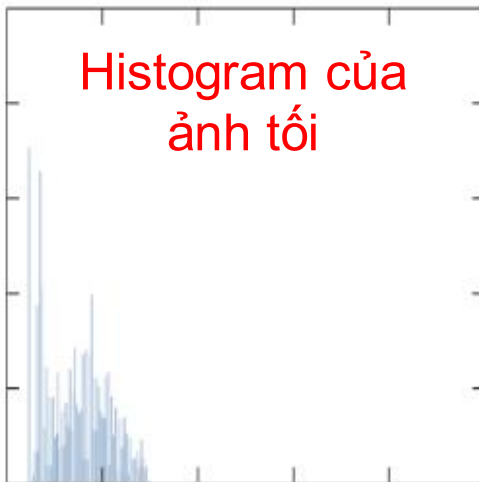
12	4	16	8	10	14	16	10
12	4	16	8	10	14	16	10
4	16	10	8	16	14	16	10
4	10	10	4	16	14	10	4
4	10	16	4	10	10	10	4
12	4	16	4	10	10	16	16
12	4	10	8	10	4	16	12
12	4	10	8	10	4	16	12

Ảnh kích thước 8×8

r_k	4	8	10	12	16
$p(r_k)$	$15/64$ $= 0,23$	$4/64$ $= 0,06$	$19/64$ $= 0,3$	$7/64$ $= 0,1$	$14/64$ $= 0,21$



- Ví dụ Histogram của ảnh



- **Nhận xét**

- Ảnh tối \Rightarrow Histogram phân bố về phía trái (về pixel có mức xám = 0)
 - Ảnh sáng \Rightarrow Histogram phân bố về phía phải (về pixel có mức xám = 255)
 - Ảnh độ tương phản thấp \Rightarrow Histogram phân bố không đều trên L
 - Ảnh có độ tương phản cao \Rightarrow Histogram phân bố đều trên L
- \Rightarrow **Sử dụng kỹ thuật thay đổi Histogram của ảnh để tăng cường ảnh**

- **Cân bằng Histogram:**

- Gọi xác suất giá trị mức xám r_k có trong ảnh là $p_r(r_k) = h(r_k)/(M \times N)$ (3.1)
- Trong đó:
 - n_k là tổng số pixel có giá trị mức xám r_k
 - $M \times N$ là tổng số pixel có trong ảnh
- Đặt $s_k = (L-1) \times \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$ với $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$ (3.2)
- Một ảnh thu được bằng cách sử dụng công thức (3.2) được gọi là ảnh cân bằng Histogram
- s_k gọi là giá trị mức xám của pixel thứ k trong ảnh cân bằng Histogram

Nới rộng tần số trong ảnh (hay cân bằng ảnh) là kỹ thuật đơn giản để cải thiện ảnh tối hoặc các ảnh rửa trôi

Công thức để cân bằng hist:

- r_k : độ sáng đầu vào
- s_k : độ sáng đầu ra
- k : phạm vi độ sáng (e.g 0.0 – 1.0)
- n_j : tần suất của độ sáng j
- n : tổng các tần suất

$$\begin{aligned}
 s_k &= T(r_k) \\
 &= \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \\
 &= \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}
 \end{aligned}$$

- Cân bằng Histogram - Ví dụ
- Giả sử có ảnh 3 bit, mức xám $L = 8$, kích thước 64×64 pixel ($M \times N = 4096$), với giá trị mức xám như bảng. Thực hiện cân bằng Hist:

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

$$s_0 = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7 p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow 1$$

$$s_1 = 3.08 \rightarrow 3$$

$$s_2 = 4.55 \rightarrow 5$$

$$s_3 = 5.67 \rightarrow 6$$

$$s_4 = 6.23 \rightarrow 6$$

$$s_5 = 6.65 \rightarrow 7$$

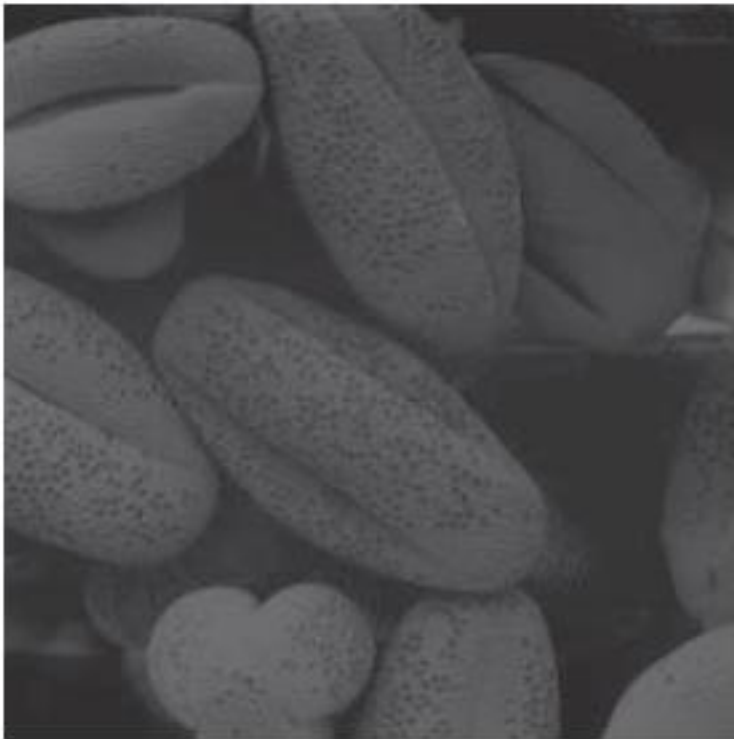
$$s_6 = 6.86 \rightarrow 7$$

$$s_7 = 7.00 \rightarrow 7$$

s_k	$n(s_k)$	$p_s(s_k)$
1	790	0.19
3	1028	0.25
5	850	0.21
6	656+329	0.24
7	245+122+81	0.10

- Minh họa

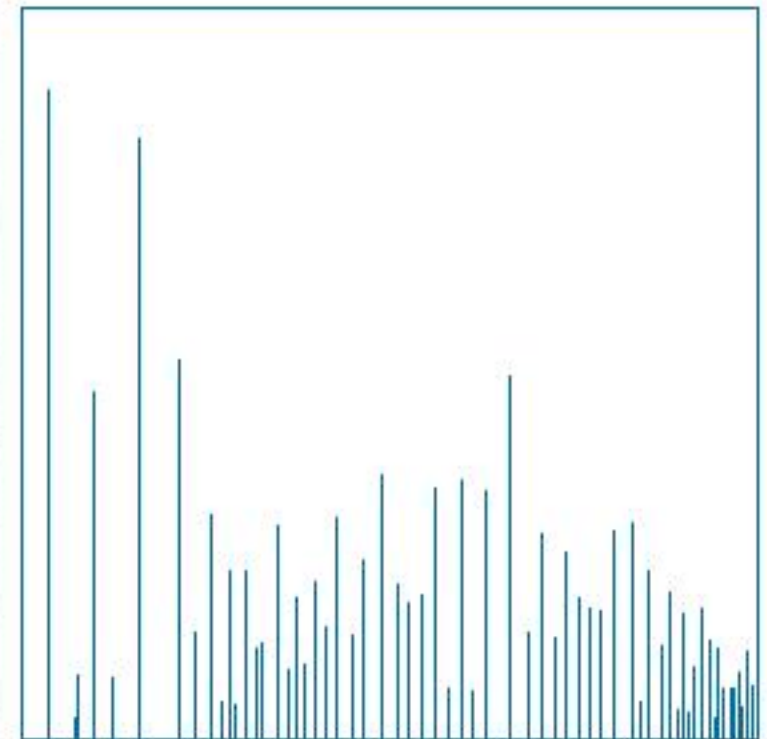
(1)



(a) Ảnh gốc

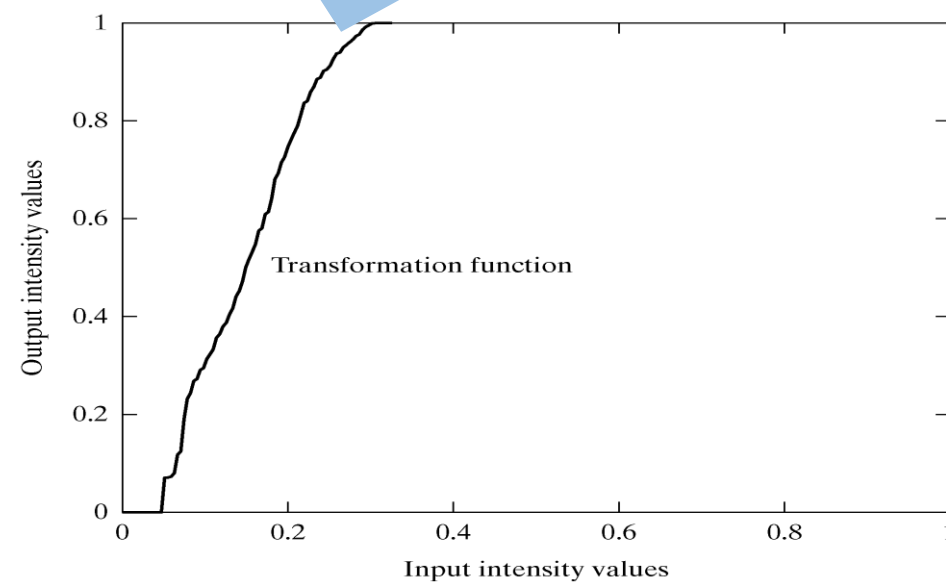
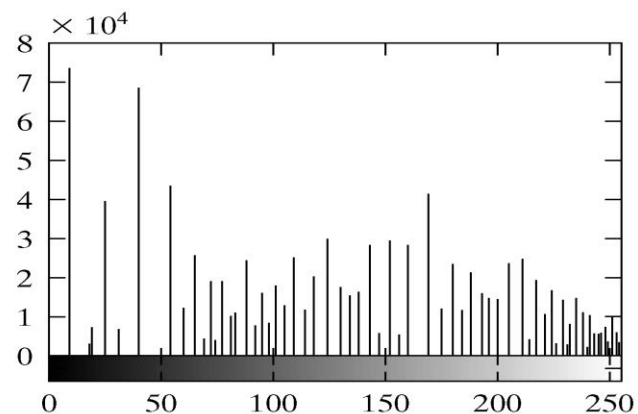
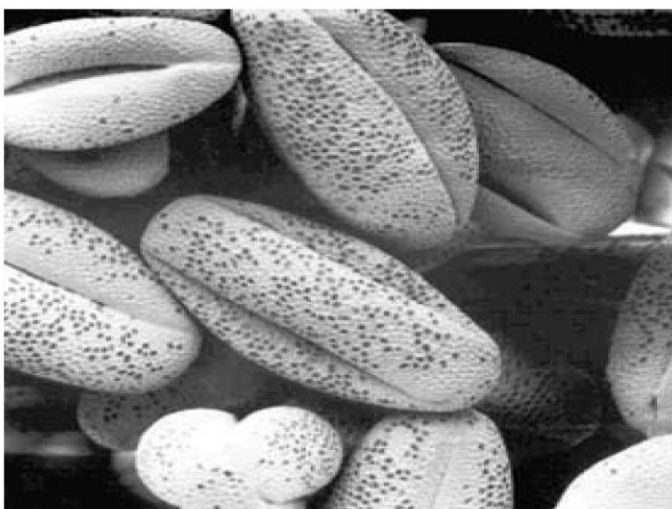
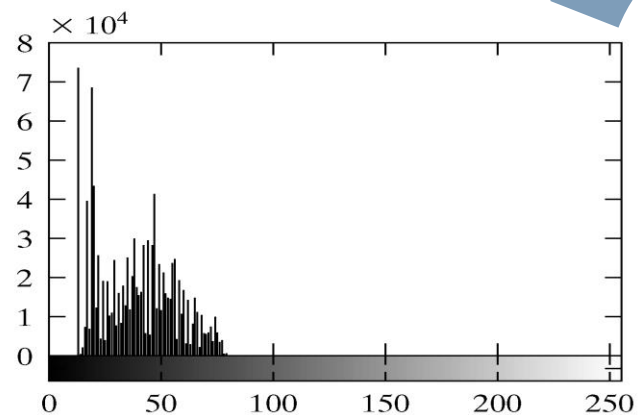
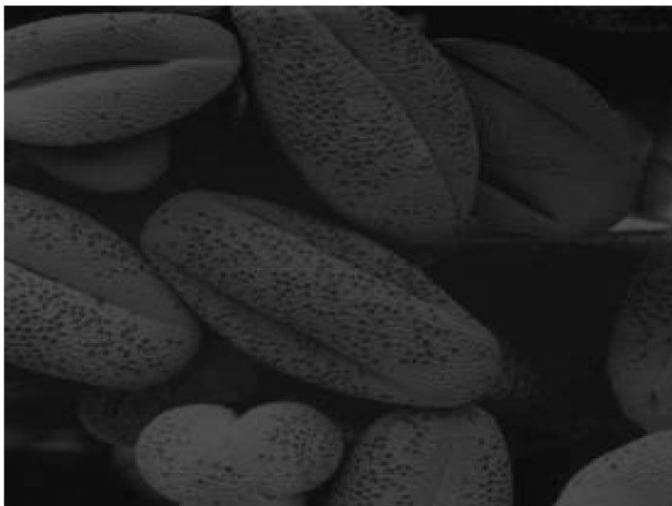


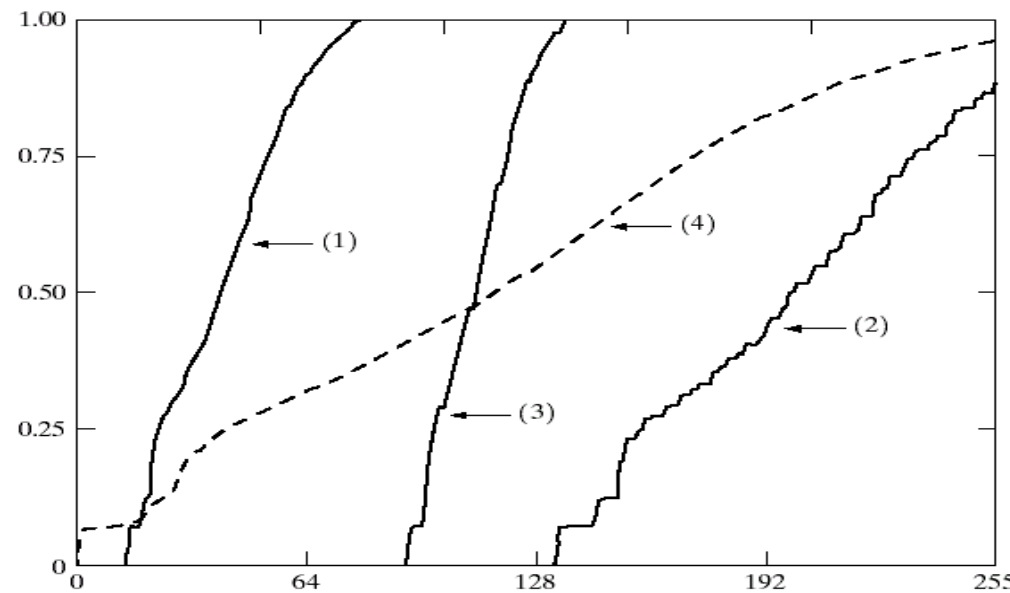
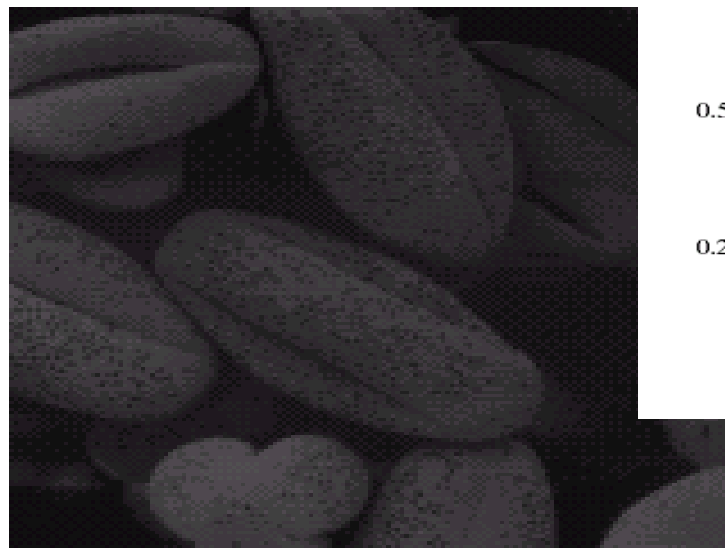
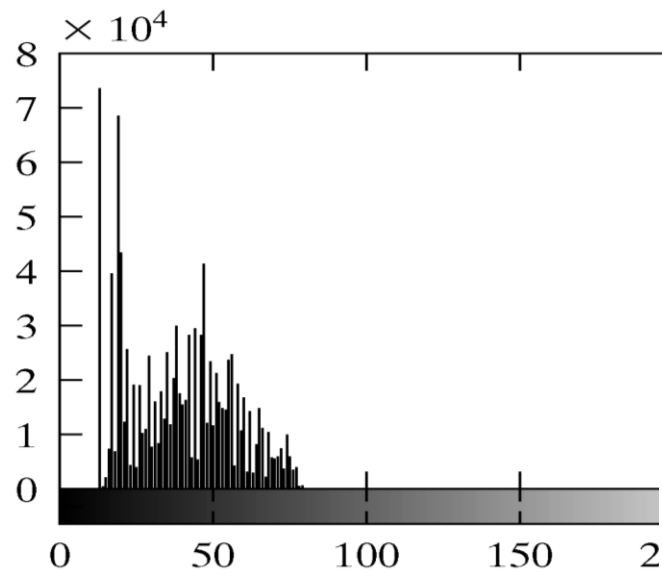
(b) Ảnh cân bằng Histogram



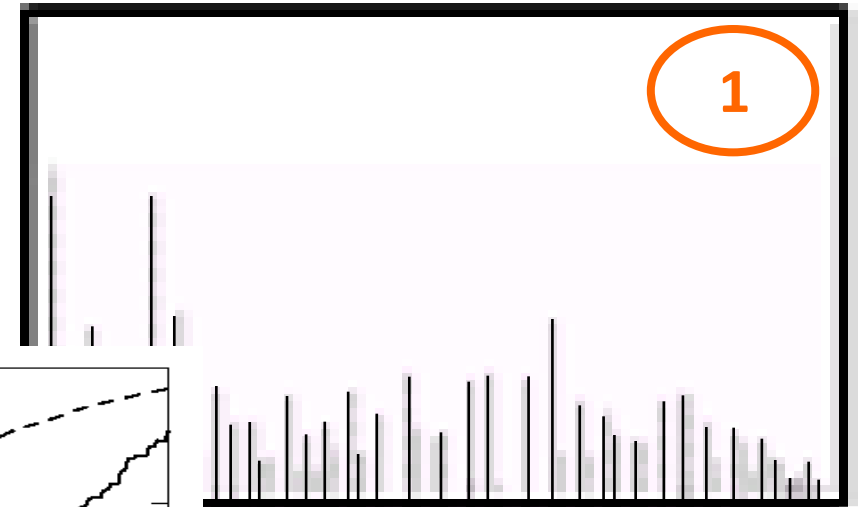
(c) Histogram cân bằng

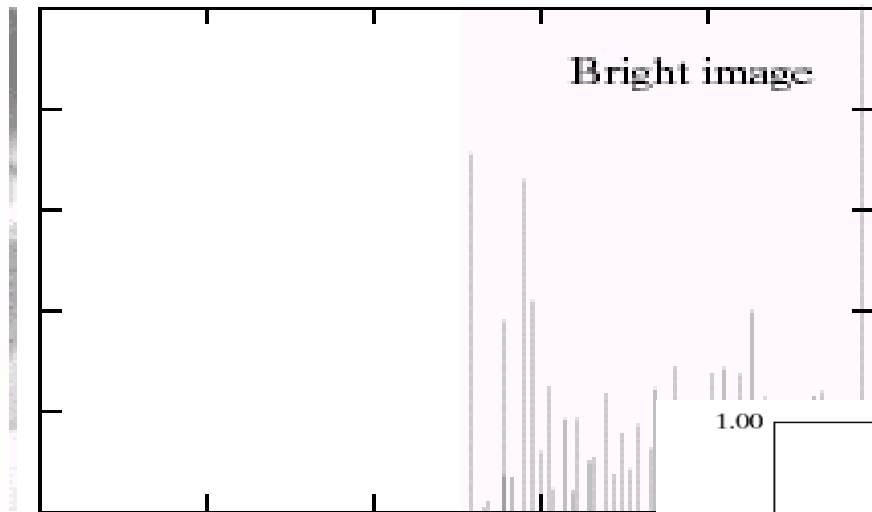
...Histogram equalization



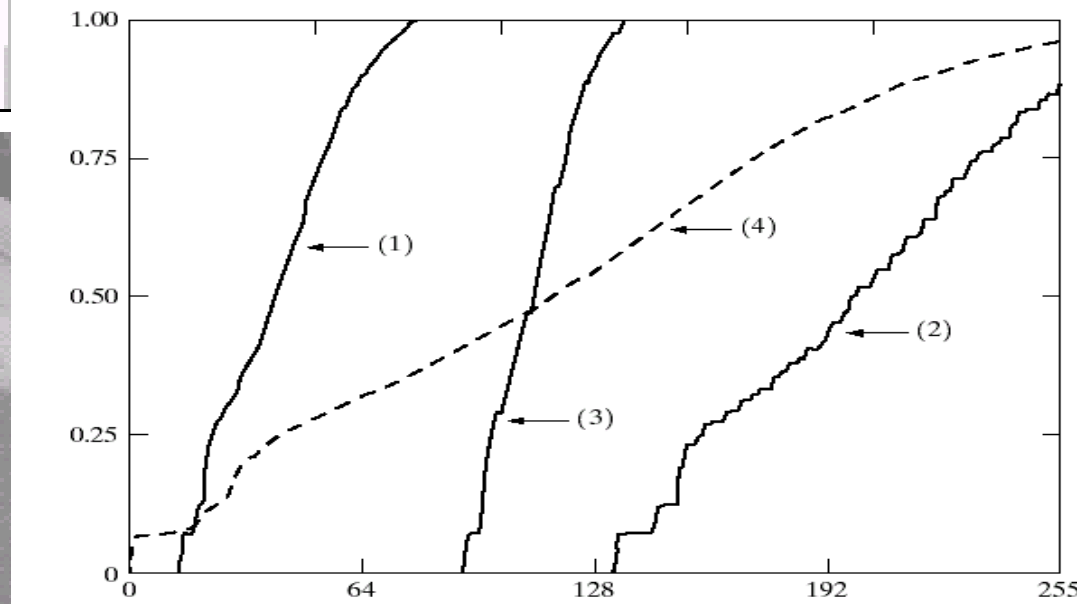


Các hàm được dùng để cân bằng ảnh





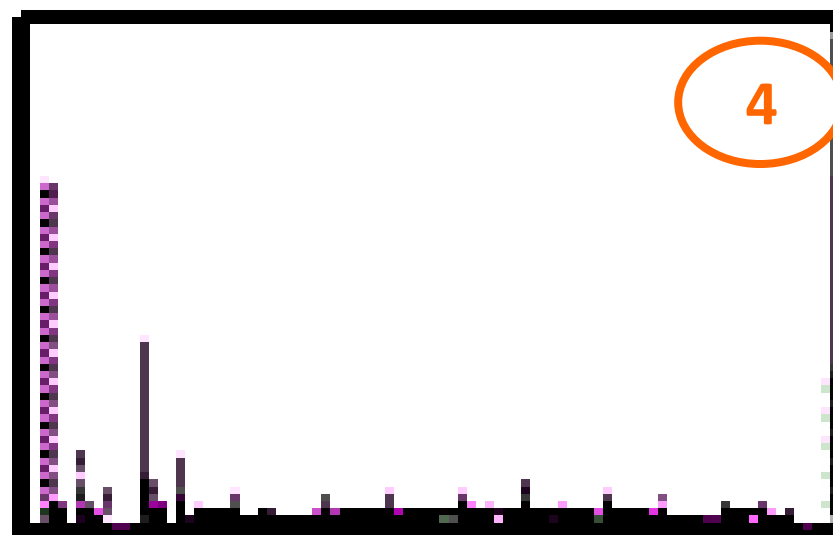
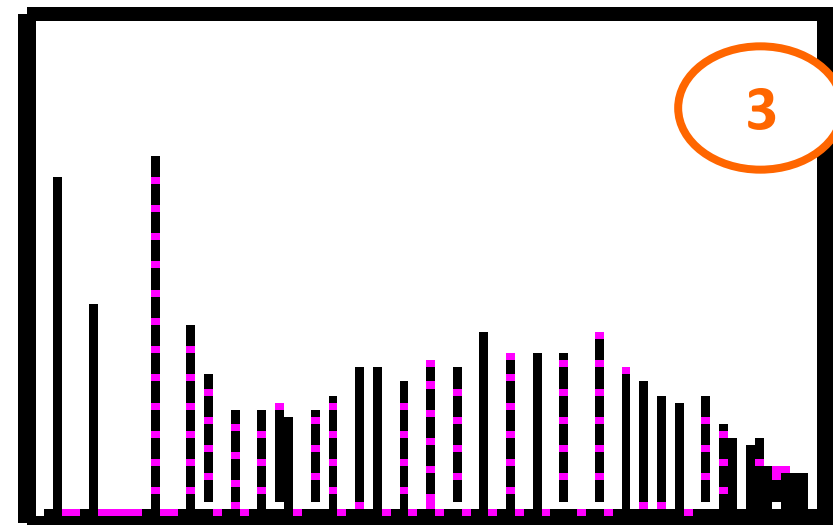
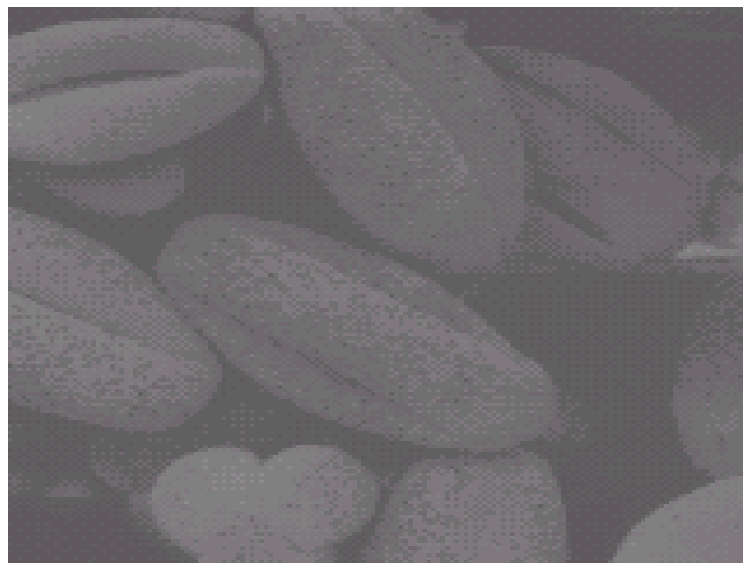
Bright image

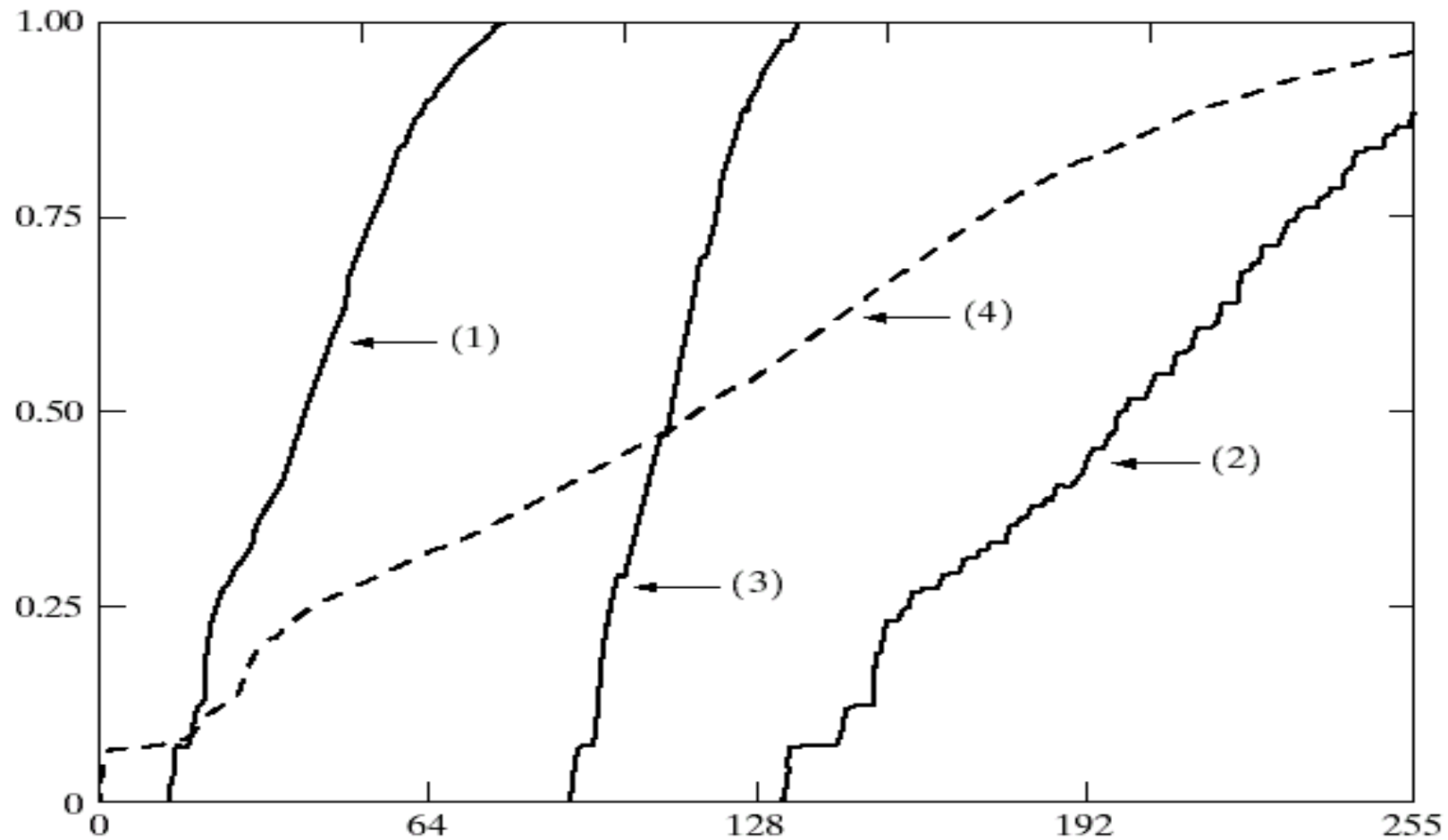


Các hàm được dùng để cân bằng ảnh



...Histogram equalization





Các hàm được dùng để cân bằng ảnh trong ví dụ

Image & Operators





Thank You...!