

3. CÁC CÔNG CỤ TRÍ GIÚP X LÝ NH S

3.1 TỔNG QUAN VỀ XỬ LÝ ẢNH TRONG KHÔNG GIAN

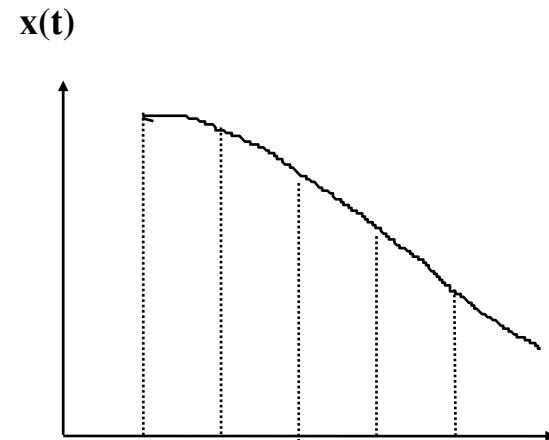
- Miền không gian:
 - Là tập hợp các điểm ảnh trong ảnh.
 - Phương pháp miền không gian là một thủ tục tác động lên các điểm ảnh trong miền không gian đó.
- Miền tần số:
 - Được biểu diễn theo tần số thông qua các phép biến đổi.
 - Phương pháp miền tần số dựa trên phép biến đổi Fourier của ảnh.
 - Tương ứng với các miền này → các phương pháp tăng cường ảnh

3.1 TỔNG QUAN VỀ XỬ LÝ ẢNH TRONG KHÔNG GIAN

3.1.1 Tín hiệu số và biểu diễn ảnh số

- Một ảnh trong không gian 2 chiều có thể biểu diễn bởi một tập hợp các ma trận cơ sở gọi là ảnh cơ sở. Như vậy một tín hiệu 2 chiều liên tục trong không gian theo khái niệm trên gọi là ảnh liên tục trong không gian số thực và ký hiệu là $f(x,y)$: giá trị của $f(x,y)$ là liên tục trong khoảng $(-\infty, \infty)$.

Các tín hiệu liên tục theo thời gian qua quá trình số hóa ta thu được tín hiệu rời rạc (tín hiệu số).



Hình 3.1 Tín hiệu số rời rạc ³

3.1 TỔNG QUAN VỀ XỬ LÝ ẢNH TRONG KHÔNG GIAN

3.1.2 *Khái quát về hệ thống xử lý tín hiệu số*

- Hệ thống số là một hệ thống tiếp nhận tín hiệu số ở đầu vào, xử lý tín hiệu theo một qui trình nào đấy và đưa ra cũng là một tín hiệu số.
- Nếu gọi tín hiệu số đầu vào là $X(m,n)$, tín hiệu số đầu ra là $Y(m,n)$, đặc trưng của hệ thống là H , ta có thể biểu diễn hệ thống số một cách hình thức như sau:

$$Y(m,n) = H [X(m,n)]$$

- Phần lớn các các hệ thống số là tuyến tính và bất biến. Trong xử lý tín hiệu số, thường có 2 cách tiếp cận khác nhau:
 - Biên độ của tín hiệu được lấy mẫu, lượng hoá theo một qui chuẩn và có thể biểu diễn bởi một hàm liên tục theo thời gian. Đây là cách tiếp cận theo không gian thực.
 - Cách tiếp cận thứ hai là tiếp cận theo miền tần số của tín hiệu. Trong cách tiếp cận này, trước tiên tín hiệu được biến đổi chẳng hạn như phép biến đổi Fourier, sau đó, tiến hành xử lý trên miền tần số. Cuối cùng dùng biến đổi ngược để đưa tín hiệu đã xử lý về miền số thực.

3.2 CÁC TOÁN TỬ KHÔNG GIAN (SPATIAL OPERATORS)

3.2.1. Toán tử tuyến tính

- Phần lớn các hệ thống xử lý ảnh có thể mô hình hoá như một hệ thống tuyến tính hai chiều. Giả sử $x(m,n)$ và $y(m,n)$ biểu diễn các tín hiệu vào và ra tương ứng của hệ thống. Hệ thống hai chiều được biểu diễn bởi:

$$y(m,n) = H[x(m,n)] \quad (3.1)$$

- Hệ thống này gọi là tuyến tính khi và chỉ khi: tổ hợp tuyến tính của 2 tín hiệu vào $x_1(m,n)$, $x_2(m,n)$ cũng tạo nên chính tổ hợp tuyến tính tương ứng của đầu ra $y_1(m,n)$, $y_2(m,n)$, nghĩa là: với 2 hằng số bất kì α và β , ta có:

$$\begin{aligned} H[\alpha x_1(m,n) + \beta x_2(m,n)] &= \alpha H[x_1(m,n)] + \beta H[x_2(m,n)] \\ &= \alpha [y_1(m,n)] + \beta [y_2(m,n)] \end{aligned} \quad (3.2)$$

Phương trình 3.2 gọi là *chồng tuyến tính của 2 tín hiệu*. ⁵

MIỀN KHÔNG GIAN

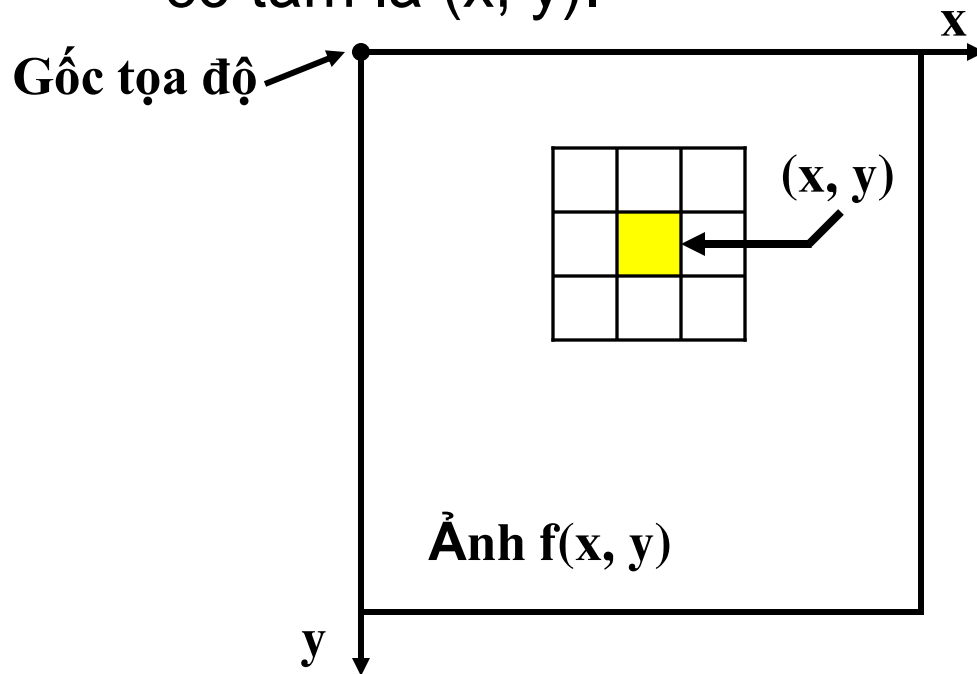
- Các phép xử lý trong miền không gian tác động trực tiếp lên điểm ảnh được ký hiệu là:

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

- $f(x, y)$ là ảnh đầu vào.
- $g(x, y)$ là ảnh đầu ra.
- T là toán tử tác động lên f trong lân cận của điểm (x, y) .

MẶT NẠ/BỘ LỌC

- Lân cận của điểm (x, y) là hình vuông hoặc hình chữ nhật có tâm là (x, y) .



**Lân cận của điểm (x, y)
trong hình vuông 3×3**

- Tâm của lân cận (x, y) di chuyển theo từng điểm ảnh bắt đầu từ gốc trái phía trên (gốc tọa độ).

LỘC KHÔNG GIAN

- Bộ lộc là một hình vuông hoặc hình chữ nhật chứa các giá trị vô hướng. Bộ lộc còn được gọi bằng các thuật ngữ khác như: mặt nạ, nhân, mẫu, cửa sổ.
- Các giá trị trong bộ lộc được gọi là các hệ số của bộ lộc.
- Thông thường người ta sử dụng các bộ lộc có kích thước là số lẻ như: 3×3 , 5×5 , ...

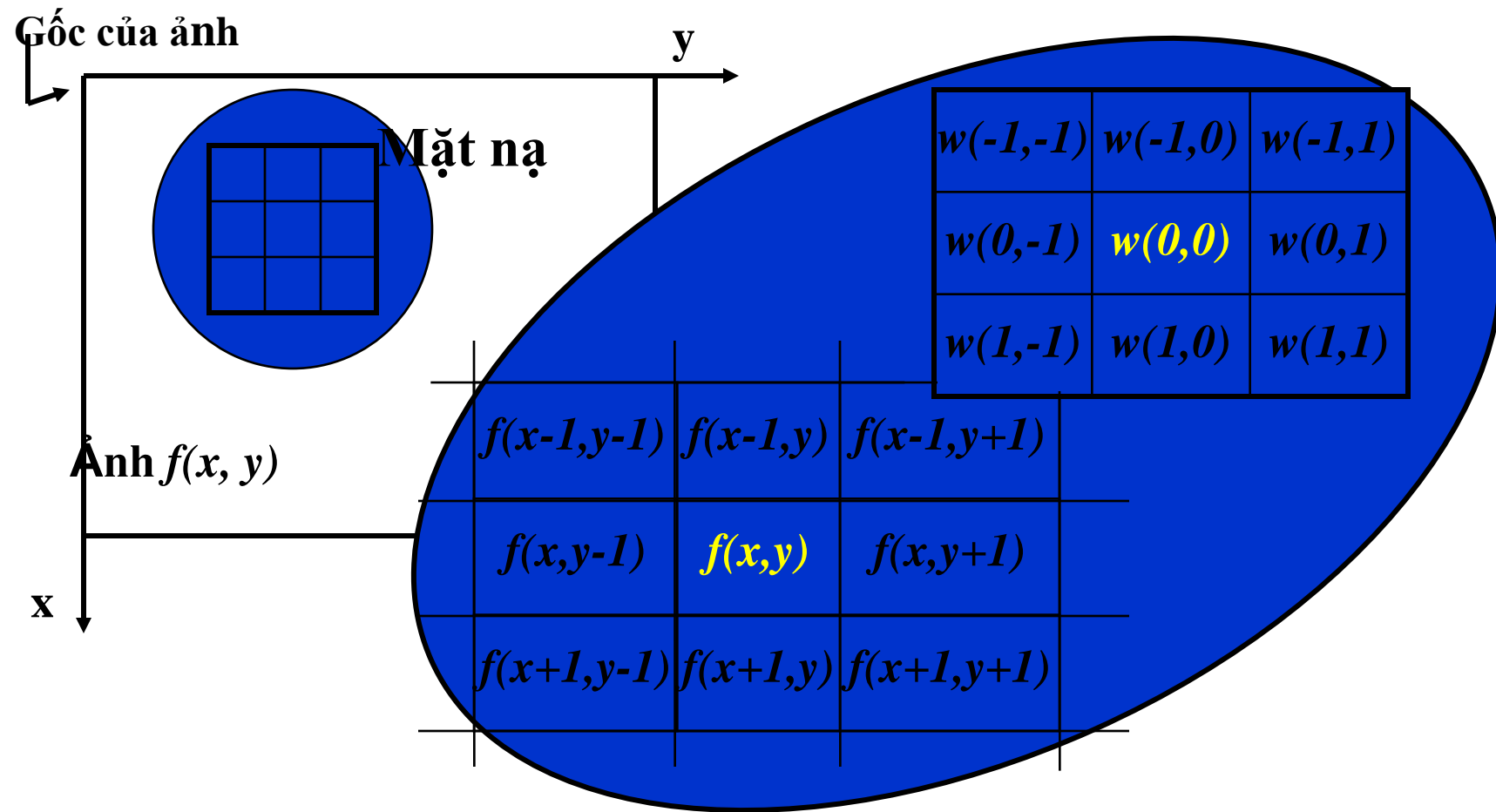
w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Ví dụ minh họa bộ lộc có kích thước 3×3 . w_5 là tâm của bộ lộc

CƠ CHẾ CỦA LỌC KHÔNG GIAN

- Quá trình xử lý là quá trình di chuyển mặt nạ lọc theo từng điểm một trong ảnh.
- Tại mỗi điểm (x, y) , đáp ứng của bộ lọc tại điểm đó được tính bằng cách sử dụng các mối quan hệ đã xác định trước.
- Với bộ lọc không gian tuyến tính, đáp ứng chính là tổng của các tích giữa hệ số của bộ lọc với cấp xám của điểm ảnh tương ứng trong vùng áp dụng lọc.

CƠ CHẾ CỦA LỌC KHÔNG GIAN



$$R = w(-1,-1)f(x-1, y-1) + w(-1,0)f(x-1, y) + \dots$$

$$+ w(0,0)f(x, y) + \dots + w(1,0)f(x+1, y) + w(1,1)f(x+1, y+1)$$

CƠ CHẾ CỦA LỌC KHÔNG GIAN

- Thông thường hệ số $w(0, 0)$ trùng khớp với giá trị $f(x, y)$ của ảnh, nghĩa là mặt nạ có tâm tại điểm (x, y) trong quá trình tính toán.

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots \\ + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)$$

LỌC KHÔNG GIAN TUYẾN TÍNH

- Đối với mặt nạ có kích thước $m \times n$, với $m = 2 \times a + 1$ và $n = 2 \times b + 1$, với a, b là những số nguyên không âm.
- Với điều kiện trên, chúng ta sẽ có những mặt nạ với kích thước là những số lẻ.
- Khi đó, bộ lọc tuyến tính của ảnh f có kích thước $M \times N$ với mặt nạ lọc $m \times n$ áp dụng tại điểm (x, y) được cho bởi công thức sau:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)$$

- Trong đó: $a=(m-1)/2, b=(n-1)/2$.

LỌC KHÔNG GIAN TUYẾN TÍNH

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)$$

- Để có được ảnh lọc, chúng ta phải áp dụng công thức ở trên lên toàn bộ các điểm ảnh, tức là $x = 0, 1, \dots, M$ và $y = 0, 1, \dots, N$.
- Phương trình trên còn được gọi là tích chập của mặt nạ với ảnh.
- Mặt nạ bộ lọc nhiều lúc cũng còn được gọi là mặt nạ chập hay là nhân chập.

LỌC KHÔNG GIAN TUYẾN TÍNH

- Chúng ta cũng có thể ký hiệu đáp ứng **R** của ảnh tại điểm (x, y) với mặt nạ chập có kích thước $m \times n$ theo công thức:

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_{mn} z_{mn} = \sum_{i=1}^{mn} w_i z_i$$

- Trong đó, các giá trị **w** là các hệ số mặt nạ, các giá trị **z** là các giá trị cấp xám của ảnh tương ứng với các hệ số, mn là số lượng các hệ số trong mặt nạ.

VÍ DỤ LỘC KHÔNG GIAN

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

- Mặt nạ 3×3 trong hình trên đáp ứng tại điểm (x, y) của ảnh được tính bởi công thức

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 = \sum_{i=1}^9 w_i z_i$$

XỬ LÝ TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

- Trường hợp thực thi các phép toán lân cận khi tâm của bộ lọc nằm trên biên của ảnh?

$f(0,0)$	$f(0,1)$	$f(0,2)$	$f(0,3)$	$f(0,4)$
$f(1,0)$	$f(1,1)$	$f(1,2)$	$f(1,3)$	$f(1,4)$
$f(2,0)$	$f(2,1)$	$f(2,2)$	$f(2,3)$	$f(2,4)$
$f(3,0)$	$f(3,1)$	$f(3,2)$	$f(3,3)$	$f(3,4)$
$f(4,0)$	$f(4,1)$	$f(4,2)$	$f(4,3)$	$f(4,4)$

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Mặt nạ

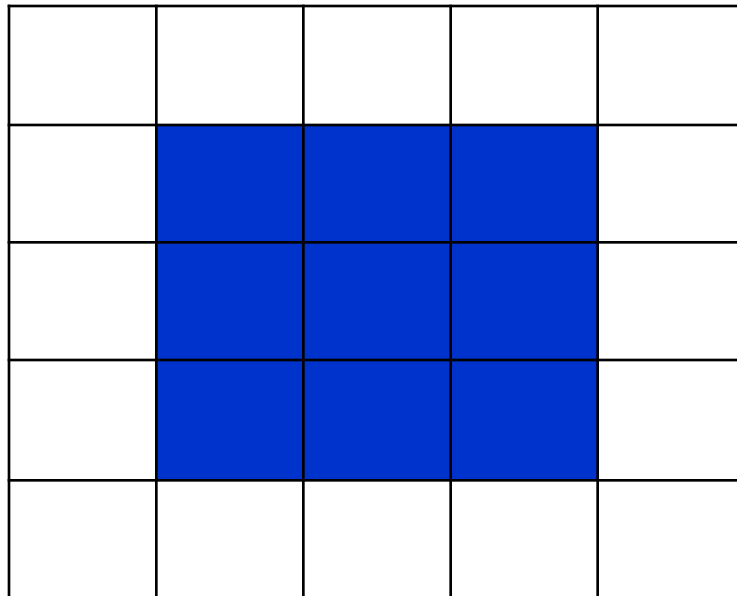
XỬ LÝ TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

- Khi tâm mặt nạ di chuyển gần đến biên của ảnh thì một hoặc một số dòng/cột của mặt nạ sẽ nằm ngoài ảnh.
- Ở ví dụ dưới các hệ số w_1 , w_4 , w_7 nằm ngoài ảnh.

w_1	w_2	w_3			
w_4	w_5	w_6			
w_7	w_8	w_9			

XỬ LÝ TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

- **Cách 1:** Giả sử mặt nạ có kích thước $n \times n$.
 - Cho vị trí tâm của mặt nạ không được nhỏ hơn $(n-1)/2$ điểm ảnh kể từ biên \rightarrow Ảnh sau khi lọc có kích thước nhỏ hơn ảnh gốc, nhưng tất cả các điểm ảnh đều được xử lý.



w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

XỬ LÝ TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

- **Cách 2:** Yêu cầu ảnh kết quả có kích thước bằng ảnh gốc
 - Đưa thêm các dòng đệm và cột đệm mang giá trị 0 vào quanh biên của ảnh.

0	0	0	0	0	0	0
0						0
0						0
0						0
0						0
0						0
0	0	0	0	0	0	0

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

TÍCH CHẬP- Công thức tổng quát

- Hai công thức tính nhân chập sau đây thường được sử dụng:
- Xếp chồng tại biên***

$$Y(m,n) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{l=0}^{L-1} H(k,l) * X(m-k,n-l) \quad (3.9)$$

- Theo công thức này, nếu $K=L=3$, nhân chập H có thể viết:

$$H(k,l) = \begin{bmatrix} H_{00} & H_{01} & H_{02} \\ H_{10} & H_{11} & H_{12} \\ H_{20} & H_{21} & H_{22} \end{bmatrix}$$

- Với nhân chập H như trên, công thức (3.9) được viết lại một cách tường minh như sau: Với $m \in [1,M]$ và $n \in [1,N]$

$$\begin{aligned} Y(m, n) = & H_{00}X_{m,n} + H_{01}X_{m,n-1} + H_{02}X_{m,n-2} + H_{10}X_{m-1,n} + H_{11}X_{m-1,n-1} \\ & + H_{12}X_{m-1,n-2} + H_{20}X_{m-2,n} + H_{21}X_{m-2,n-1} + H_{22}X_{m-2,n-2} \end{aligned}$$

TÍCH CHẬP- Công thức tổng quát

- *Xếp chồng tại trung tâm*

$$Y(m,n) = \sum_{k=1}^L \sum_{l=1}^L H(k,l) * X(m-k+L_c, n-l+L_c) \quad \text{với } L_c = \frac{L+1}{2} \quad (3.10)$$

Theo công thức này, nếu $K=L=3$, nhân chập H có thể viết:

$$H(k,l) = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix}$$

Và công thức (3.10) được viết lại một cách tường minh sau:

$$Y(m, n) = H_{11}X_{m-1,n-1} + H_{12}X_{m-1,n} + H_{13}X_{m-1,n+1} + H_{21}X_{m,n-1} + H_{22}X_{m,n} + H_{23}X_{m,n+1} + H_{31}X_{m+1,n-1} + H_{32}X_{m+1,n} + H_{33}X_{m+1,n+1}$$

Với $m \in [1, M]$ và $n \in [1, N]$. Các chỉ số được viết theo ký pháp toán cho dễ quan sát.

TÍCH CHẬP- Ví dụ

- Ta xét 2 ví dụ sau:
- Ví dụ 1: *Xếp chồng tại biên*

- Ma trận tín hiệu $x_{2 \times 3}$

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 \\ 2 & 5 & 3 \end{bmatrix}$$

- Ma trận đáp ứng xung $h_{2 \times 2}$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

- Tính tích chập $X(m,n) * H(k,l)$

TÍCH CHẬP- Ví dụ

- Ví dụ 2: *Xếp chồng tại trung tâm*

- Cho ảnh số I sau:

$$I = \begin{bmatrix} 4 & 7 & 2 & 7 & 1 \\ 5 & 7 & 1 & 7 & 1 \\ 6 & 6 & 1 & 8 & 3 \\ 5 & 7 & 5 & 7 & 1 \\ 5 & 7 & 6 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

- Và nhân chập H:

$$h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- Tính tích chập $H*I$

TÍCH CHẬP- Ví dụ

- Tích chập $H \otimes I$ tính theo công thức 3.10 được:

$$H \otimes I = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 23 & 26 & 31 & 19 & 16 \\ 35 & 39 & 46 & 31 & 27 \\ 36 & 43 & 49 & 34 & 27 \\ 36 & 48 & 48 & 34 & 22 \\ 24 & 35 & 33 & 22 & 11 \end{bmatrix}$$

3.2.3. MỘT SỐ BỘ LỌC CƠ BẢN

- Lọc tuyến tính
- Lọc phi tuyến
- Các phép lọc:
 - Bộ lọc trên miền không gian: mặt nạ lọc;
 - Lọc làm trơn;
 - Lọc trung bình;
 - Lọc trung bình theo hướng
 - Lọc trung vị;
 - Lọc làm nét ảnh:
 - Lọc đạo hàm bậc 1;
 - Lọc đạo hàm bậc 2.

Kỹ thuật lọc số

Các phép lọc trên miền không gian

- Mặt nạ không gian
 - Mặt nạ không gian biểu diễn bộ lọc có đáp ứng xung hữu hạn hai chiều (2-D FIRF);
 - Các dạng mặt nạ thông dụng có kích thước 2x2, 3x3, 5x5, 7x7;
 - Phép lọc được xác định bằng cách lấy tổng chập hàm lọc với hình ảnh

$$v(m,n) = \sum s(m-k, n-l) h(k,l)$$

- Biểu diễn trên miền tần số:

$$V(k, l) = S(k, l) \times H(k, l)$$

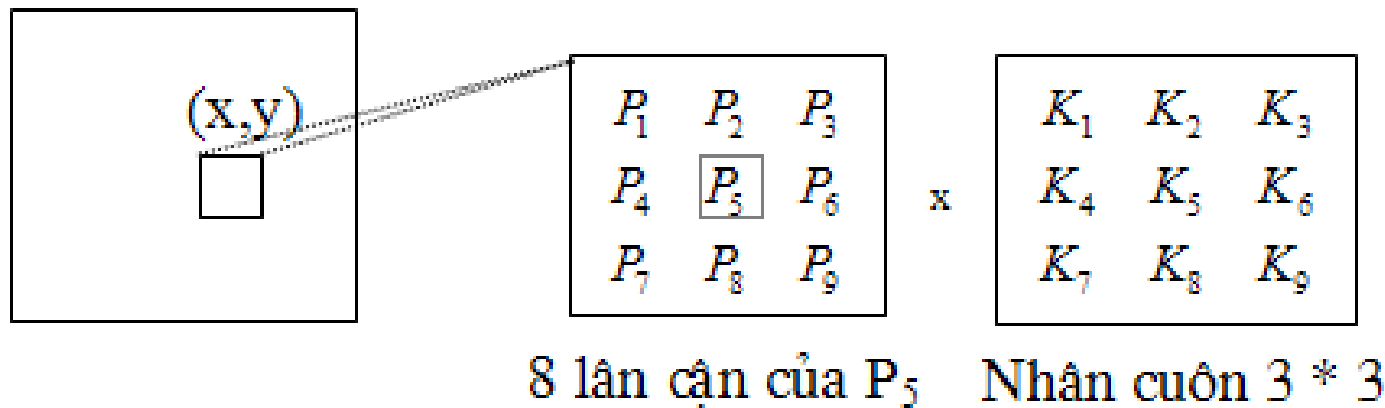
- Các ứng dụng:
 - Lọc làm trơn: lọc thấp;
 - Lọc làm nét: lọc cao

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Kỹ thuật lọc số

- **Lọc tuyến tính:** Trong kỹ thuật lọc tuyến tính, ảnh thu được sẽ là tổng trọng số hay là trung bình trọng số các điểm lân cận với nhân cuộn hay mặt nạ, điển hình cho phương pháp lọc tuyến tính là bộ *lọc trung bình*.

$$P_5 = P_1K_1 + P_2K_2 + P_3K_3 + P_4K_4 + P_5K_5 + P_6K_6 + P_7K_7 + P_8K_8 + P_9K_9$$



Hình 3.4: Lấy tổ hợp các điểm ảnh lân cận.

Phương pháp lọc trung bình

- Các bộ lọc trung bình được sử dụng để khử đi vết mờ và khử nhiễu.
- Khử mờ thường được sử dụng trong các bước tiền xử lý ảnh.
 - Chẳng hạn xóa bỏ đi những chi tiết nhỏ khỏi ảnh trước khi trích chọn các đối tượng.
 - Lấp lại các lỗ hổng nhỏ của các đường thẳng hay các cung
- Khử nhiễu dùng để khử đi những vết mờ của ảnh.
- Đầu ra (đáp ứng) của bộ lọc trung bình làm trơn đơn giản là trung bình các điểm ảnh chứa trong lân cận của mặt nạ lọc.

Phương pháp lọc trung bình

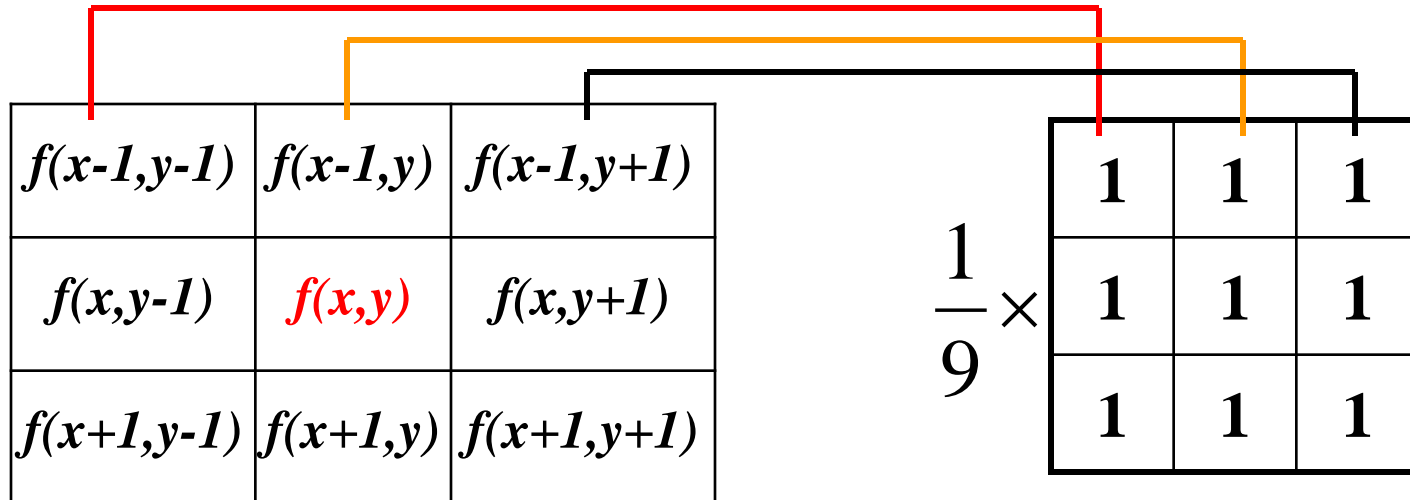
- Ý tưởng cơ bản của bộ lọc trung bình là thay thế giá trị của mỗi điểm ảnh trong ảnh bằng trung bình của các cấp xám trong lân cận được xác định bởi mặt nạ lọc.
- Kết quả của quá trình lọc sẽ làm giảm đi những “điểm nhô/điểm gò” trong ảnh.

Phương pháp lọc trung bình

- Bởi vì nhiễu ngẫu nhiên có đặc trưng là chứa những điểm nhô trong các cấp xám → ứng dụng rõ ràng nhất của làm trơn là khử nhiễu.
- Tuy nhiên, các cạnh của đối tượng cũng được đặc trưng bởi các điểm nhô trong các cấp xám, vì vậy lọc trung bình sẽ có tác động phụ lên các cạnh của các đối tượng trong ảnh → nó sẽ làm nhòe (mờ) đi các cạnh.
- Ứng dụng chính của các lọc trung bình là khử đi các chi tiết không thích hợp trong ảnh.

Phương pháp lọc trung bình

- Với bộ lọc không gian kích thước 3×3 , thì cách sắp xếp đơn giản nhất là cho các hệ số bằng $1/9$.



Bộ lọc
trung
bình 3×3

- Phương pháp lọc trung bình

- Mỗi điểm ảnh được thay thế bằng trung bình trọng số của các điểm lân cận:

$$v(m,n) = \sum_{(k,l) \in W} a(k,l) s(m-k, n-l)$$

- Nếu $a(k, l) = 1/N_W$, trong đó N_W là số điểm trong cửa sổ, ta có phương pháp lọc trung bình: giá trị mới của điểm ảnh thay bằng trung bình cộng của các điểm rơi vào cửa sổ W

$$v(m,n) = \frac{1}{N_w} \sum_{(k,l) \in W} s(m-k, n-l)$$

- Nếu mỗi điểm ảnh được thay thế bằng trung bình cộng của điểm đó với trung bình cộng của 4 điểm lân cận kề, ta có

$$v(m,n) = \frac{1}{2} \left[s(m,n) + \frac{1}{4} \{ s(m-1, n) + s(m+1, n) + s(m, n-1) + s(m, n+1) \} \right]$$

- Lọc trung bình là lọc làm trơn nhiễu:

$$x(m,n) = s(m,n) + \eta(m,n)$$

- $\eta(m,n)$ - nhiễu trắng với giá trị trung bình không và phương sai σ_{η}^2 .
- Một số dạng mặt nạ bộ lọc:

$$\frac{1}{4} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\frac{1}{9} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\frac{1}{8} \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Phương pháp lọc trung bình

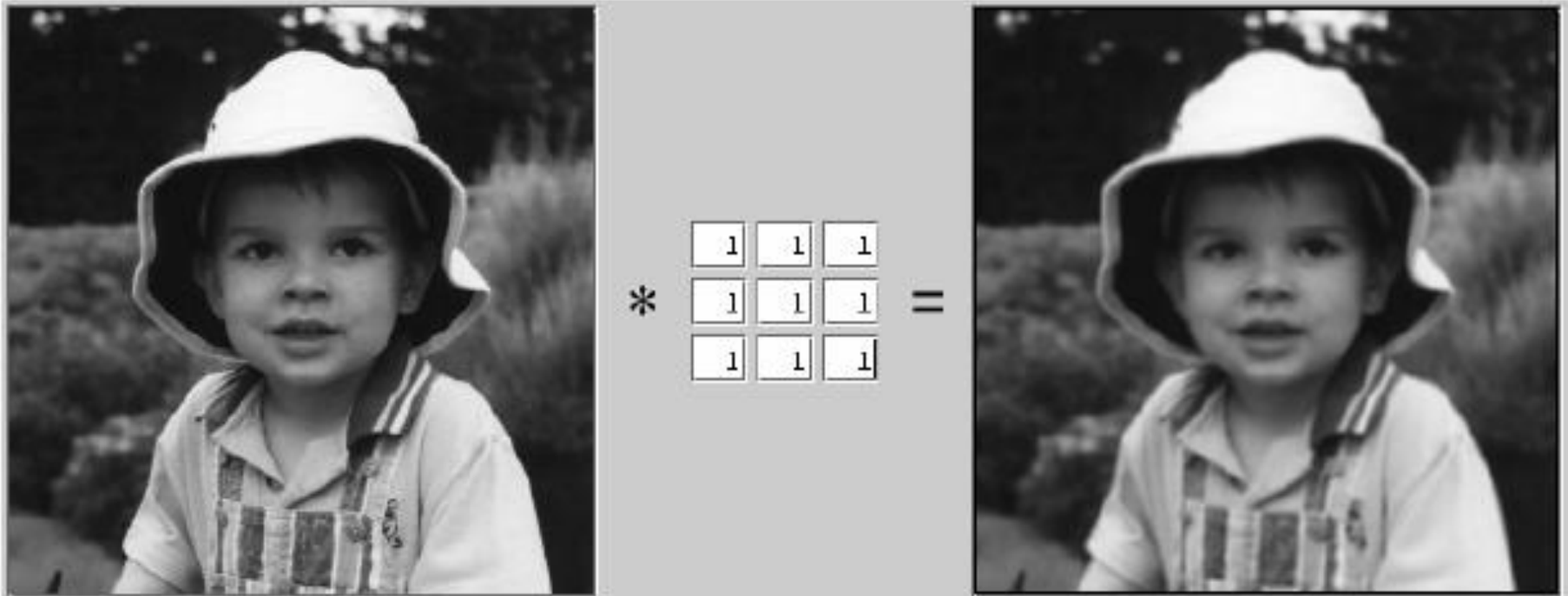
- Lọc trung bình không gian có dạng:

$$v(m, n) = \frac{1}{N_w} \sum \sum_{(k, l) \in W} s(m - k, n - l) + \bar{\eta}(m, n)$$

- Thành phần $\bar{\eta}(m, n)$ là trung bình không gian của nhiễu cộng và cũng có giá trị trung bình không, phương sai: $\bar{\sigma}_\eta^2 = \sigma_\eta^2 / N_w$
- Như vậy năng lượng nhiễu cũng giảm tỷ lệ với số điểm trong cửa sổ;

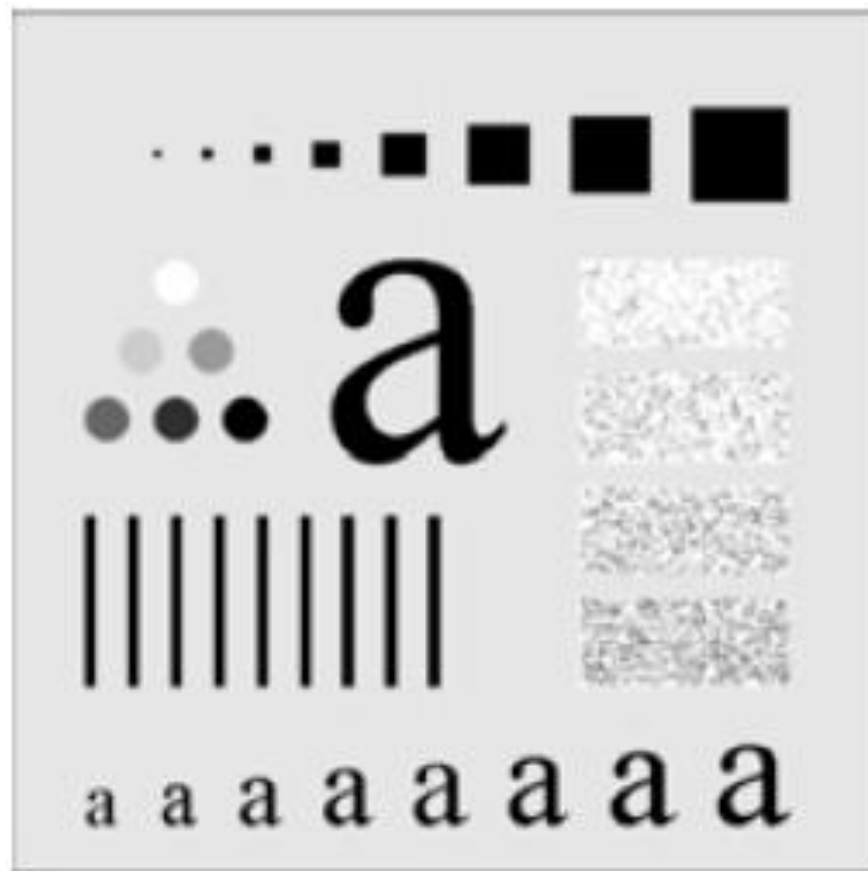
Phương pháp lọc trung bình

– Ví dụ:



Phương pháp lọc trung bình

- Ảnh gốc và ảnh được lọc với kích thước mặt nạ là 3×3



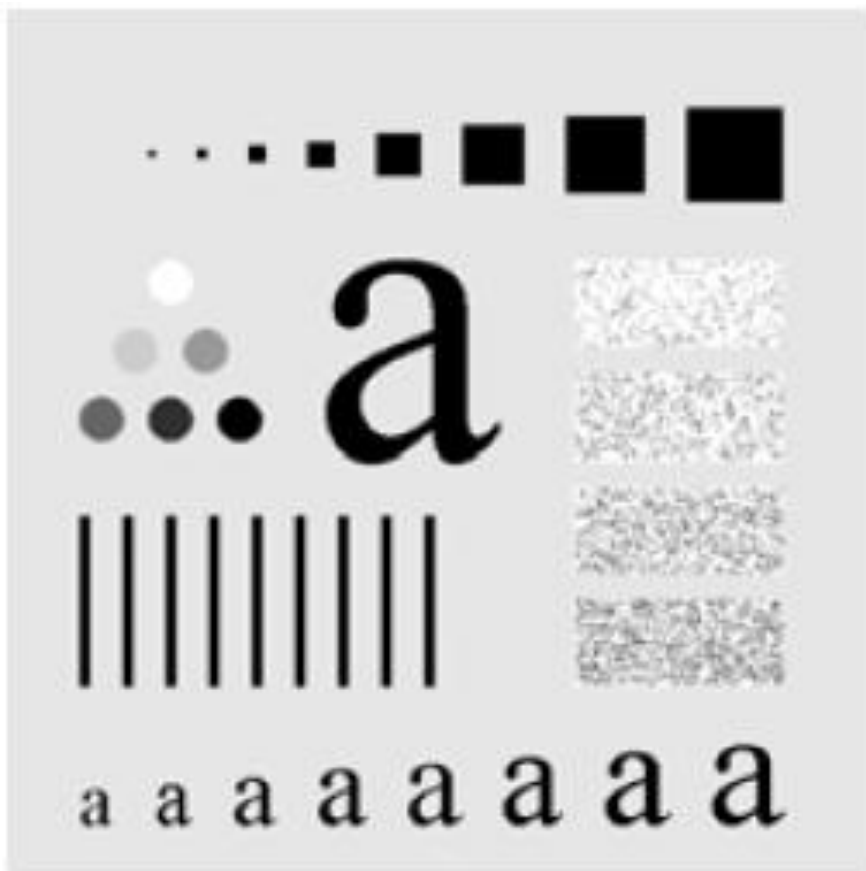
Phương pháp lọc trung bình

- Ảnh gốc và ảnh được lọc với kích thước mặt nạ là 5×5



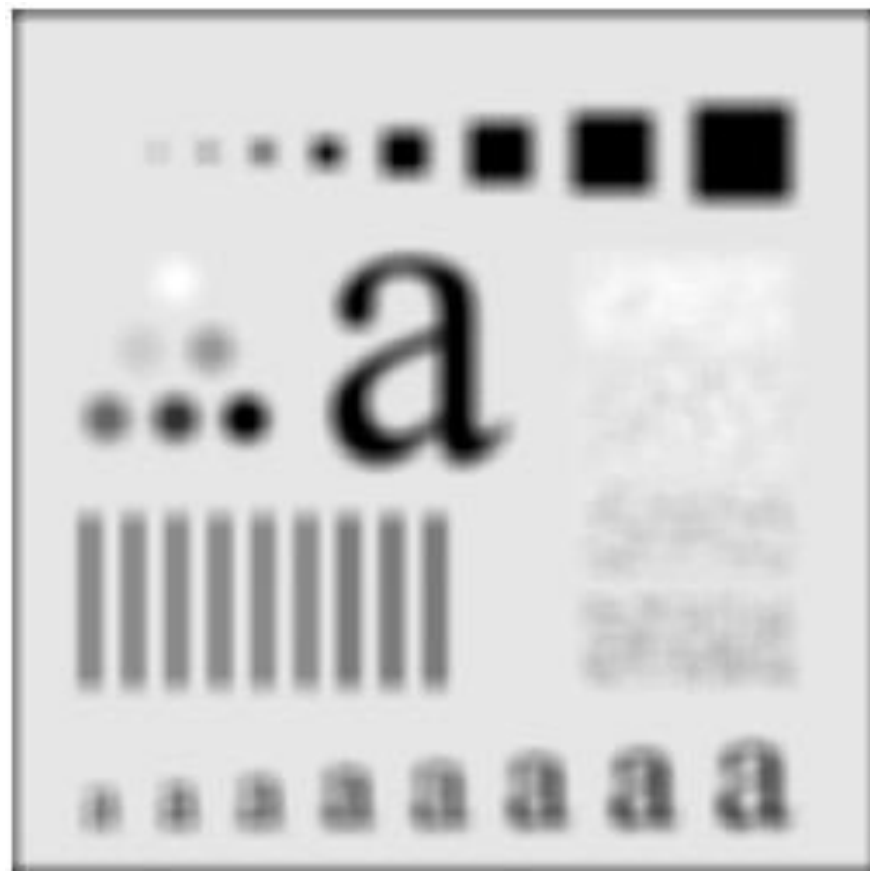
Phương pháp lọc trung bình

- Ảnh gốc và ảnh được lọc với kích thước mặt nạ là 9×9



Phương pháp lọc trung bình

- Ảnh gốc và ảnh được lọc với kích thước mặt nạ là 15×15



Phương pháp lọc trung bình

- Ảnh gốc và ảnh được lọc với kích thước mặt nạ là 35×35



a	b
c	d
e	f

Ví dụ



- a) Ảnh gốc kích thước 500×500
- b) - f) Kết quả của việc làm trơn với bộ lọc trung bình hình vuông kích thước $n = 3, 5, 9, 15$ và 35 .
- Chú ý:
 - Mặt nạ lớn được sử dụng để ước lượng các đối tượng nhỏ trong ảnh.
 - Kích thước mặt nạ được chọn liên quan đến kích thước của các đối tượng cần đồng nhất với nền.

Phương pháp lọc trung bình

- Cho ảnh I kích thước 7×7 và bộ lọc tuyến tính làm trơn có kích thước 3×3 như sau. Tìm ảnh có được sau khi lọc.

10	15	15	45	25	14	23
12	14	255	12	15	12	45
25	26	25	12	45	255	12
14	48	98	51	12	15	20
12	32	36	34	25	26	24
12	14	5	7	54	12	51
14	56	25	14	20	47	12

$$\frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

VÍ DỤ LỌC TRUNG BÌNH

- Cho ảnh I kích thước 7×7 và bộ lọc tuyến tính làm trơn có kích thước 3×3 như sau. Tìm ảnh có được sau khi lọc.

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	15	15	45	25	14	23	0
0	12	14	255	12	25	12	45	0
0	25	56	25	12	45	255	12	0
0	14	48	98	51	12	15	20	0
0	12	32	36	34	25	26	24	0
0	12	14	5	7	54	12	51	0
0	14	56	25	14	20	47	12	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

1	1	1
1	1	1
1	1	1

=RC	36	40	42	15	16	10
15	47	50	51	49	51	40
19	61	63	59	49	49	40
21	38	44	38	53	48	39
15	30	36	36	26	27	16
16	23	25	24	27	30	19
11	14	13	14	17	22	14

BỘ LỌC TRUNG BÌNH

- Lọc trung bình không gian sẽ làm mờ ảnh.
- Để xóa đi các đối tượng nhỏ có cường độ sáng lớn ở trong ảnh ta cho nó có độ sáng lẫn với màu nền bằng cách làm mờ nó thông qua lọc trung bình không gian.
- Kích thước mặt nạ có quan hệ mật thiết với kích thước của các đối tượng mà chúng ta cần xóa đi để làm nền.
- Sau khi lọc xong, ta có thể tiến hành phân ngưỡng một cách hợp lý để làm nổi bật các đối tượng cần quan sát.

LỌC PHI TUYẾN

- Là bộ lọc không gian với đáp ứng (đầu ra) dựa trên thứ tự (xếp loại) các điểm ảnh trong vùng được lọc, và sau đó thay thế giá trị của điểm ảnh trung tâm bằng giá trị đã được xác định thông qua kết quả xếp loại.
- Các bộ lọc phi tuyến gồm:
 - Bộ lọc trung vị - median filter
 - Bộ lọc cực đại - max filter
 - Bộ lọc cực tiểu - min filter

LỘC TRUNG VỊ

- Lộc trung vị được sử dụng phổ biến bởi vì nó khử nhiễu rất tốt, nhất là đối với những loại nhiễu ngẫu nhiên.
- Kết quả ảnh đạt được ít vết nhòe hơn so với lọc trơn tuyến tính cùng kích thước.
- Lộc trung vị có hiệu quả đặc biệt khi có nhiễu xung, bởi vì nhiễu xung xuất hiện như những chấm trắng và đen ở trên ảnh.

TRUNG VỊ

- Trung vị ξ của một dãy $\{x_n\}$ các giá trị là đại lượng mà ở đó có một nửa các giá trị trong $\{x_n\}$ nhỏ hơn hoặc bằng ξ và một nửa các giá trị trong $\{x_n\}$ lớn hơn hoặc bằng ξ .
- Ví dụ: Cho dãy $\{x_n\} = \{3, 4, 6, 29, 4, 30, 40, 30, 5\}$, lúc đó trung vị của dãy $\{x_n\}$ là $\xi = 6$.
- Cách thực hiện: Sắp xếp tập dãy $\{x_n\}$ theo thứ tự tăng dần các giá trị: $\{x_n\} = \{3, 4, 4, 5, 6, 29, 30, 30, 40\}$. Trung vị của $\{x_n\}$ chính là giá trị nằm giữa dãy $\{x_n\}$, nghĩa là $\xi = 6$.

LỘC TRUNG VỊ

- Kỹ thuật lọc trung vị dùng để lọc nhiễu bằng cách trượt trên mặt phẳng ảnh, mỗi lần di chuyển qua trên một điểm ảnh.
- Những phần tử trong cửa sổ được xem như là một chuỗi $\{x_n\}$ và điểm quan tâm được thay thế bởi giá trị trung vị ξ của chuỗi.
- Ví dụ: Chuỗi $\{x_n\} = \{1, 2, 9, 4, 5\}$ có trung vị $\xi = 4$. Điểm trung tâm sẽ được thay thế bởi bởi giá trị $\xi = 4$. Kết quả ta có: $\{1, 2, 4, 4, 5\}$

LỌC TRUNG VỊ

- Giả sử đầu vào là $X(m,n)$ và đầu ra bộ lọc là $Y(m,n)$. Lọc trung vị hai chiều được định nghĩa:
$$Y(m,n) = \text{Median}(X(m-k,n-l) \text{ với } k,l \in [1, L])$$

$$L_c = (L+1)/2$$
 còn gọi là bán kính bộ lọc
- Kỹ thuật lọc trung vị thường dùng mặt nạ có kích thước là $3 \times 3, 5 \times 5$.
- Việc lọc sẽ dừng lại khi quá trình lọc không làm thay đổi kết quả của ảnh cần lọc.
- Lọc trung vị với mặt nạ có kích thước $n \times n$ được tính như chuỗi một chiều. Ta tiến hành sắp xếp dãy đó rồi thay thế phần tử tâm bằng trung vị của dãy vừa tìm được.

LỘC TRUNG VỊ

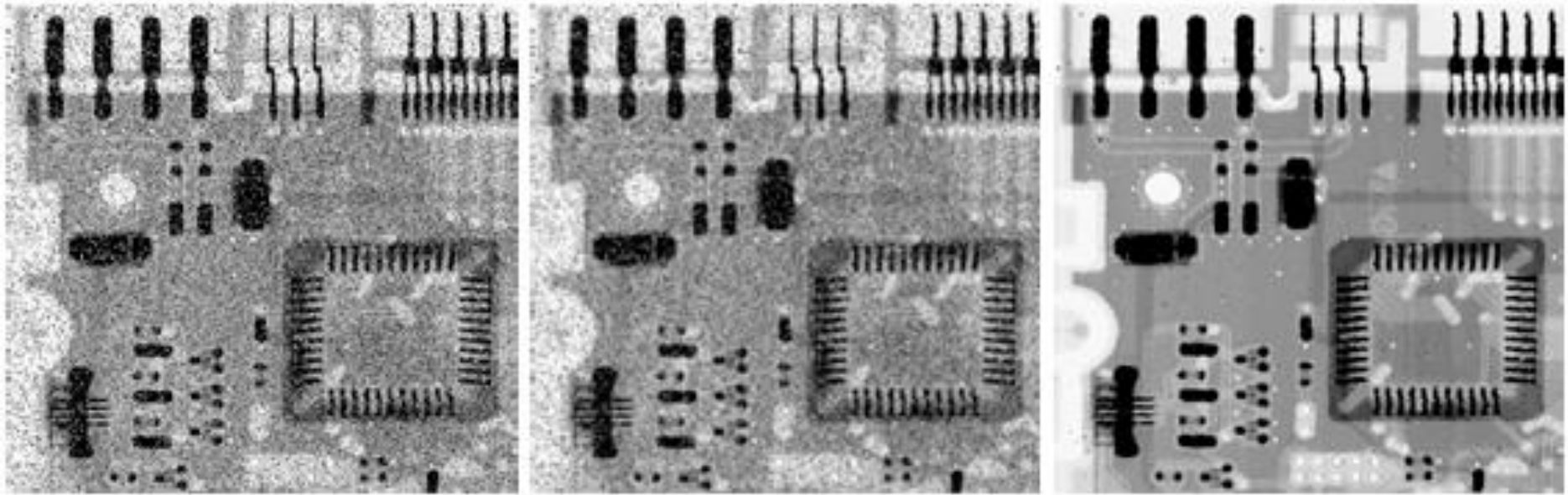
- Ví dụ: Lộc trung vị trên ảnh với cửa sổ lộc là 3×3 .

	15	17	18	
	16	78	17	
	17	15	20	

	15	17	18	
	16	17	17	
	17	15	20	

15	15	16	17	17	17	18	20	78
1	2	3	4	5	6	7	8	9

VÍ DỤ LỌC TRUNG VỊ



- a) Ảnh gốc X-quang chụp một bo mạch của một thiết bị (có nhiễu).
- b) Ảnh sau khi lọc trung bình tuyến tính làm trơn với mặt nạ 3×3 .
- c) Ảnh sau khi lọc trung vị với mặt nạ 3×3 .

LỌC KHÔNG GIAN LÀM NÉT SHARPING

- Mục đích của lọc không gian làm nét là nhằm làm nổi bật các chi tiết hợp lý trong ảnh để tăng cường các chi tiết đã bị làm mờ cũng như bị sai sót trong quá trình thu nhận ảnh.
- Lọc không gian làm nét sử dụng trong các lĩnh vực khác nhau như tạo bản in điện tử, ảnh y học, hoặc trong các hệ thống quân sự.
- Các bộ lọc làm nét chủ yếu dựa trên đạo hàm bậc nhất và đạo hàm bậc hai.

Lọc giả trung vị

- Lọc giả trung vị : Để khắc phục nhược điểm khối lượng tính toán khá lớn (có thể bằng số mũ của kích thước cửa sổ lọc) của lọc trung vị người ta dùng một phương pháp khác: lọc giả trung vị (Pseudo-Median Filter)
- Thí dụ với dãy 5 số: a, b, c, d, e, lọc giả trung vị được định nghĩa như sau:

$$\text{PseudoMedian}(a,b,c,d,e) = \frac{1}{2} \left\{ \begin{aligned} &MAX[Min(a, b, c), Min(b, c, d), Min(c, d, e)] \\ &+ MIN[Max(a, b, c), Max(b, c, d), Max(c, d, e)] \end{aligned} \right\}$$

Rõ ràng là với phương pháp này, ta chỉ phải dùng 3 chuỗi con thay vì dùng 10 chuỗi như lọc trung vị.

Lọc giả trung vị

- Một cách tổng quát, ta có thuật toán sau:
 - b1. Lấy các phần tử trong cửa sổ ra mảng một chiều (L phần tử).*
 - b2. Tìm min của lần lượt các chuỗi con rồi lấy max: gọi $m1$ là giá trị này.*
 - b3. Tìm max của lần lượt các chuỗi con rồi lấy min: gọi $m2$ là giá trị tìm được.*
 - b4. Gán giá trị điểm đang xét là trung bình cộng của $m1$ và $m2$.*

3.3. Histogram

3.3.1 Kiến thức cơ bản

- Histogram của ảnh là đồ thị cho biết tần suất hiện các điểm ảnh với các mức biến thiên độ sáng .
- Histogram dùng để biểu diễn tần suất xuất hiện của các điểm ảnh đối với các mức sáng khác nhau .
- Cân bằng histogram sửa đổi để histogram của ảnh có hình dáng cân bằng như mong muốn .

XỬ LÝ LƯỢNG ĐỒ XÁM

- Lượng đồ xám của một ảnh với các cấp xám nằm trong khoảng $[0, L-1]$ là một hàm rời rạc:

$$h(k) = n_k.$$

Trong đó:

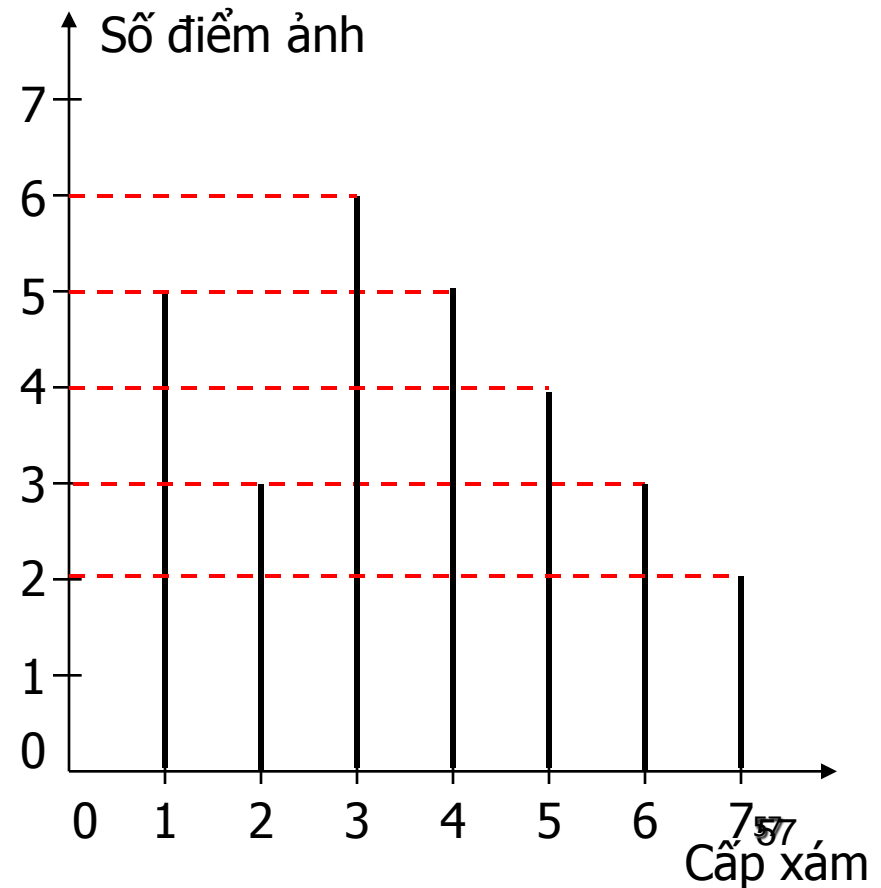
- k là mức xám, $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$.
- n_k là số lượng điểm ảnh trong ảnh có mức xám bằng k .
- $h(k)$ là lượng đồ xám của ảnh với cấp xám bằng k .

VÍ DỤ LỰỚI ĐỒ XÁM

- Cho ảnh sau I, hãy tính lược đồ xám của ảnh I.

0	1	1	3	5	4
5	1	4	7	4	6
3	2	1	3	2	5
1	3	4	5	6	7
0	2	3	4	3	6

k	0	1	2	3	4	5	6	7
h(k)	2	5	3	6	5	4	3	2



CHUẨN HÓA LỢC ĐỒ XÁM

- Trong thực tế, ta chuẩn hóa lược đồ xám bằng cách chia giá trị n_k cho tổng số điểm ảnh trong ảnh (ký hiệu là n). Vì vậy, lược đồ xám chuẩn hóa được cho bởi công thức:

$$p(k) = n_k/n.$$

- $p(k)$ là ước lượng xác suất xảy ra cấp xám thứ k .
- Tổng các thành phần của lược đồ xám chuẩn hóa bằng 1.

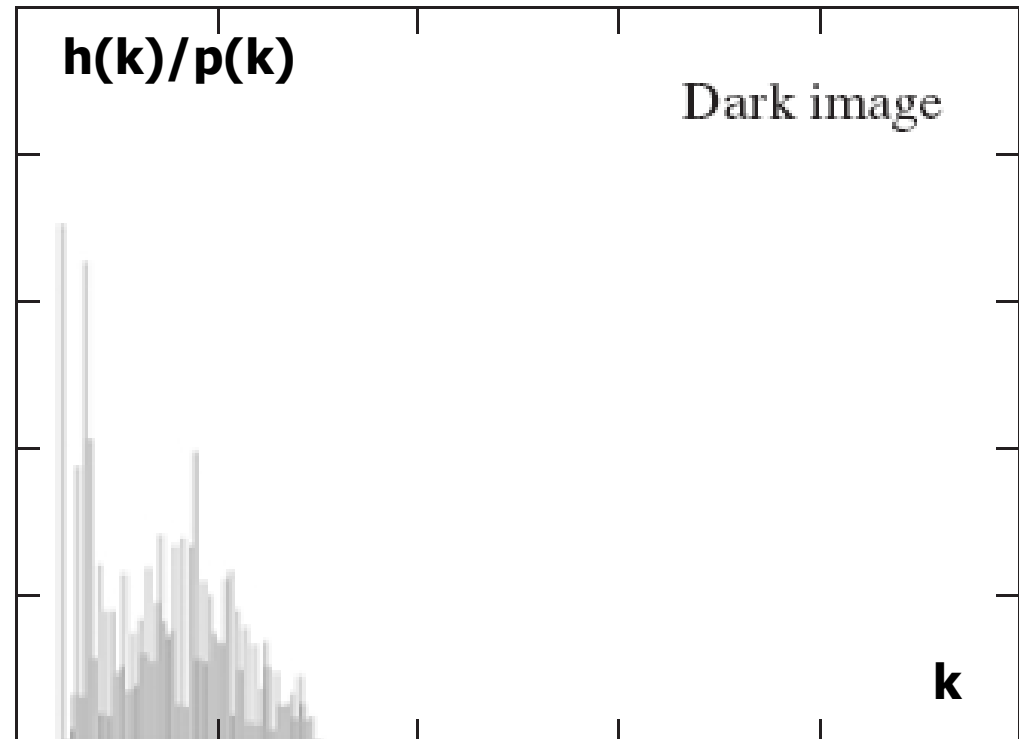
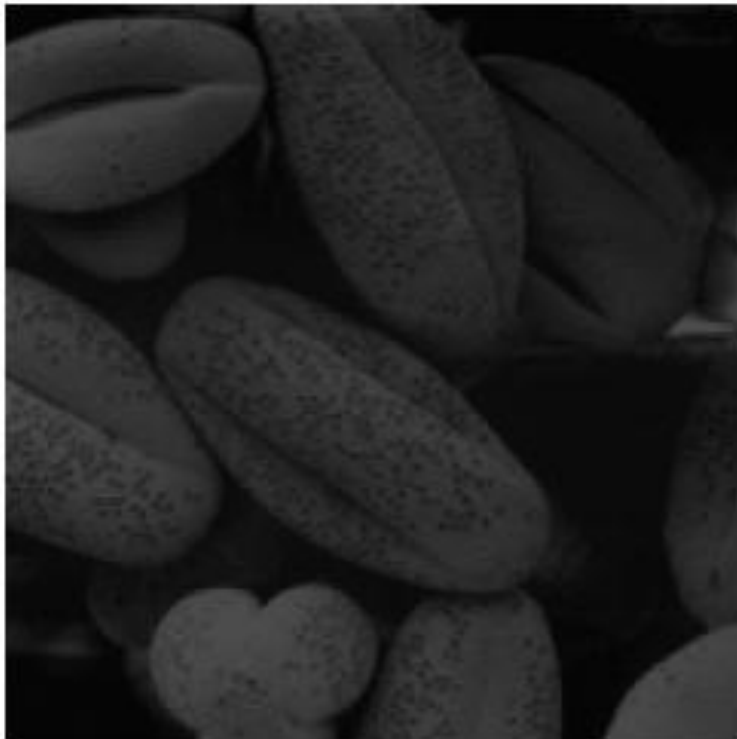
$$\sum_{k=0}^{L-1} p(k) = 1$$

XỬ LÝ LƯỢC ĐỒ XÁM

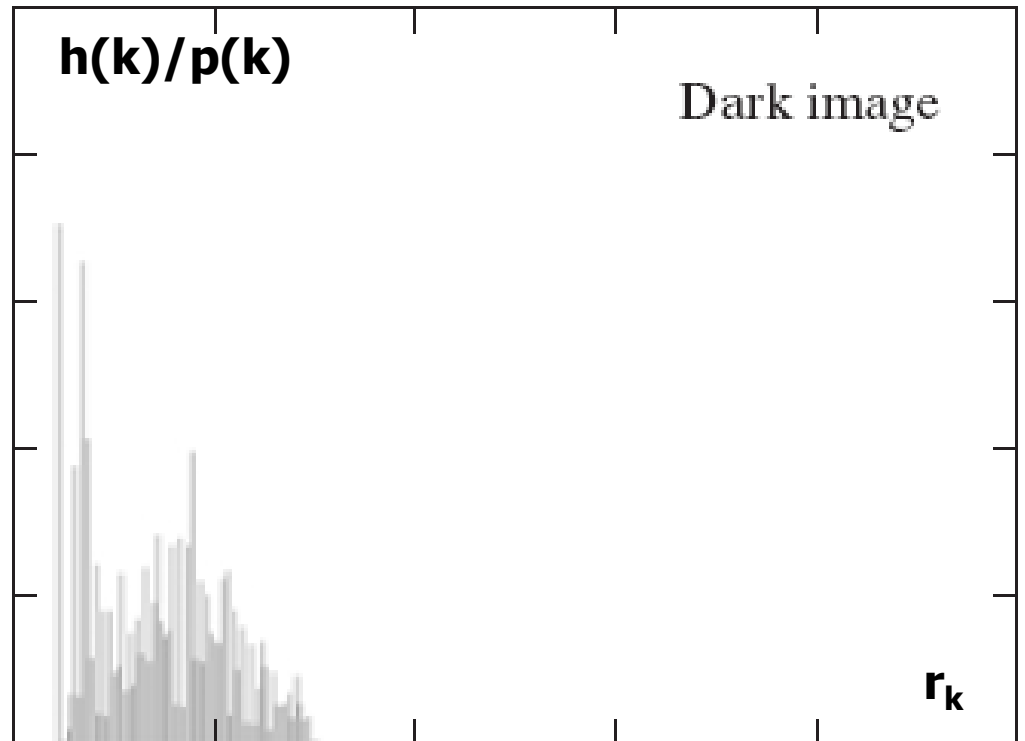
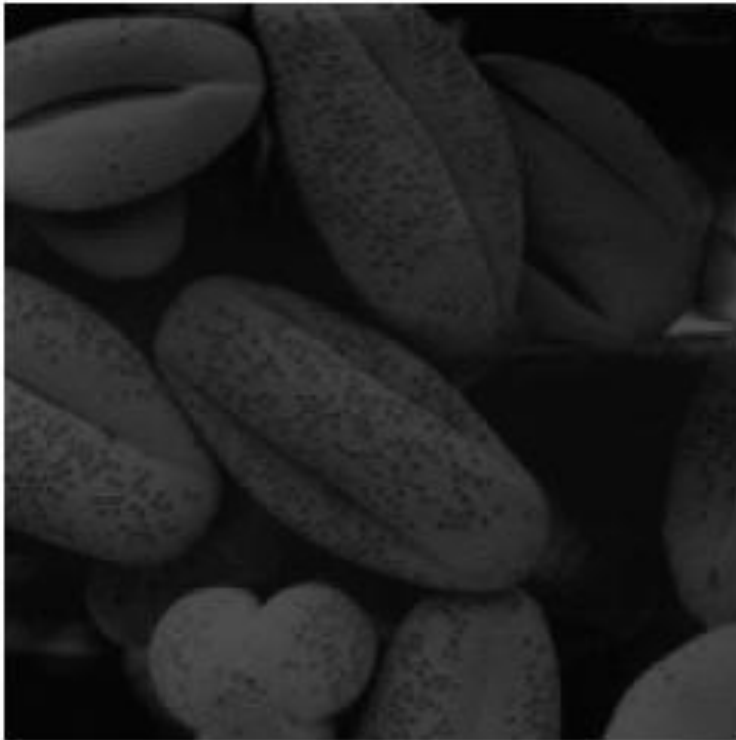
- Lược đồ xám là một trong những đặc trưng cơ bản được sử dụng trong xử lý ảnh số.
- Lược đồ xám dùng để phục vụ cho việc nén ảnh và phân đoạn ảnh.
- Việc tính toán lược đồ xám rất đơn giản, cho nên nó được sử dụng trong các công cụ xử lý ảnh thời gian thực.

XỬ LÝ LƯỚI ĐỒ XÁM

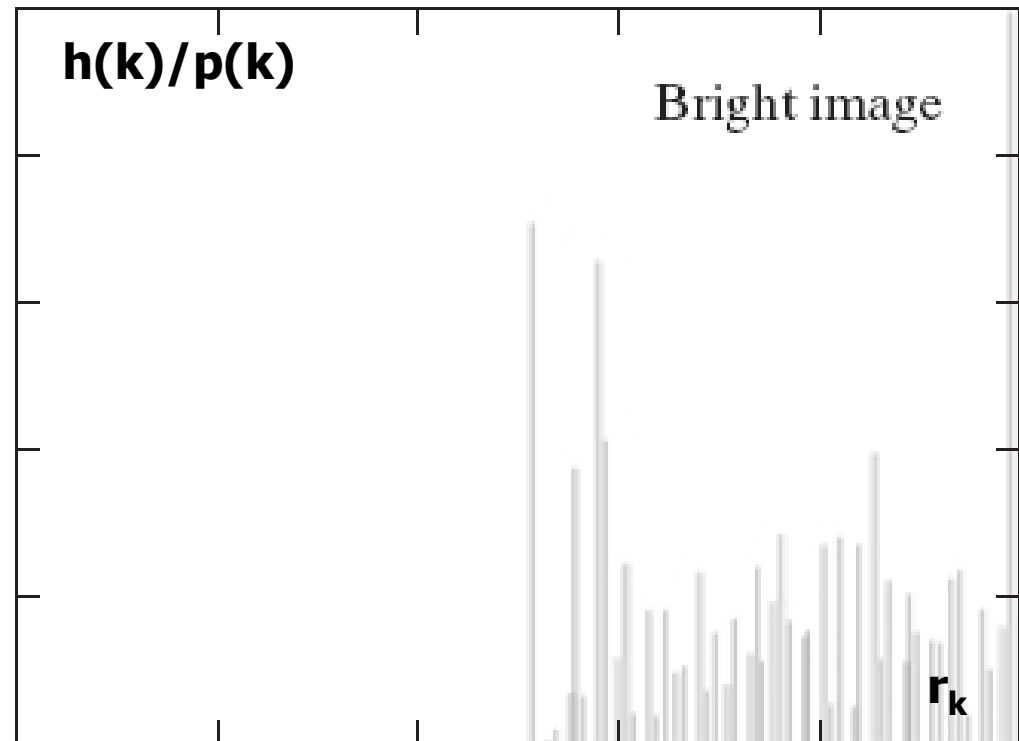
- Trục hoành tương ứng với các giá trị cấp xám k .
- Trục tung tương ứng với các giá trị của $h(k)$ hoặc $p(k)$.



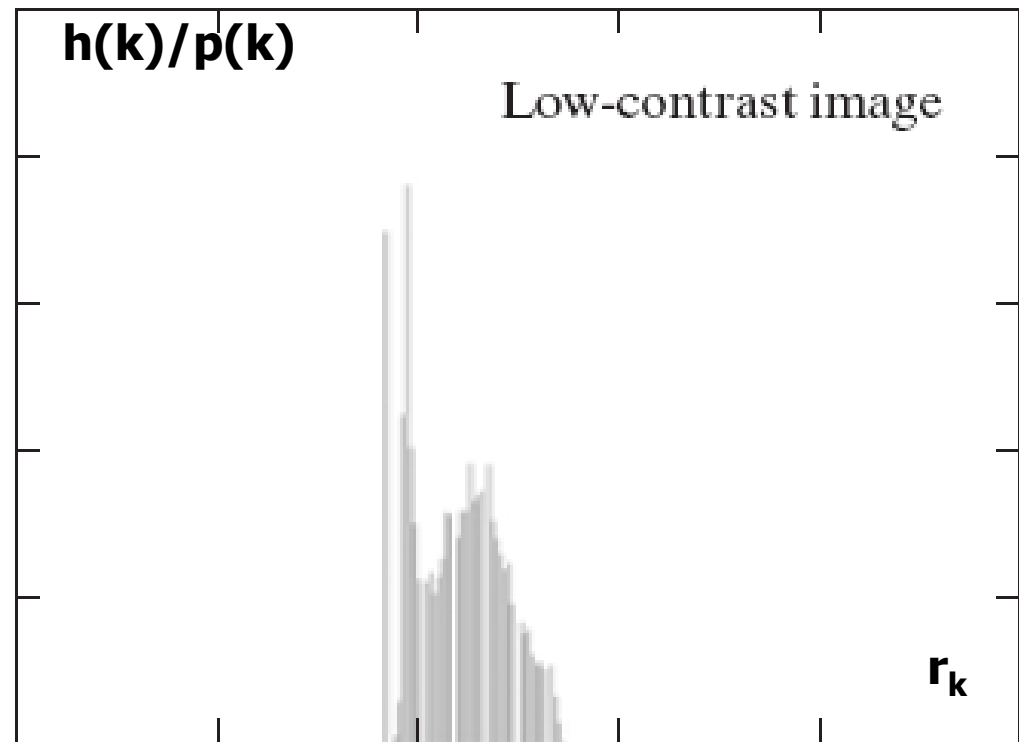
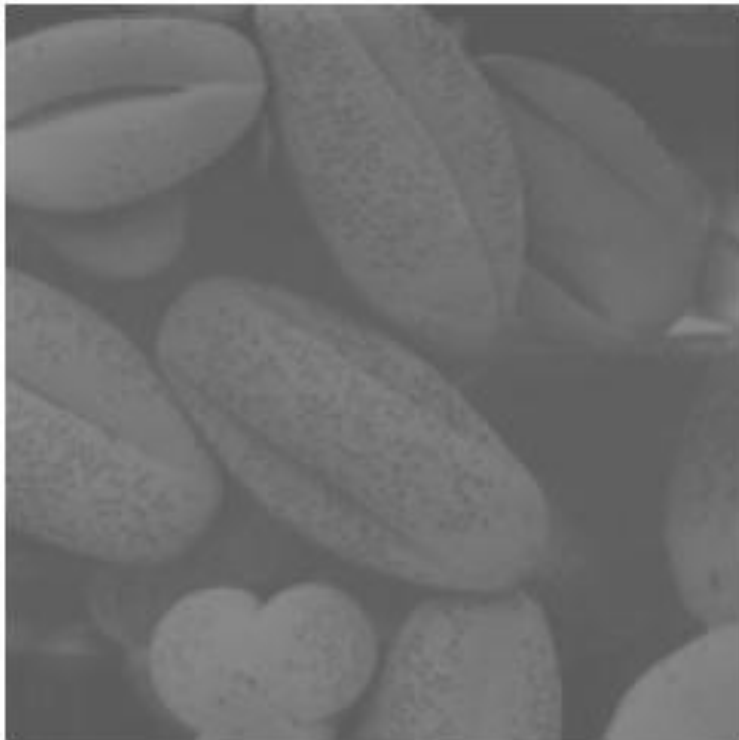
XỬ LÝ LƯỚI ĐỒ XÁM



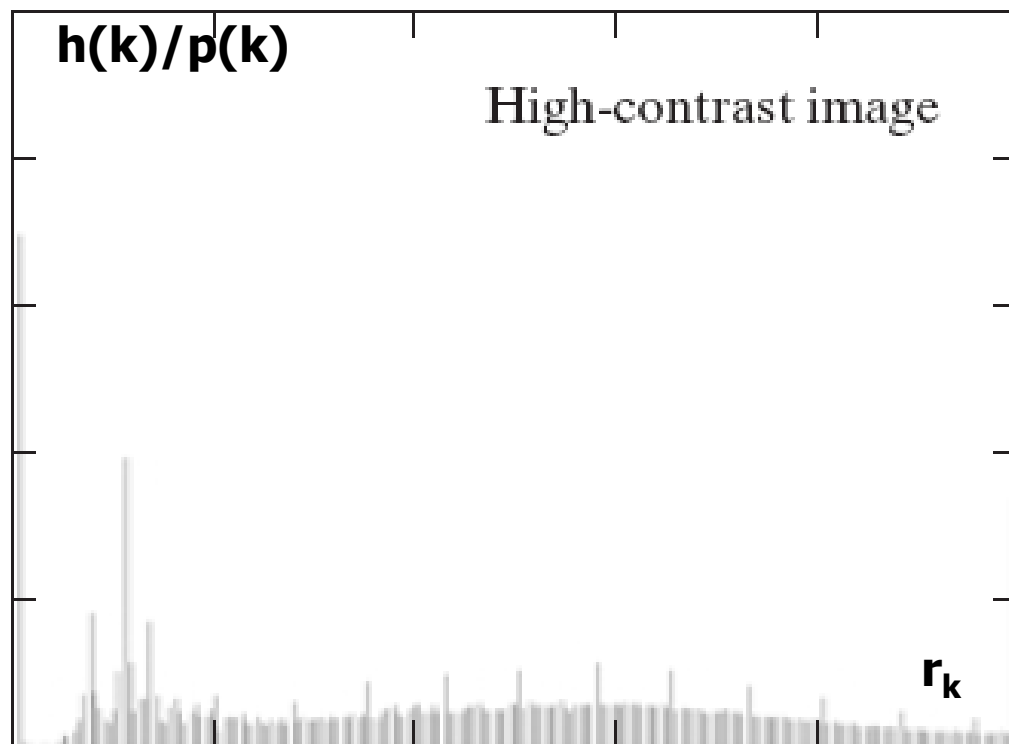
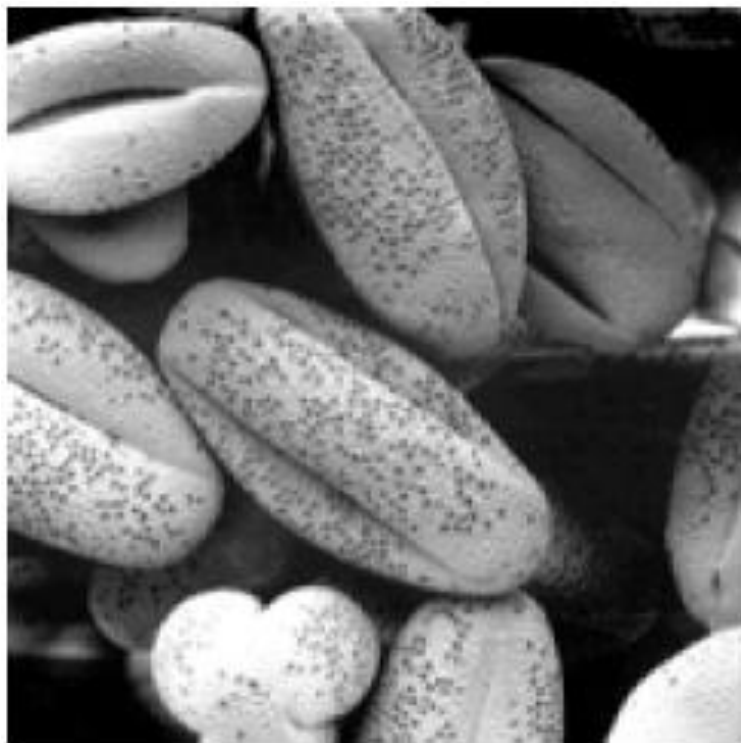
XỬ LÝ LƯỚI ĐỒ XÁM



XỬ LÝ LƯỚI ĐỒ XÁM



XỬ LÝ LƯỚI ĐỒ XÁM



CÂN BẰNG LỰC ĐỒ XÁM

- Ảnh đầu vào có thể:
 - Tối → không nhìn rõ nét,
 - Sáng → mờ,
 - Độ tương phản thấp → khó nhìn thấy các đối tượng.
- Chúng ta phải xử lý để ảnh đầu ra rõ hơn, có nhiều thông tin hơn.
- Quá trình xử lý là ánh xạ mỗi điểm ảnh với cấp xám k trong ảnh đầu vào thành điểm ảnh tương ứng với cấp xám s_k trong ảnh đầu ra.

PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG LỢC ĐỒ XÁM

- **Vào:** Ảnh I có L cấp xám, $k=0, 1, \dots, L-1$. Số điểm ảnh trong ảnh I là n .
- **Ra:** Ảnh J với các cấp xám $s_k \in [0, L-1]$, $k=0, 1, \dots, L-1$.
(Lưu ý: ảnh đầu ra J có độ tương phản tốt hơn ảnh đầu vào I)
- **Phương pháp:**
 1. Tính số điểm ảnh có cấp xám k là n_k ($k=0, 1, \dots, L-1$) trong ảnh I.
 2. Tính $p(k)$ xác suất xảy ra cấp xám k trong ảnh I:

$$p(k) = \frac{n_k}{n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1.$$

PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG LỢC ĐỒ XÁM

3. Tính $T(k)$ là xác suất xảy ra cấp xám nhỏ hơn hoặc bằng k :

$$T(k) = \sum_{j=0}^k p(j) = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^k n_j \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1.$$

4. Cấp xám s_k ảnh đầu ra J tương ứng với cấp xám k của ảnh đầu vào I được tính theo công thức:

$$s_k = \text{round} \left[(L-1)T(k) \right] \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1.$$

5. Xây dựng ảnh đầu ra J bằng cách ánh xạ tương ứng cấp xám k của ảnh đầu vào thành cấp xám s_k của ảnh đầu ra.

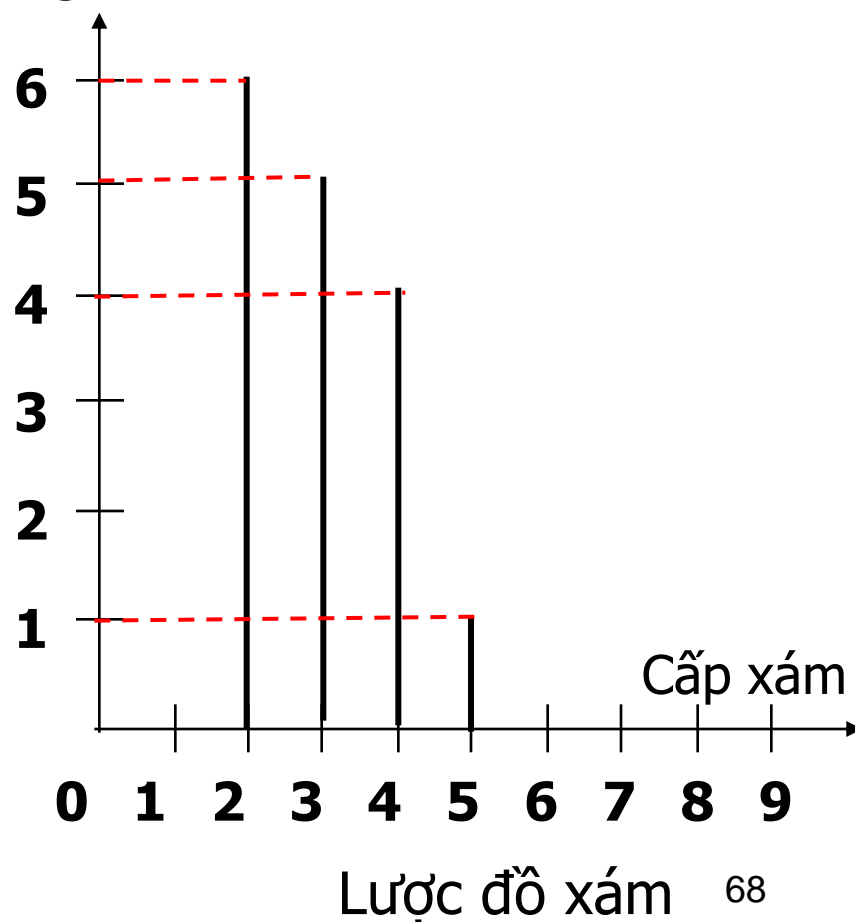
VÍ DỤ CÂN BẰNG LỰC ĐỒ XÁM

Cho ảnh đầu vào I có 10 cặp xám.
Cân bằng lực đồ xám ảnh I

2	3	3	2
4	2	4	3
3	2	3	5
2	4	2	4

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_k	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0

Số lượng điểm ảnh



VÍ DỤ CÂN BẰNG LỰC ĐỒ XÁM

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_k	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0
$\sum_{j=0}^k n_j$	0	0	6	11	15	16	16	16	16	16
$T(k)$	0	0	$\frac{6}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$
$s_k = 9T(k)$	0	0	$\frac{3.3}{\approx 3}$	$\frac{6.1}{\approx 6}$	$\frac{8.4}{\approx 8}$	9	9	9	9	9

VÍ DỤ CÂN BẰNG LỰC ĐỒ XÁM

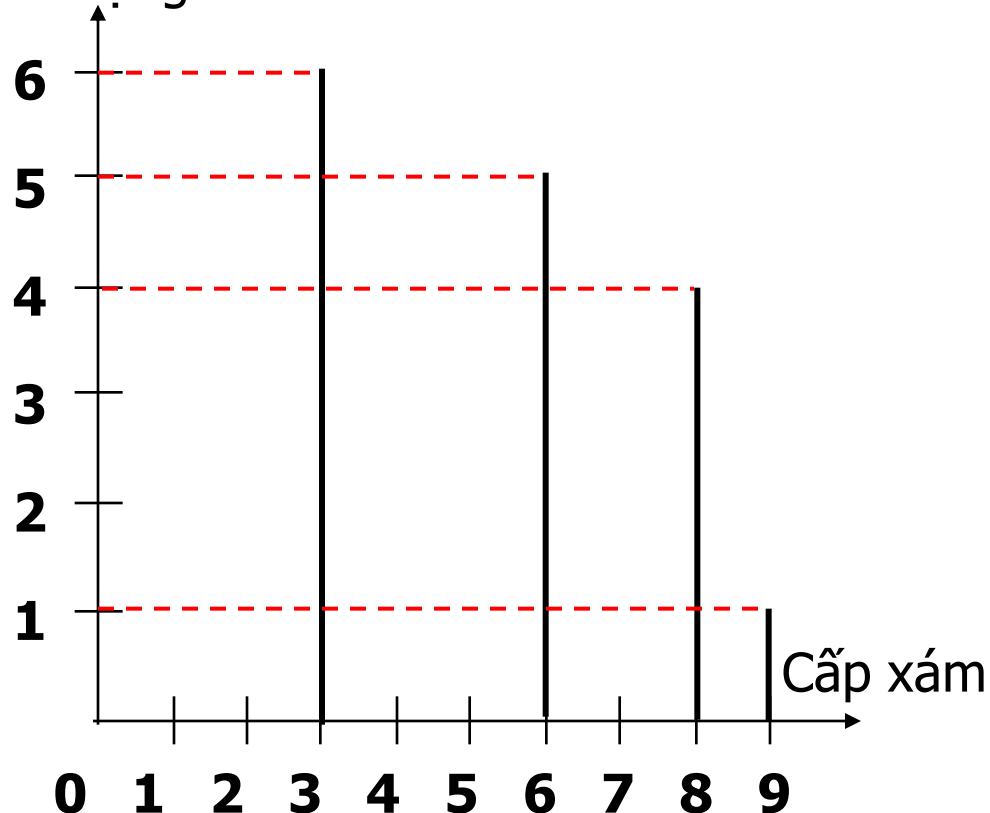
k	s_k
0	0
1	0
2	3
3	6
4	8
5	9
6	9
7	9
8	9
9	9

2	3	3	2
4	2	4	3
3	2	3	5
2	4	2	4



3	6	6	3
8	3	8	6
6	3	6	9
3	8	3	8

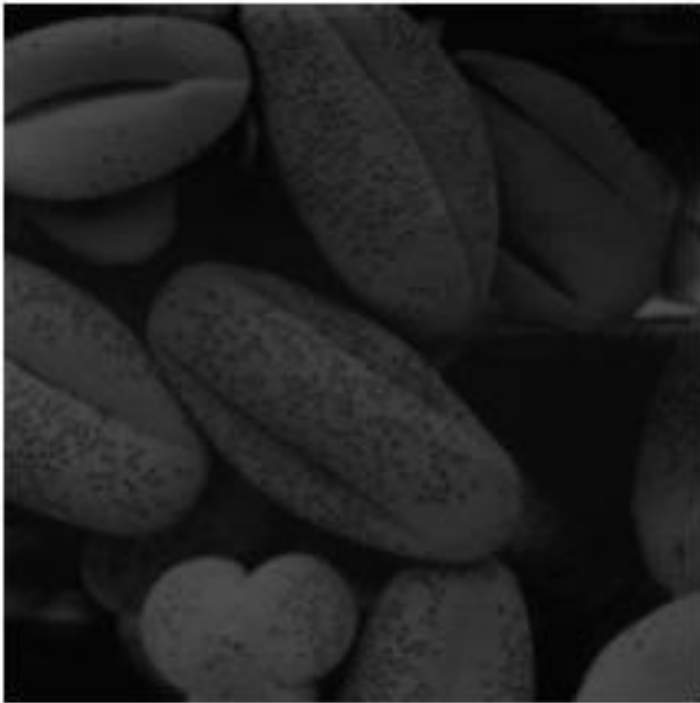
Số lượng điểm ảnh



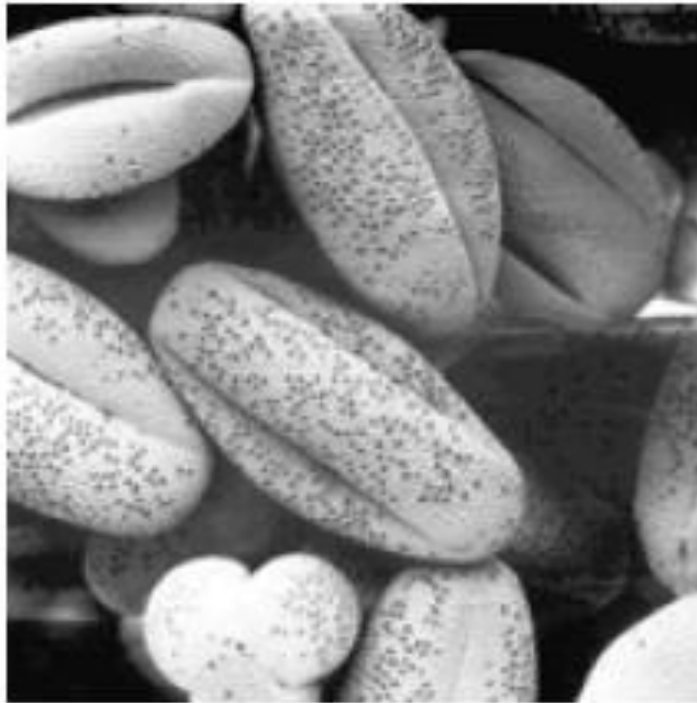
Lược đồ xám của ảnh sau khi cân bằng

CÂN BẰNG LỢC ĐỒ XÁM

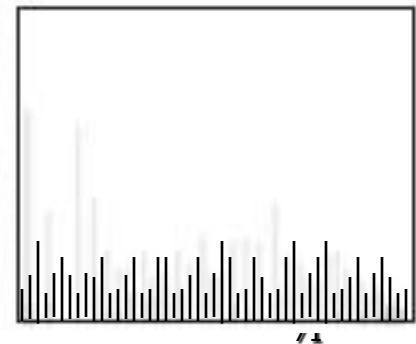
Ảnh trước khi cân bằng



Ảnh sau khi cân bằng

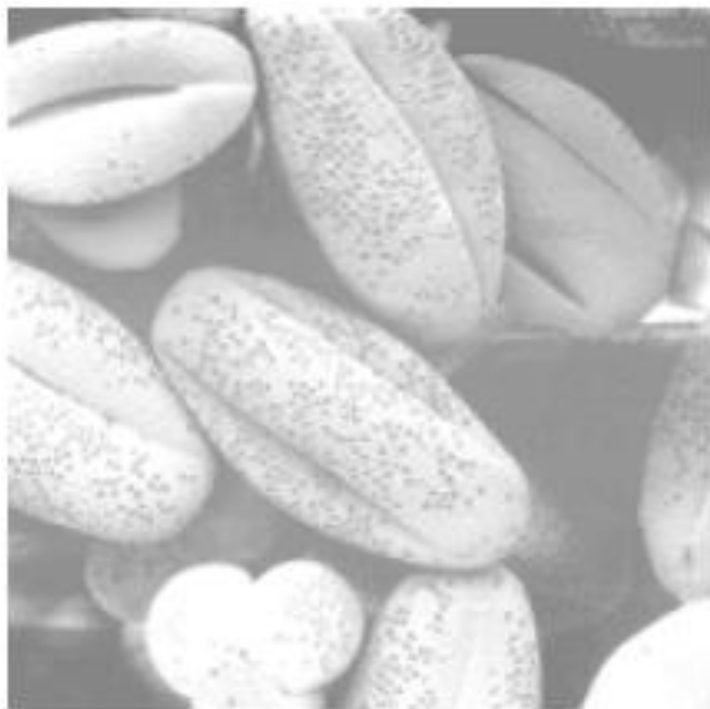


Lược đồ xám cân bằng

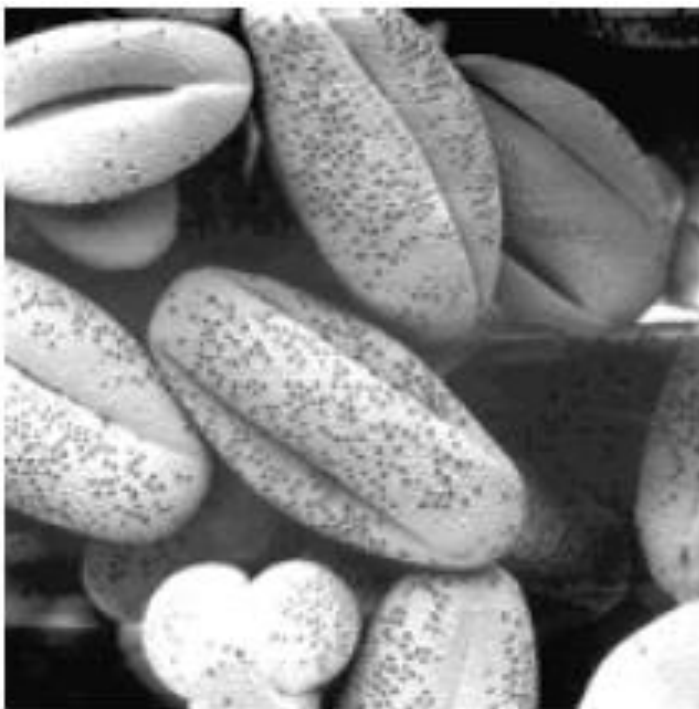


CÂN BẰNG LỢC ĐỒ XÁM

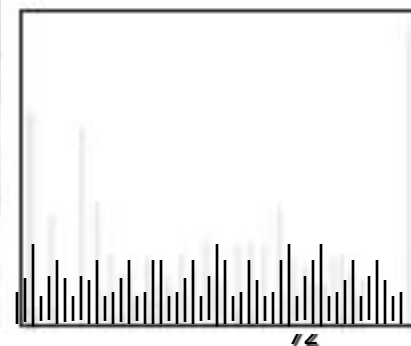
Ảnh trước khi cân bằng



Ảnh sau khi cân bằng

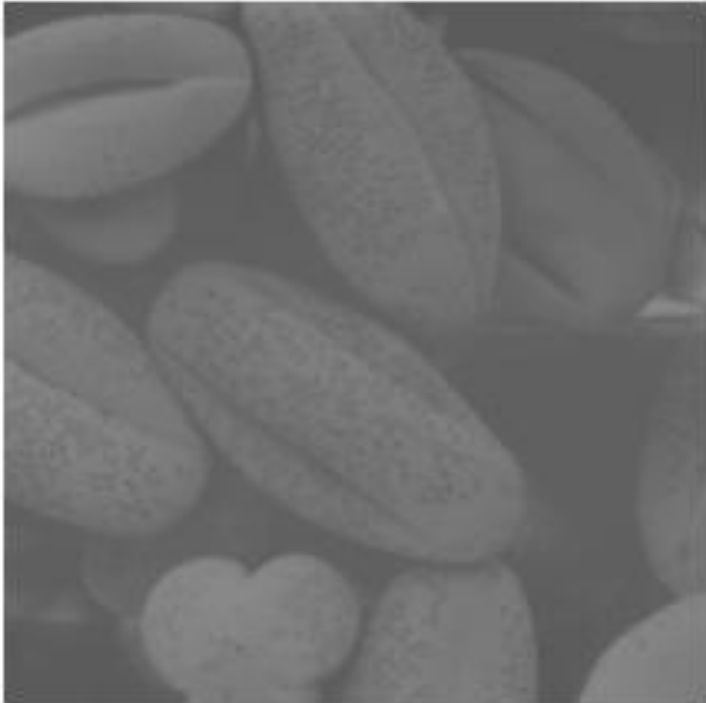


Lược đồ xám cân bằng

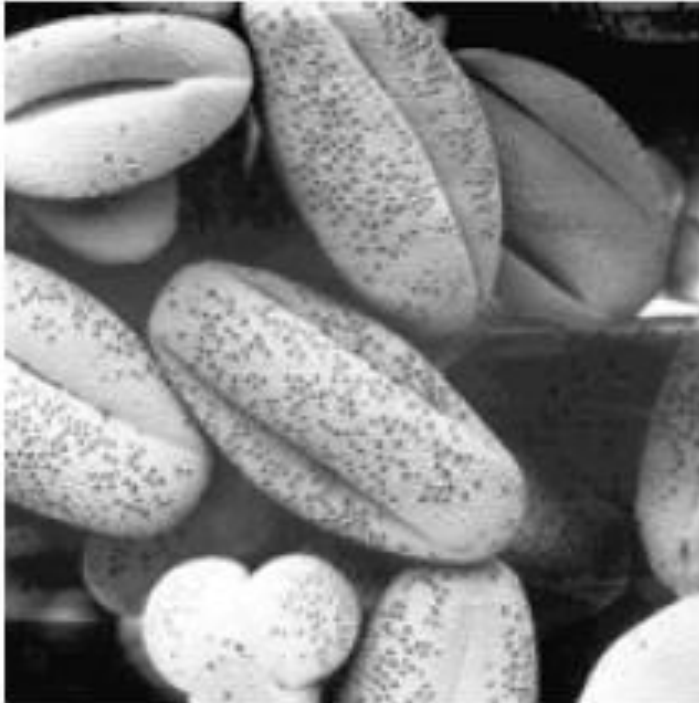


CÂN BẰNG LỢC ĐỒ XÁM

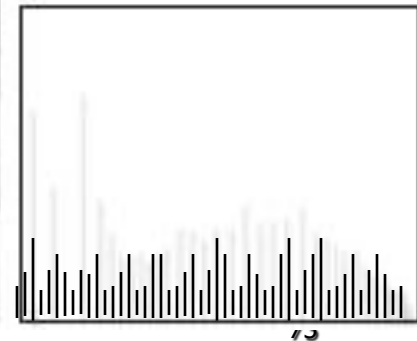
Ảnh trước khi cân bằng



Ảnh sau khi cân bằng

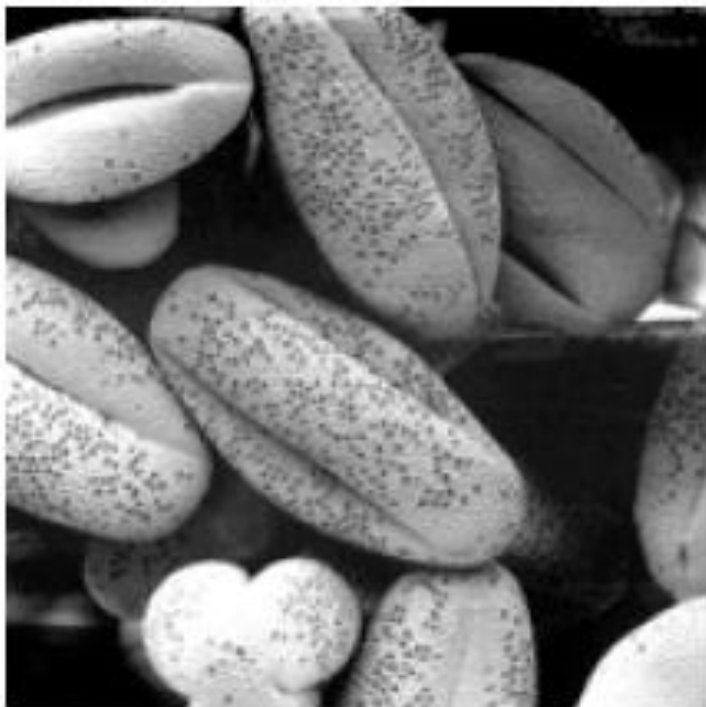


Lược đồ xám cân bằng

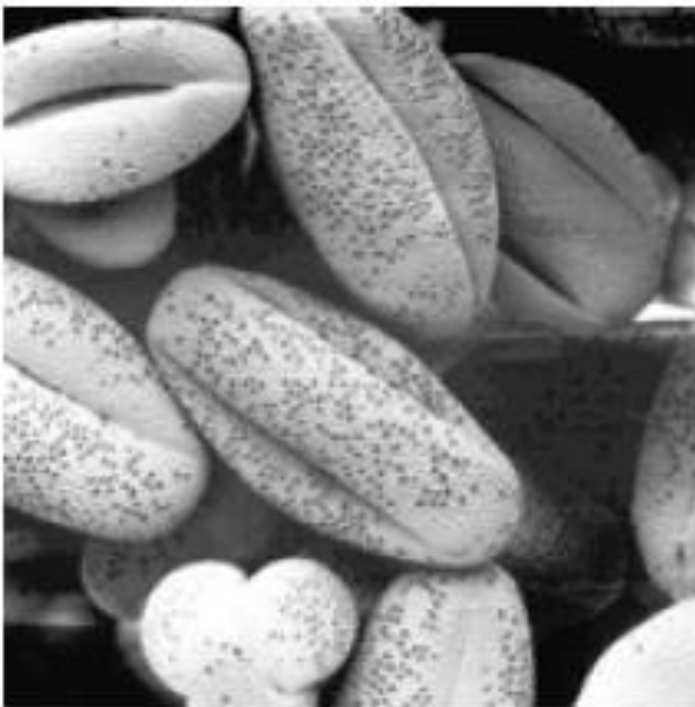


CÂN BẰNG LỢC ĐỒ XÁM

Ảnh trước khi cân bằng



Ảnh sau khi cân bằng



Lược đồ xám cân bằng



CÂN BẰNG LƯỢC ĐỒ XÁM

- Cân bằng lược đồ xám cho ảnh I được cho dưới đây với 8 cấp xám.

0	1	2	3	2
2	2	2	3	4
3	0	2	3	3
0	2	0	2	0
1	3	2	2	2

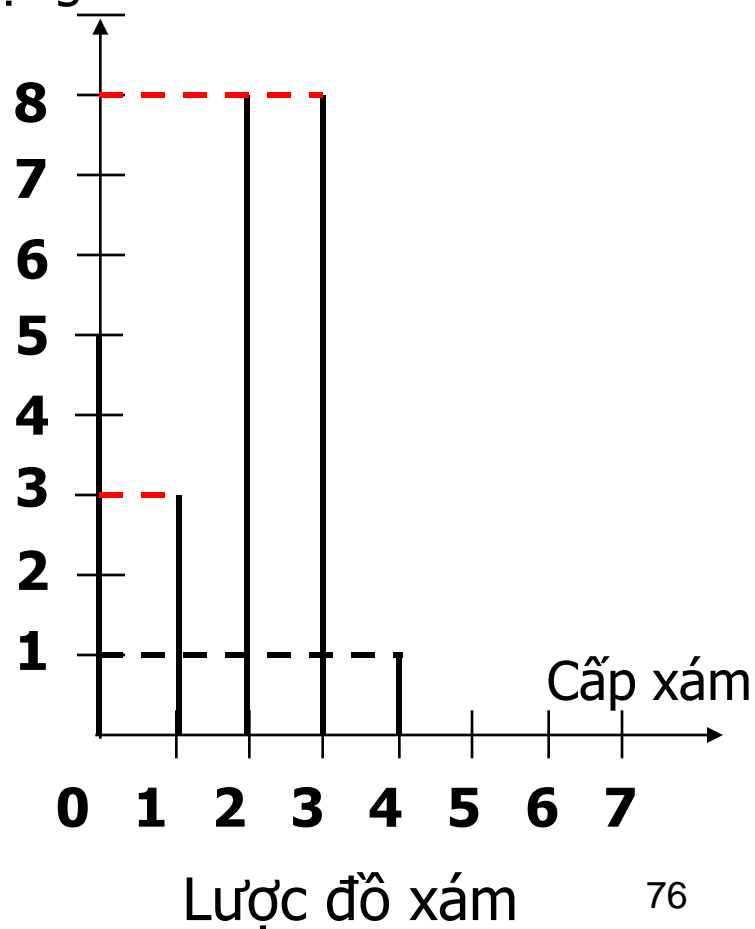
VÍ DỤ CÂN BẰNG LỰC ĐỒ XÁM

Cho ảnh đầu vào I có 8 cặp xám.
Cân bằng lực đồ xám ảnh I

0	1	2	3	2
3	2	2	3	4
3	0	2	3	3
0	3	0	2	0
1	3	1	2	2

k	0	1	2	3	4	5	6	7
n_k	5	3	8	8	1	0	0	0

Số lượng điểm ảnh



VÍ DỤ CÂN BẰNG LỰC ĐỒ XÁM

k	0	1	2	3	4	5	6	7
n_k	5	3	8	8	1	0	0	0
$\sum_{j=0}^k n_j$	5	8	16	24	25	25	25	25
$T(k)$	5/25	8/25	16/25	24/25	25/25	25/25	25/25	25/25
$s_k = 7T(k)$	1.4 ≈ 1	2.24 ≈ 2	4.48 ≈ 4	6.72 ≈ 7	7	7	7	7

VÍ DỤ CÂN BẰNG LỰC ĐỒ XÁM

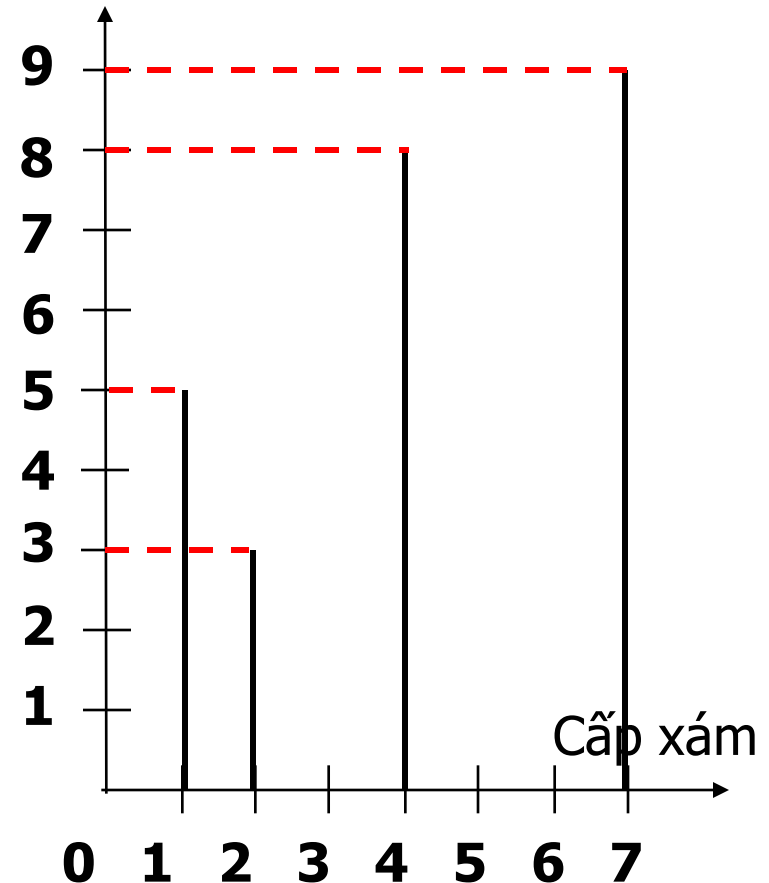
k	s_k
0	1
1	2
2	4
3	7
4	7
5	7
6	7
7	7

0	1	2	3	2
3	2	2	3	4
3	0	2	3	3
0	3	0	2	0
1	3	1	2	2



1	2	4	7	4
7	4	4	7	7
7	1	4	7	7
1	7	1	4	1
2	7	2	4	4

Số lượng điểm ảnh



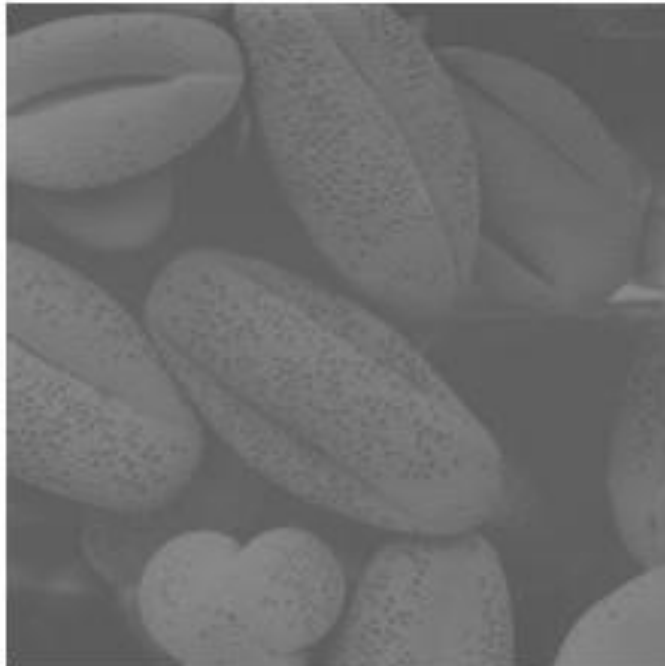
Lượng đồ xám

3.5. CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI TUYẾN TÍNH TỪNG PHẦN

- Giãn độ tương phản
- Làm mỏng cấp xám
- Làm mỏng mặt phẳng bit

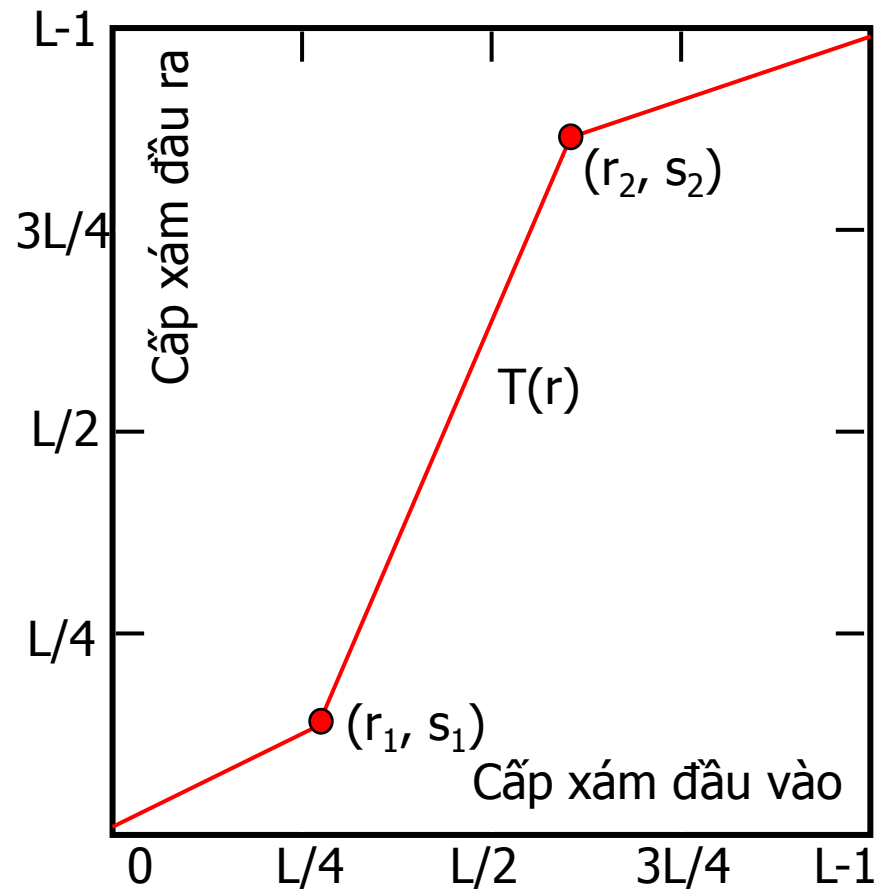
GIÃN ĐỘ TƯƠNG PHẢN

- Các ảnh có độ tương phản thấp có thể do cường độ ánh sáng kém, hoặc do bộ cảm ứng không tốt.
- Ý tưởng giãn độ tương phản là gia tăng các khoảng cấp xám trong ảnh.



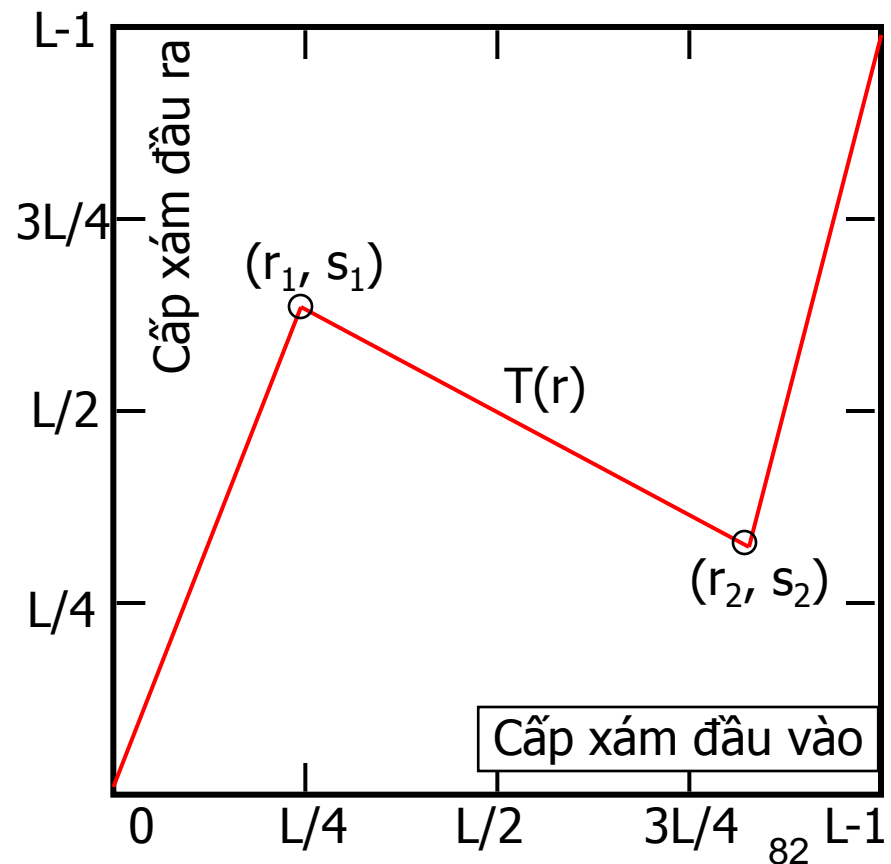
GIẢN ĐỘ TƯƠNG PHẢN

- Vị trí của điểm (r_1, s_1) , (r_2, s_2) sẽ quy định hình dạng của phép biến đổi.
- Kết quả ảnh đầu ra của phép biến đổi bên:
 - Độ xám trong khoảng $(0, 0)$ đến (r_1, s_1) giảm.
 - Độ xám trong khoảng từ (r_1, s_1) đến (r_2, s_2) tăng.
 - Độ xám trong khoảng (r_2, s_2) đến $(L-1, L-1)$ được điều hòa.



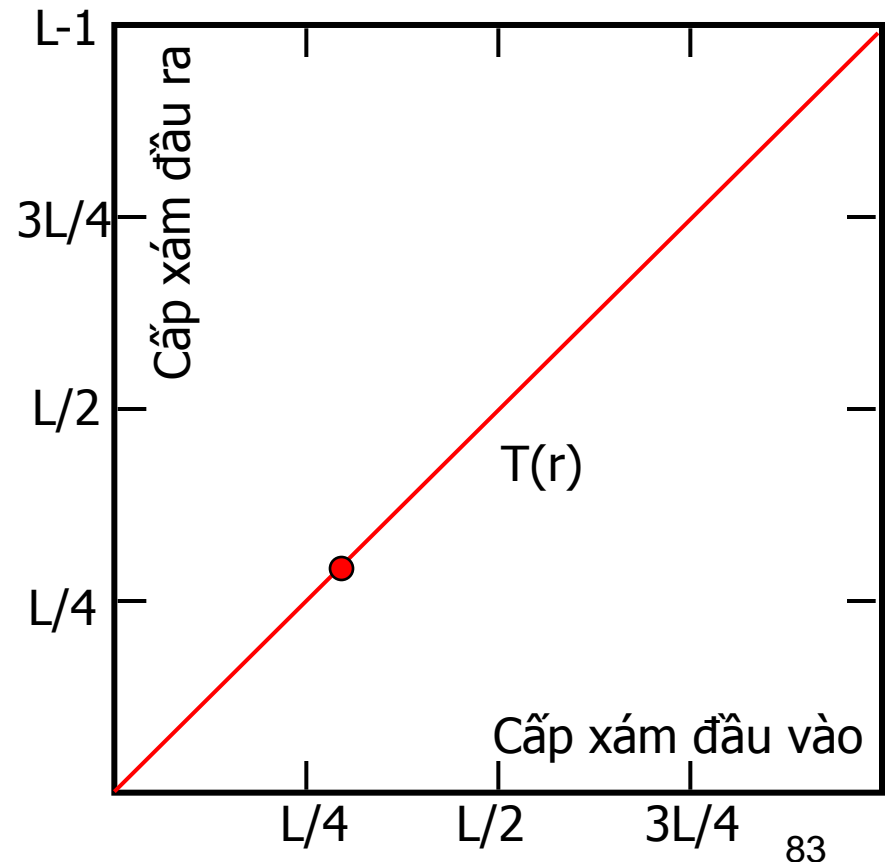
GIẢN ĐỘ TƯƠNG PHẢN

- Vị trí của điểm (r_1, s_1) , (r_2, s_2) sẽ quy định hình dạng của phép biến đổi.
- Kết quả ảnh đầu ra của phép biến đổi bên:
 - Độ xám trong khoảng $(0, 0)$ đến (r_1, s_1) tăng.
 - Độ xám trong khoảng từ (r_1, s_1) đến (r_2, s_2) giảm.
 - Độ xám trong khoảng (r_2, s_2) đến $(L-1, L-1)$ được điều hòa.



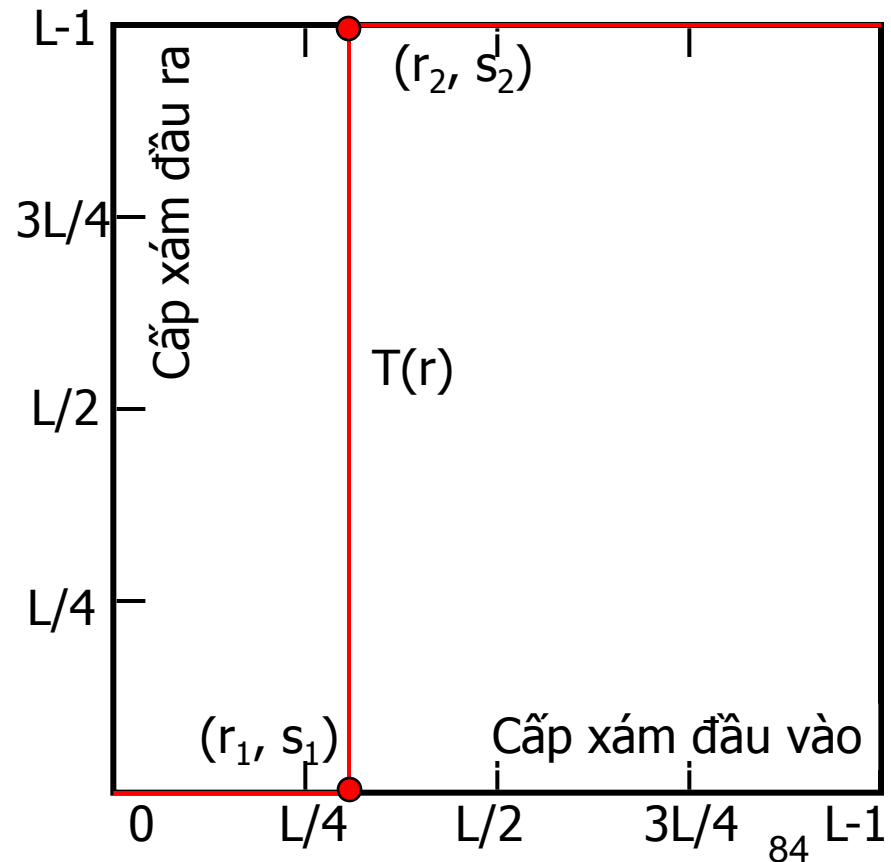
GIẢN ĐỘ TƯƠNG PHẢN

- Nếu $r_1 = s_1$, $r_2 = s_2$, lúc đó phép biến đổi trở thành phép đồng nhất. Kết quả của ảnh đầu ra không thay đổi so với ảnh đầu vào.



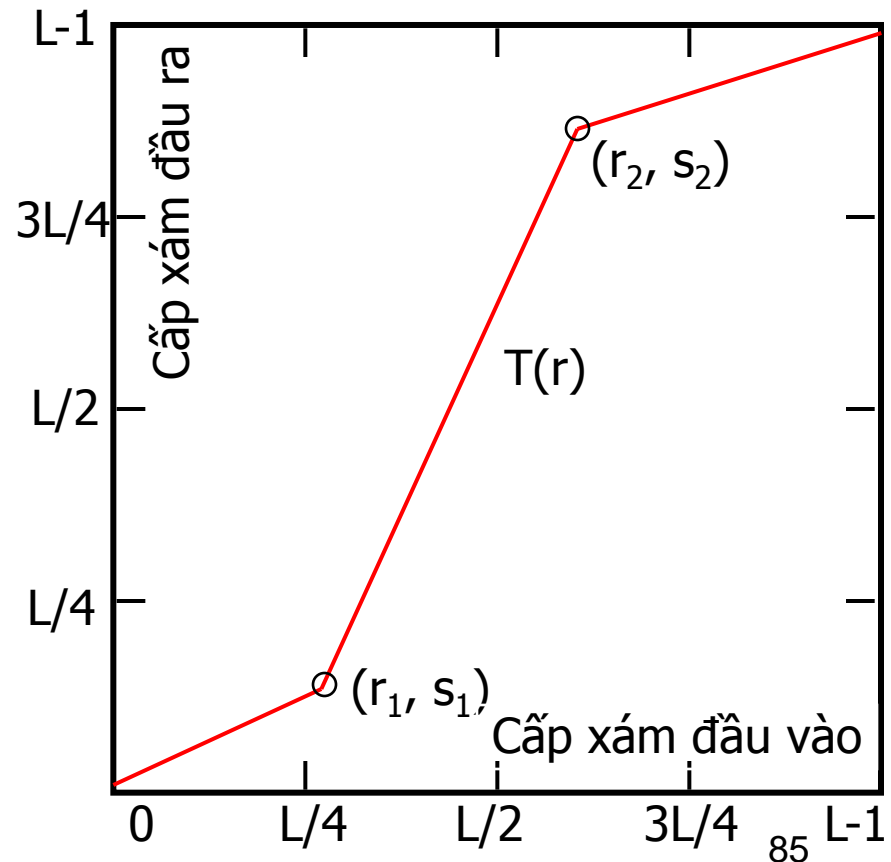
GIẢN ĐỘ TƯƠNG PHẢN

- Nếu $s_1 = 0$, $s_2 = L-1$, lúc đó phép biến đổi trở thành hàm phân ngưỡng. Kết quả ảnh đầu ra sẽ là ảnh nhị phân.

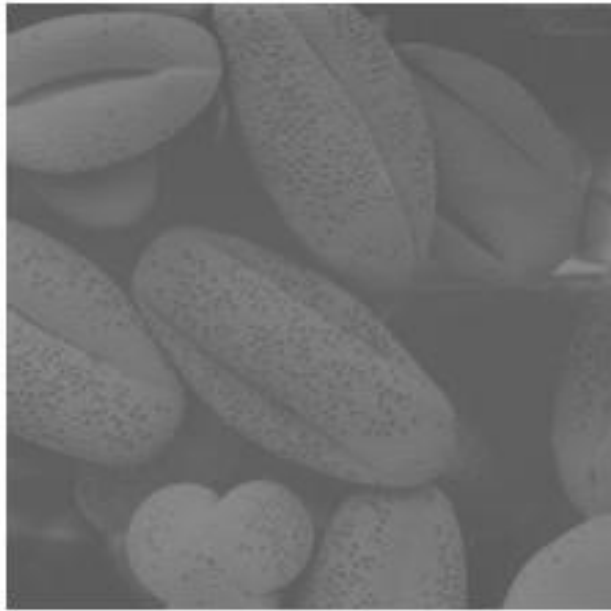


GIẢN ĐỘ TƯƠNG PHẢN

- Thông thường chúng ta sử dụng hàm với $r_1 \leq r_2$ và $s_1 \leq s_2$ như hình bên để giản độ tương phản. Lúc đó hàm là đơn điệu tăng.



GIẢN ĐỘ TƯƠNG PHẢN



Ảnh gốc
có độ tương phản thấp



Ảnh sau khi giãn
độ tương phản.

$$(r_1, s_1) = (r_{\min}, 0)$$

$$(r_2, s_2) = (r_{\max}, L-1)$$

r_{\min} cấp xám nhỏ nhất

r_{\max} cấp xám lớn nhất



Ảnh sau khi
phân ngưỡng.

$$(r_1, s_1) = (m, 0)$$

$$(r_2, s_2) = (m, L-1)$$

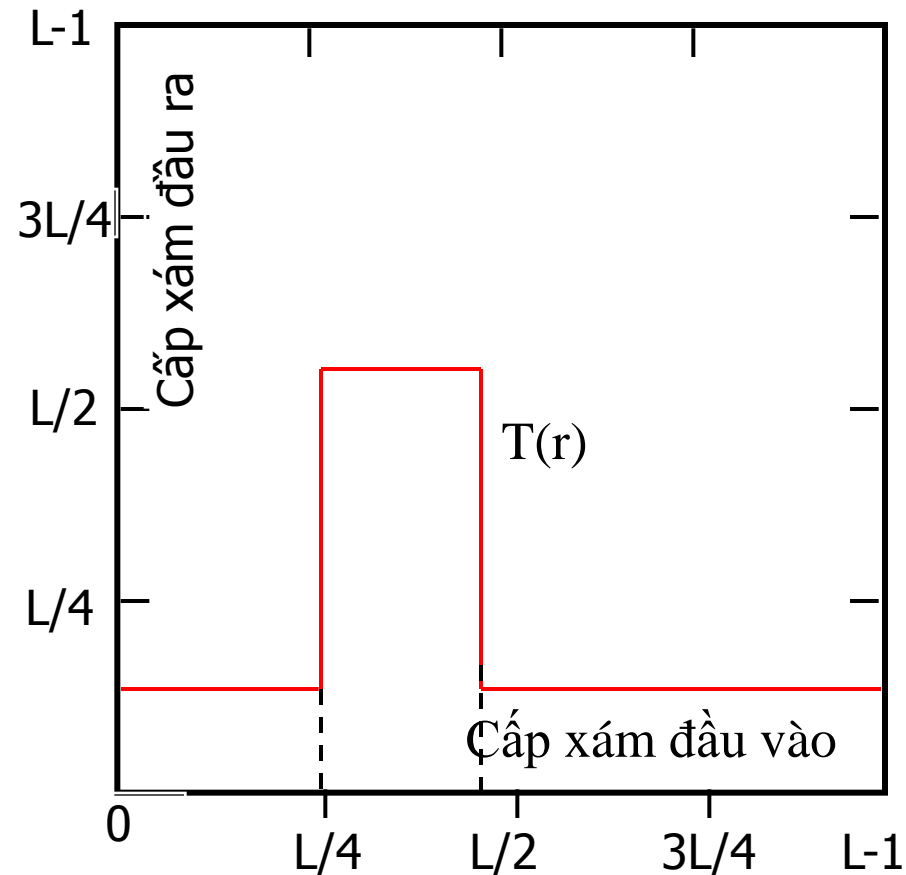
m là giá trị cấp xám
trung bình

LÀM MỎNG MỨC XÁM

- Chiều sáng cao trong một dải đặc trưng các cấp xám đối với một ảnh là việc thường xảy ra.
- Người ta thường sử dụng phương pháp này để làm nổi lên những đặc trưng cần quan tâm của ảnh.
- Có hai cách tiếp cận để làm mỏng mức xám:
 - Hiển thị một giá trị cao cho tất cả các mức xám trong dải cần quan tâm và hiển thị một giá trị thấp cho những mức xám còn lại.
 - Hiển thị một giá trị cao cho tất cả các mức xám trong dải cần quan tâm và giữ nguyên các mức xám còn lại.

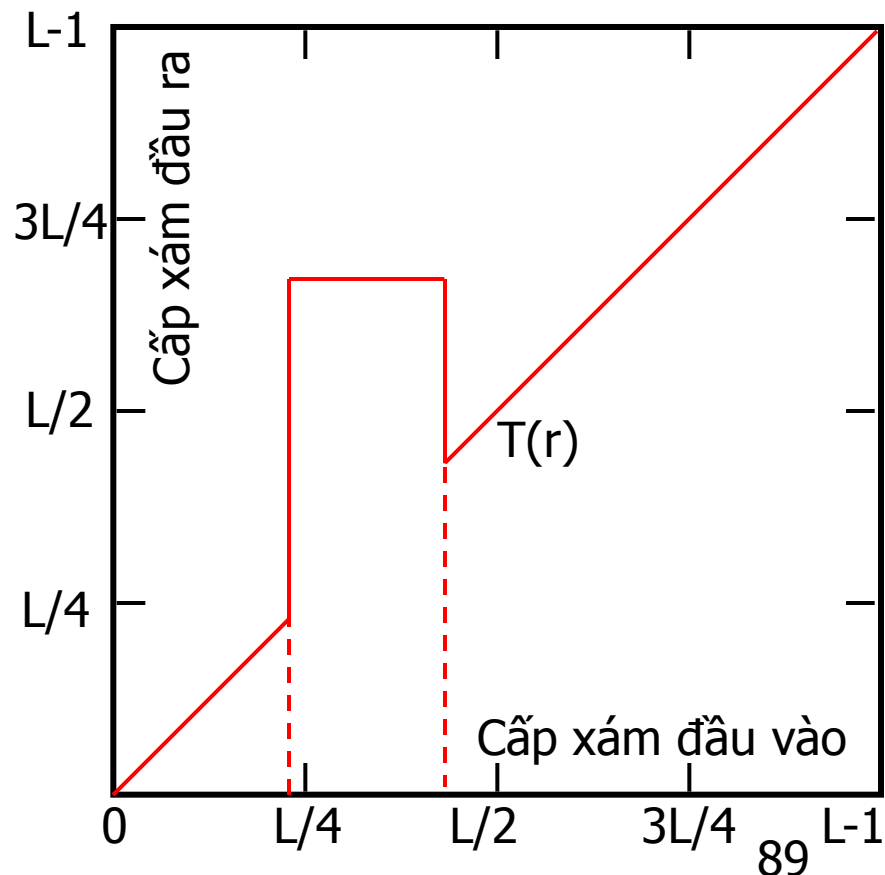
LÀM MỎNG MỨC XÁM

- Hiện thị một giá trị cao cho tất cả các mức xám trong dải cần quan tâm và hiển thị một giá trị thấp cho những mức xám còn lại.

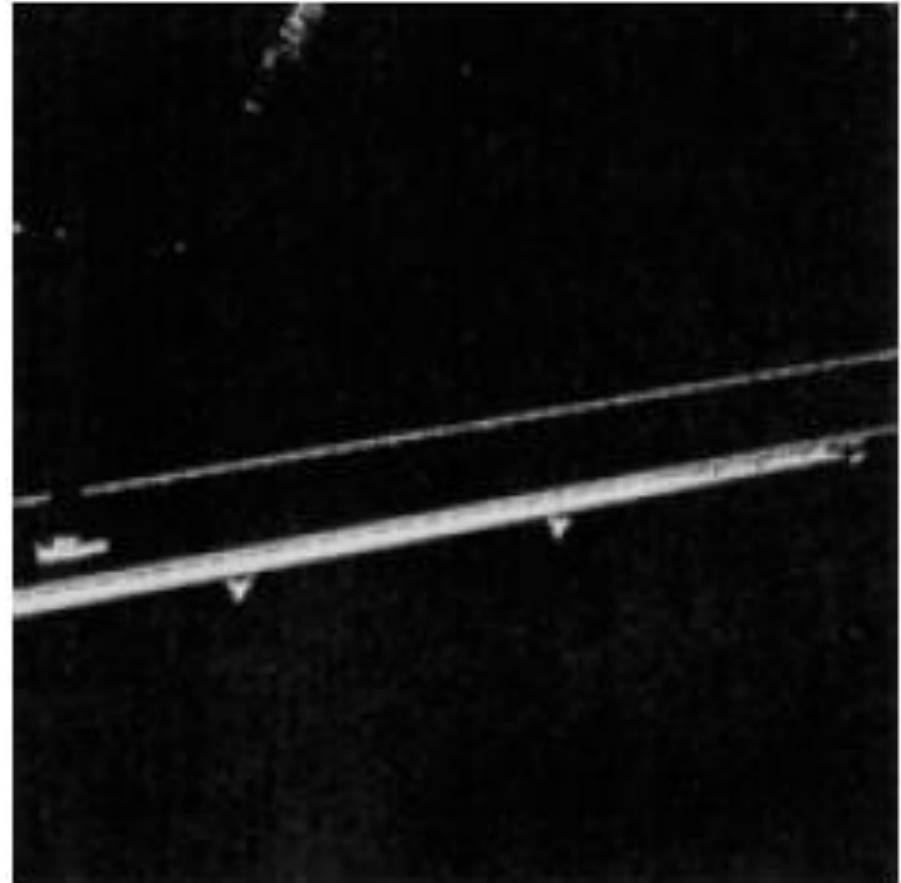
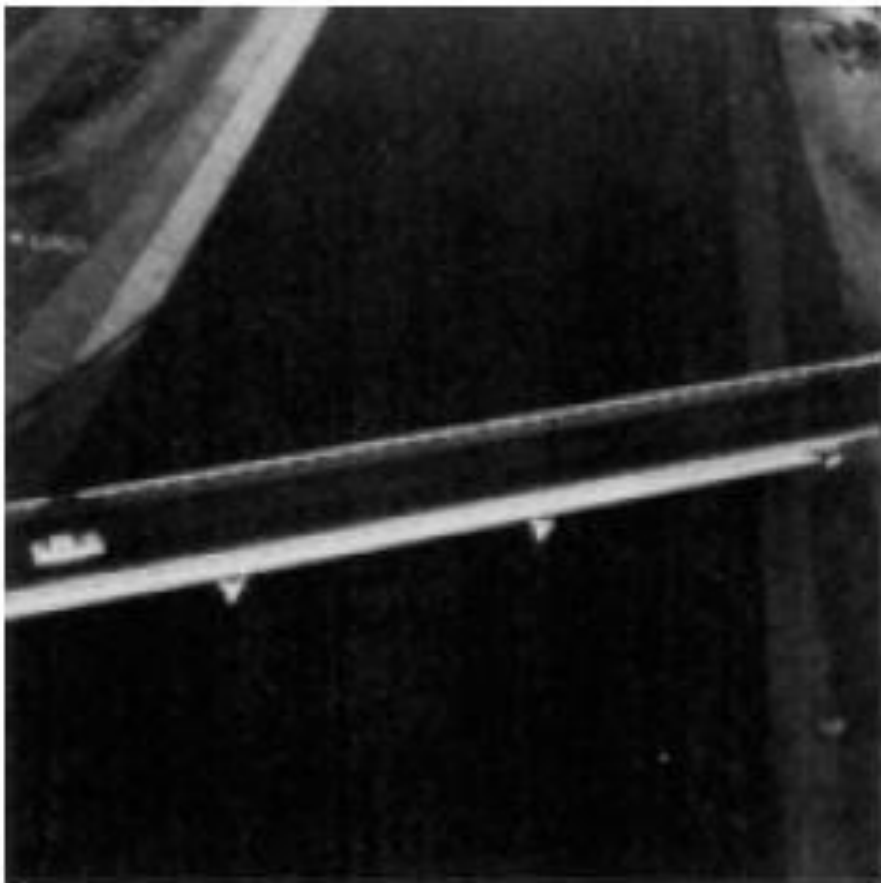


LÀM MỎNG MỨC XÁM

- Hiện thị một giá trị cao cho tất cả các mức xám trong dải cần quan tâm và giữ nguyên các mức xám còn lại.

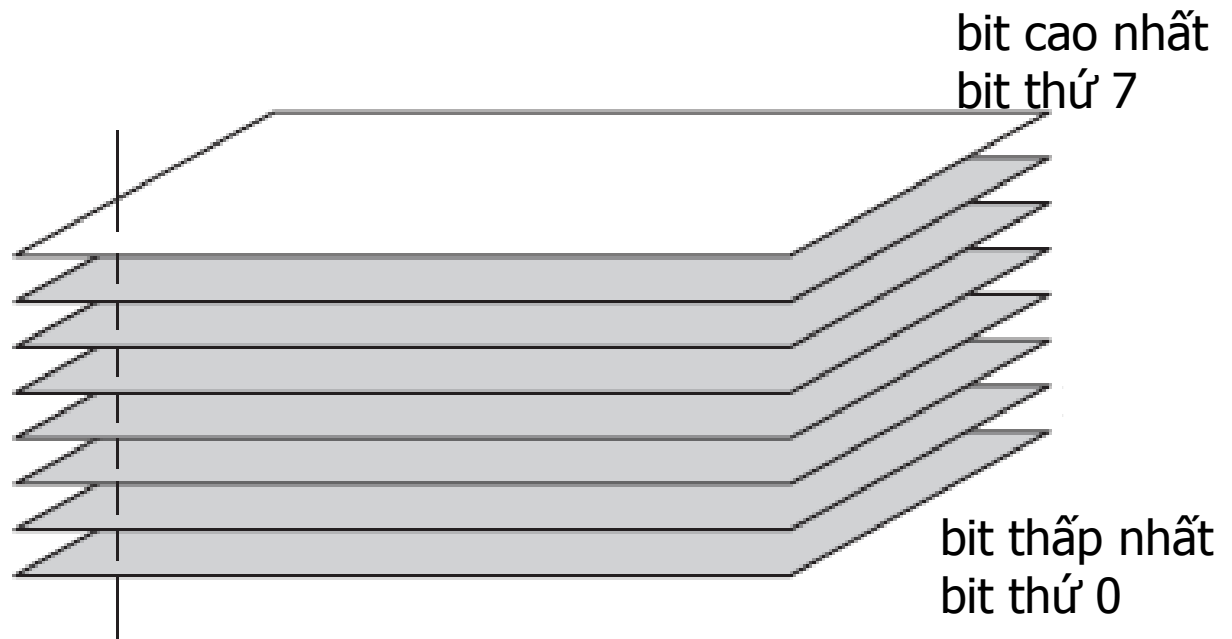


LÀM MỎNG MỨC XÁM

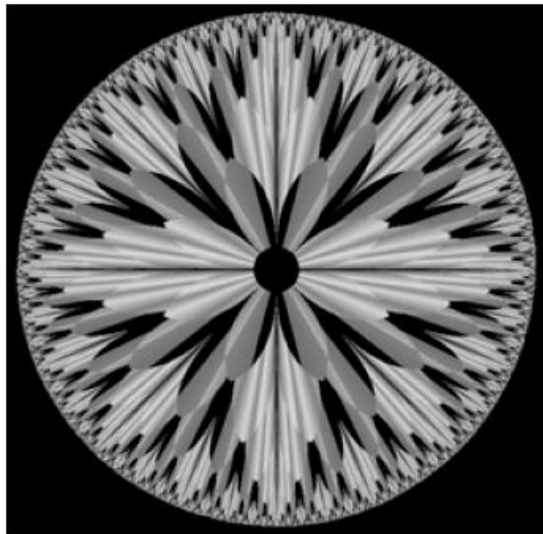


LÀM MỎNG MẶT PHẪNG BIT

- Giả sử mỗi điểm ảnh được biểu diễn bởi 8 bit. Ta tưởng rằng ảnh cấu tạo từ 8 mặt phẳng 1 bit.
 - Mặt phẳng bit 0 có ý nghĩa ít nhất
 - Mặt phẳng bit 7 có ý nghĩa nhiều nhất

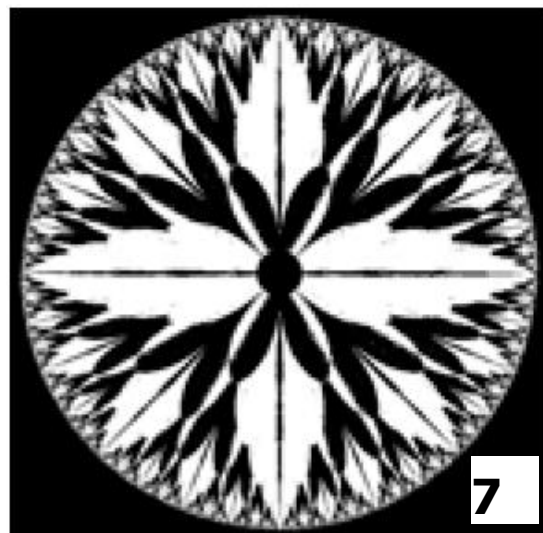


LÀM MỎNG MẶT PHẪNG BIT

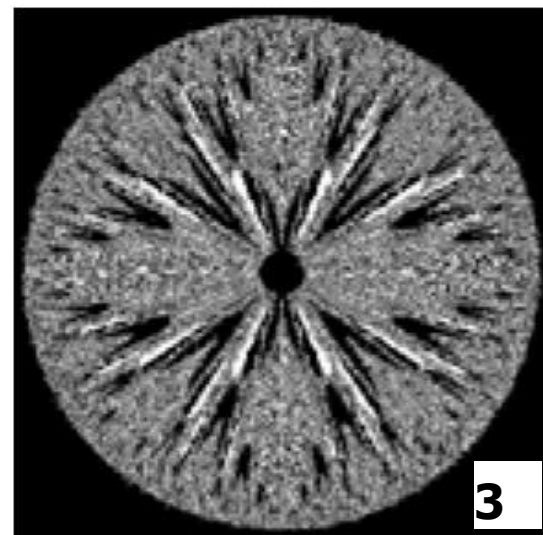
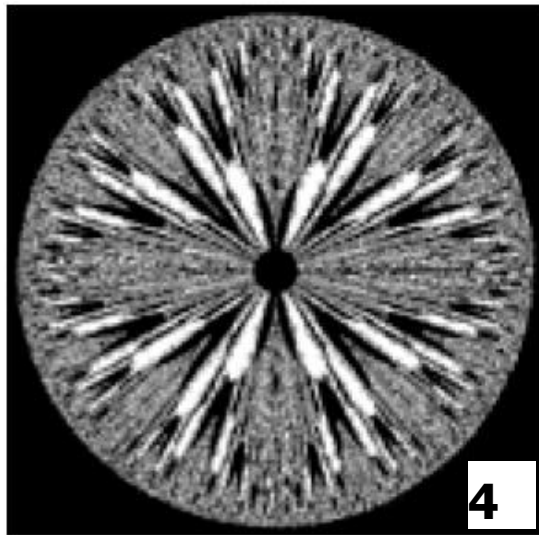
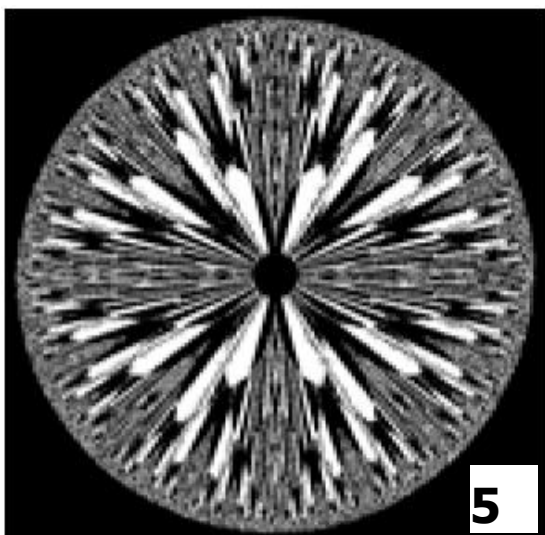
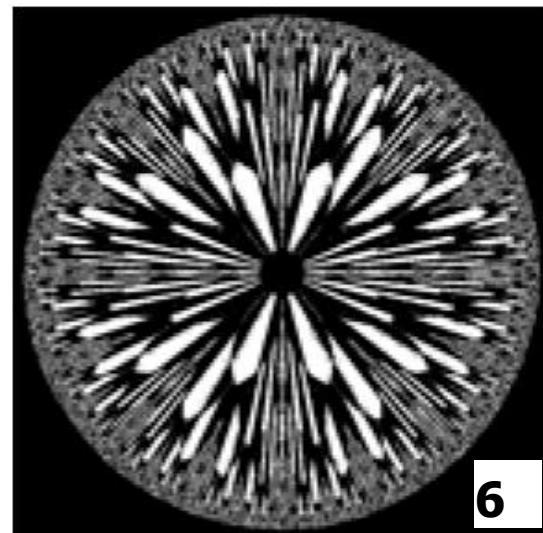
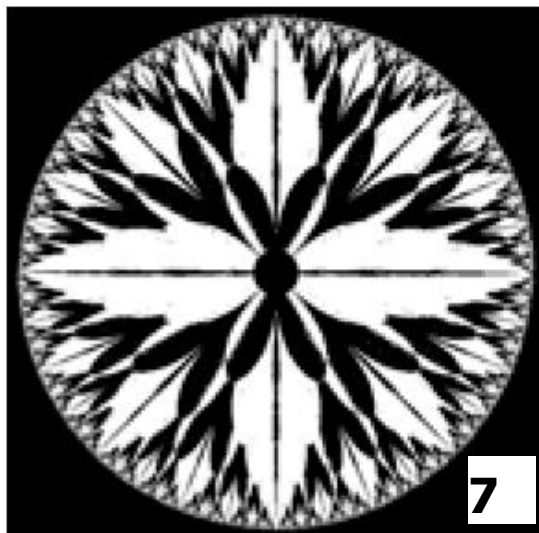
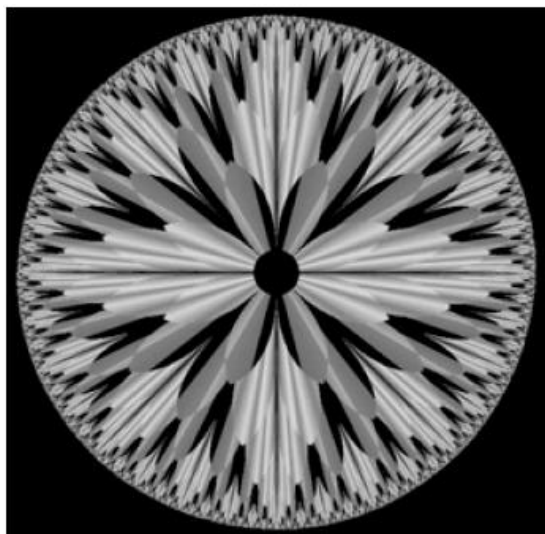


- Ảnh nhị phân đối với mặt phẳng bit thứ 7 có thể lấy được bằng cách xử lý ảnh đầu vào với phép phân ngưỡng:

- Ảnh xạ tất cả các cấp xám từ 0 đến 127 thành 0.
- Ảnh xạ tất cả các cấp xám từ 128 đến 255 thành 255.



LÀM MỎNG MẶT PHẪNG BIT



LÀM MỎNG MẶT PHẪNG BIT

