

Image Enhancement

Lecturer: LeNga



NỘI DUNG

- **Các kiểu nâng cấp ảnh**
- **Nâng cấp ảnh trong miền không gian**
 - **Các phép toán trên điểm ảnh**
 - **Kỹ thuật Histogram**
 - **Lọc trong miền không gian**
- **Nâng cấp ảnh trong miền tần số**

NỘI DUNG

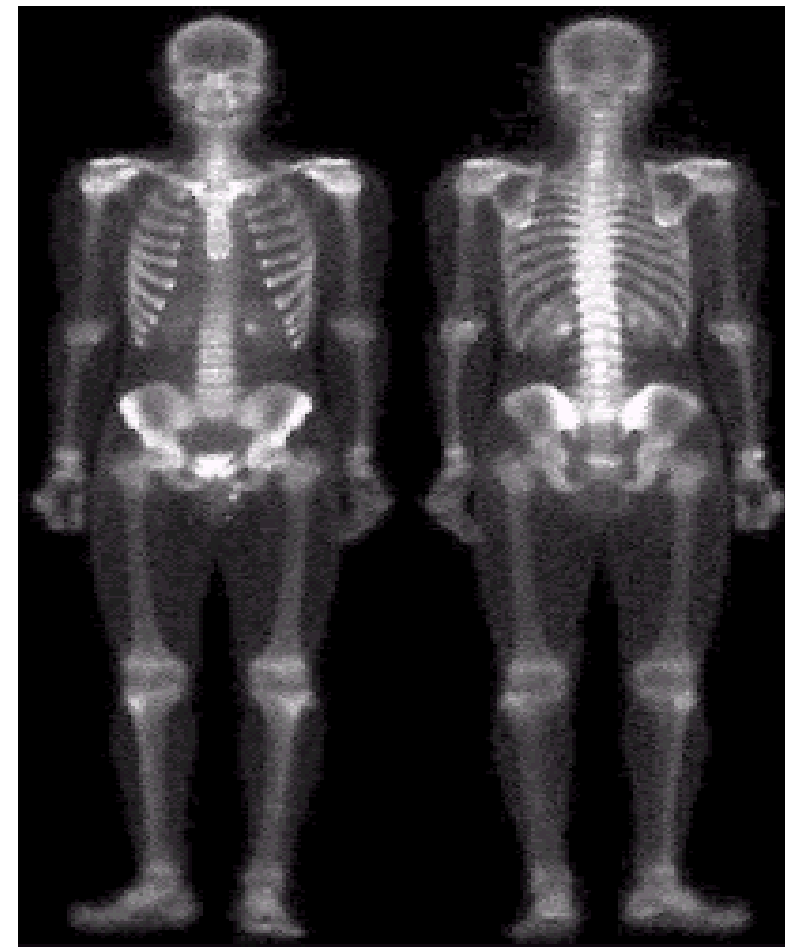
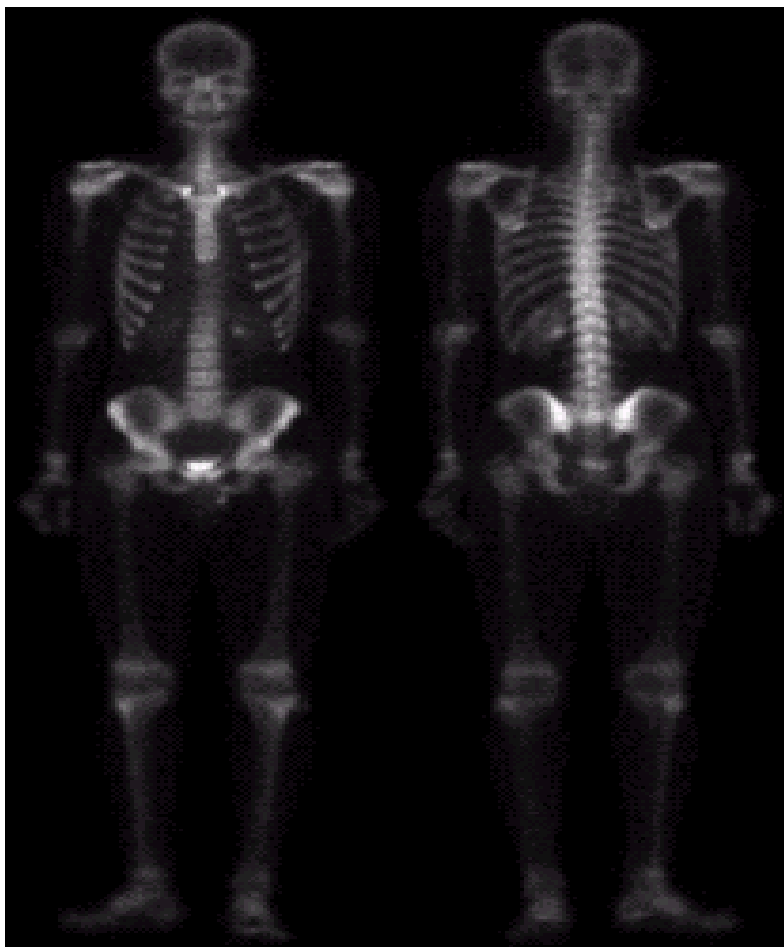
- **Các kiểu nâng cấp ảnh**
- Nâng cấp ảnh trong miền không gian
 - Các phép toán trên điểm ảnh
 - Kỹ thuật Histogram
 - Lọc trong miền không gian
- Nâng cấp ảnh trong miền tần số

- Nâng cấp ảnh là quá trình làm cho ảnh trở nên hữu ích hơn
- \Rightarrow xử lý ảnh để cho kết quả **phù hợp hơn** so với kết quả ban đầu
- Cụ thể:
 - Làm nổi chi tiết quan tâm trong ảnh
 - Làm cho ảnh trở nên trực quan, hấp dẫn hơn

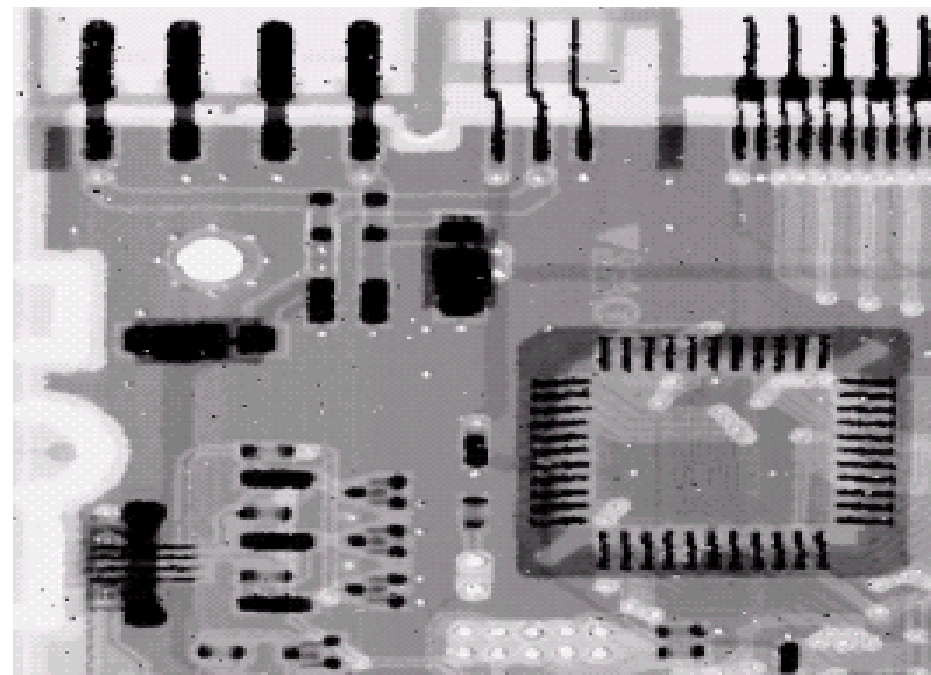
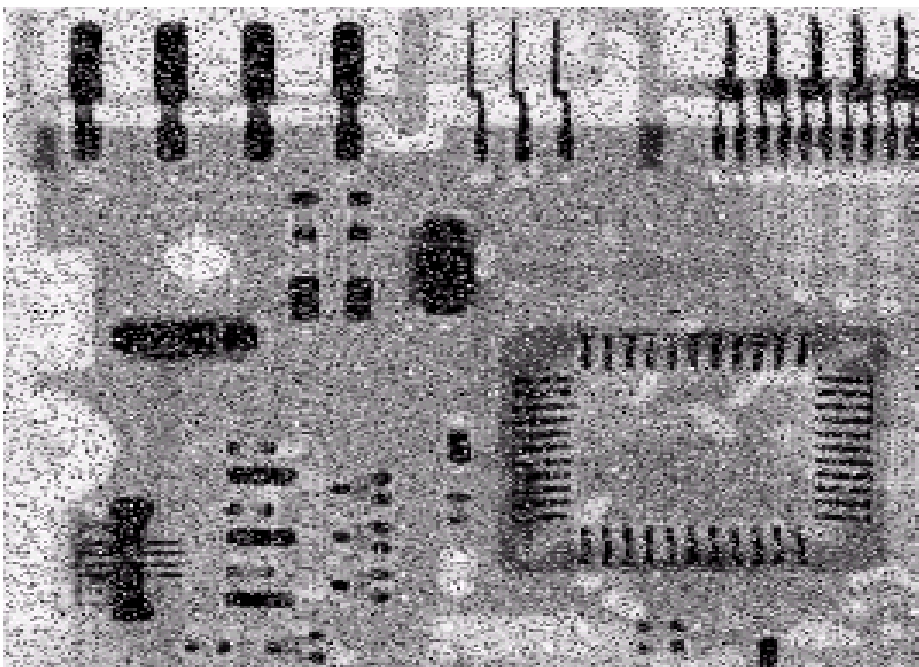
- Ví dụ

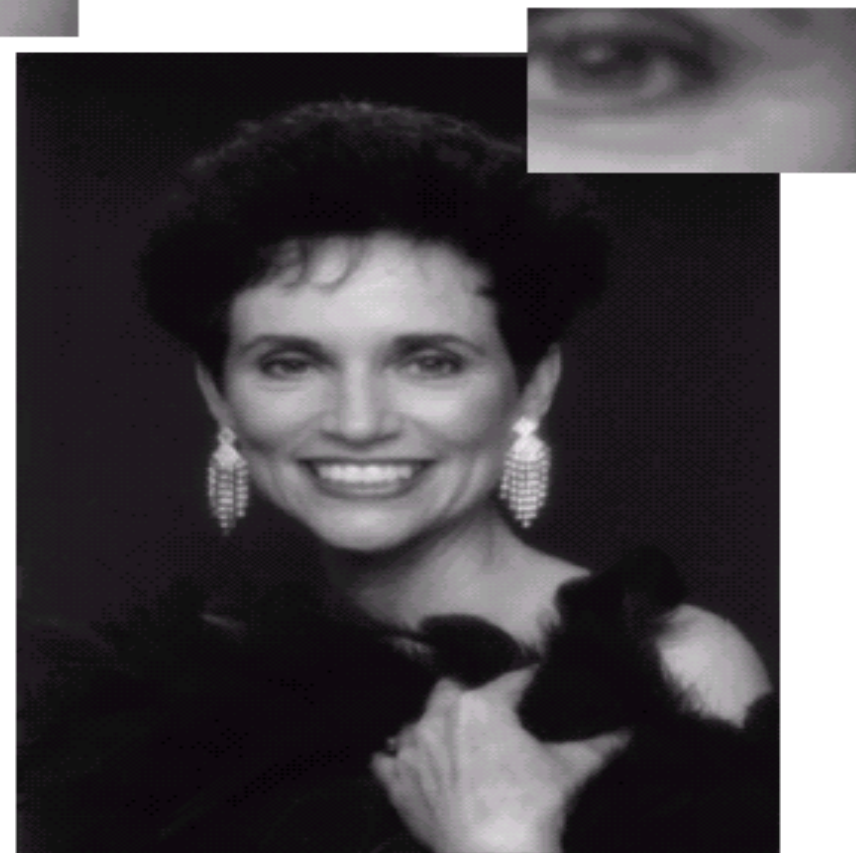
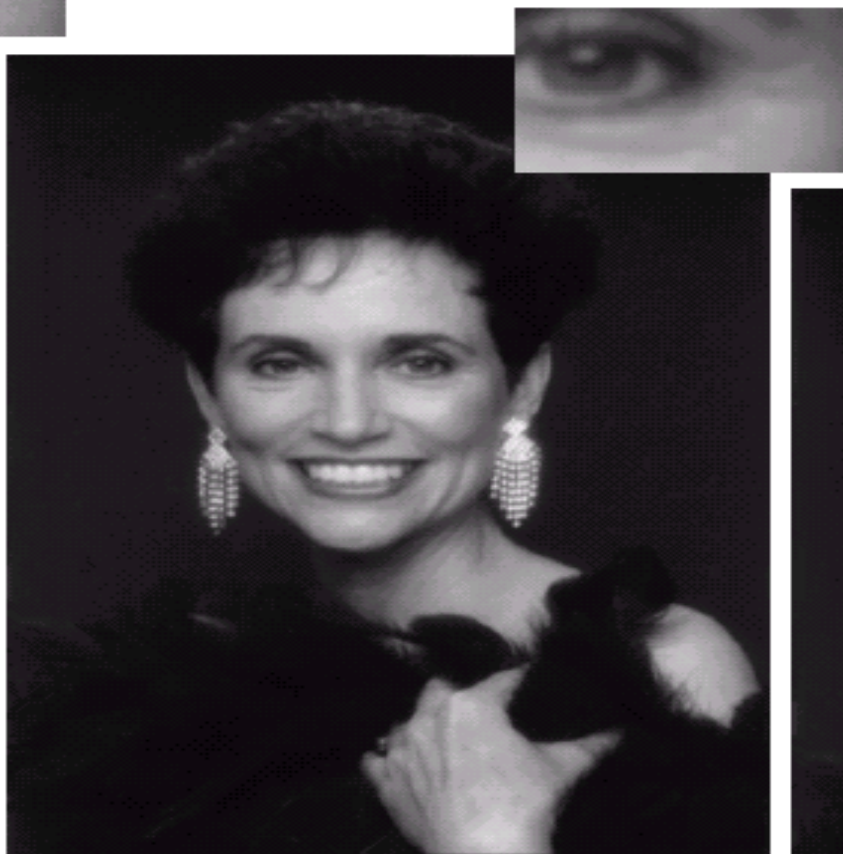
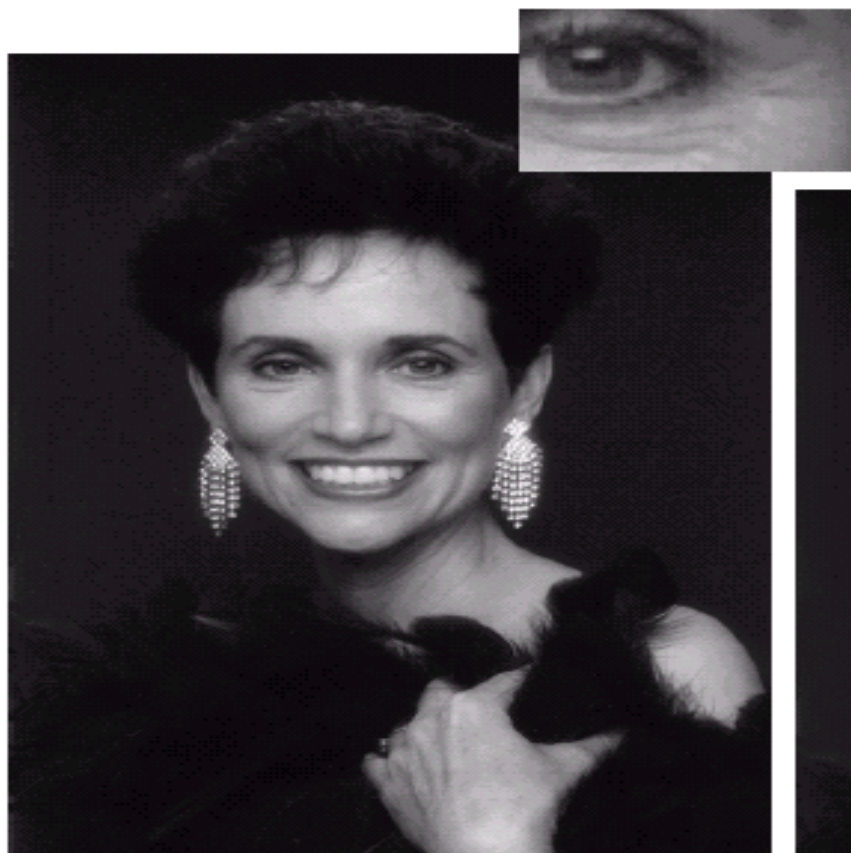


- Ví dụ



- Ví dụ





- Các kỹ thuật nâng cấp ảnh chia thành 2 nhóm:
 - Các kỹ thuật theo miền không gian: thao tác trực tiếp lên các pixel
 - Các kỹ thuật theo miền tần số
 - Ảnh được xem như tín hiệu 02 chiều
 - ⇒ Có thể tác động lên tần số để cải thiện chất lượng ảnh
 - ⇒ Biến đổi Fourier và biến đổi sóng con lên ảnh

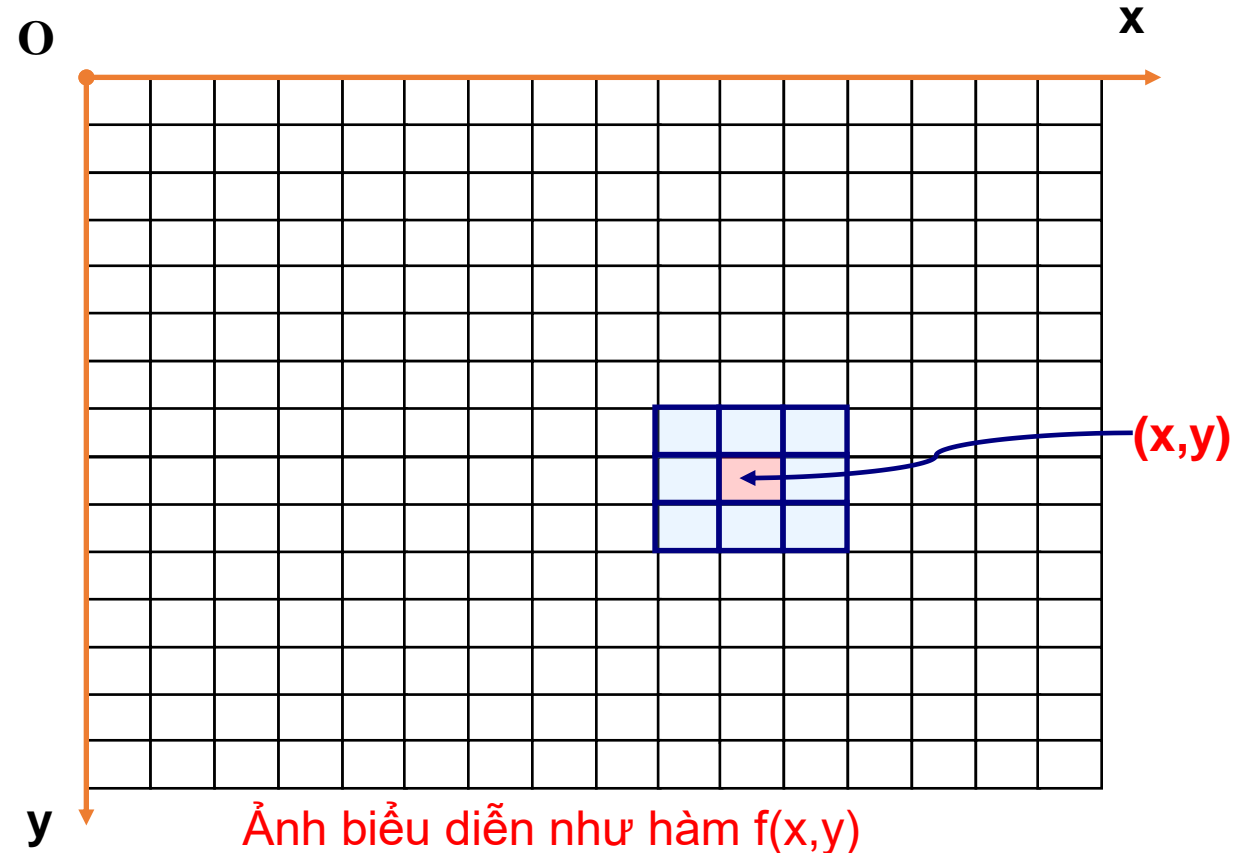
NỘI DUNG

- Các kiểu nâng cấp ảnh
- **Nâng cấp ảnh trong miền không gian**
 - Các phép toán trên điểm ảnh
 - Kỹ thuật Histogram
 - Lọc trong miền không gian
- Nâng cấp ảnh trong miền tần số

- 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 đầu vào
- $g(x,y)$ là ảnh đầu ra đã xử lý
- T là phép toán trên ảnh đầu vào, được định nghĩa trên lân cận của pixel có tọa độ (x,y)



- Ví dụ:

- $f(x,y)$ là ảnh đầu vào
- $g(x,y)$ là ảnh đầu ra đã xử lý
- T là phép toán tính trung bình cộng của lân cận có kích thước 3×3

- \Rightarrow Phép toán T tại pixel có giá trị mức xám 3 là:

$$(4+8+6+7+9+1+5+2+3)/9 = 5$$

- Tức là, pixel có giá trị 3 sau khi áp dụng phép toán T thì nó có giá trị 5

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

4	6	7	5	9
2	4	8	6	7
1	2	5	7	9
0	5	1	9	9
5	6	7	1	8

- **Xử lý điểm ảnh**

- Khi lân cận cũng chính là điểm ảnh đó, tức là kích thước lân cận 1×1
- Trong trường hợp này T được xem như hàm chuyển đổi mức xám hoặc gọi phép toán xử lý điểm ảnh
- Biểu diễn thao tác xử lý điểm ảnh có dạng $s = T(r)$
 - Với s là điểm ảnh đã xử lý
 - Và r là điểm ảnh ban đầu

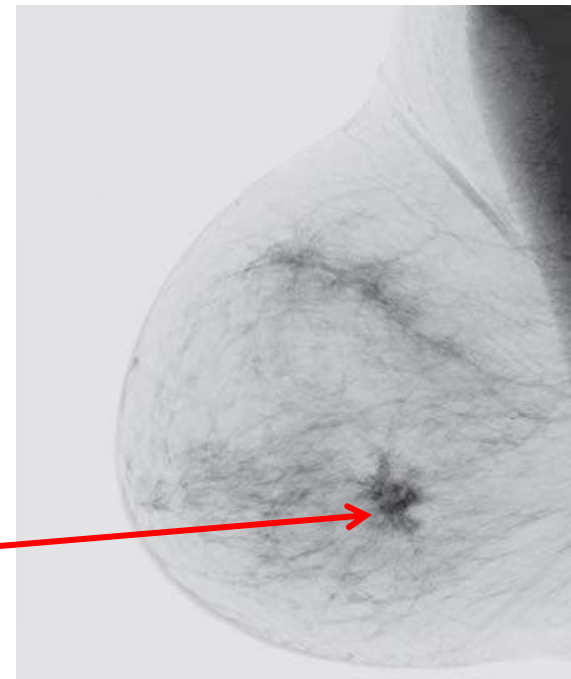
NỘI DUNG

- Các kiểu nâng cấp ảnh
- Nâng cấp ảnh trong miền không gian
 - **Các phép toán trên điểm ảnh**
 - Kỹ thuật Histogram
 - Lọc trong miền không gian
- Nâng cấp ảnh trong miền tần số

- **Đảo ảnh** với ảnh có các giá trị mức xám trong vùng $[0, L - 1]$
 - Là thao tác xử lý điểm ảnh trên ảnh có dạng $s = (L - 1) - r$
 - Với s là điểm ảnh đã xử lý, r là điểm ảnh đầu vào, L mức xám cực đại



Ảnh gốc chụp bằng tia X



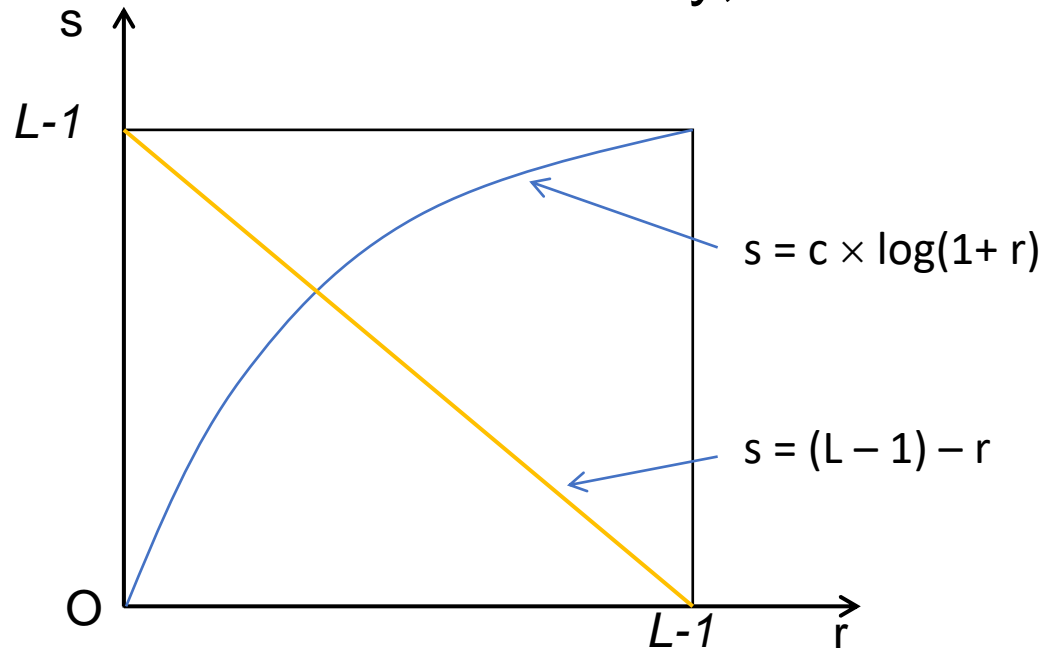
Ảnh sau khi xử lý đảo ảnh

Tổn thương

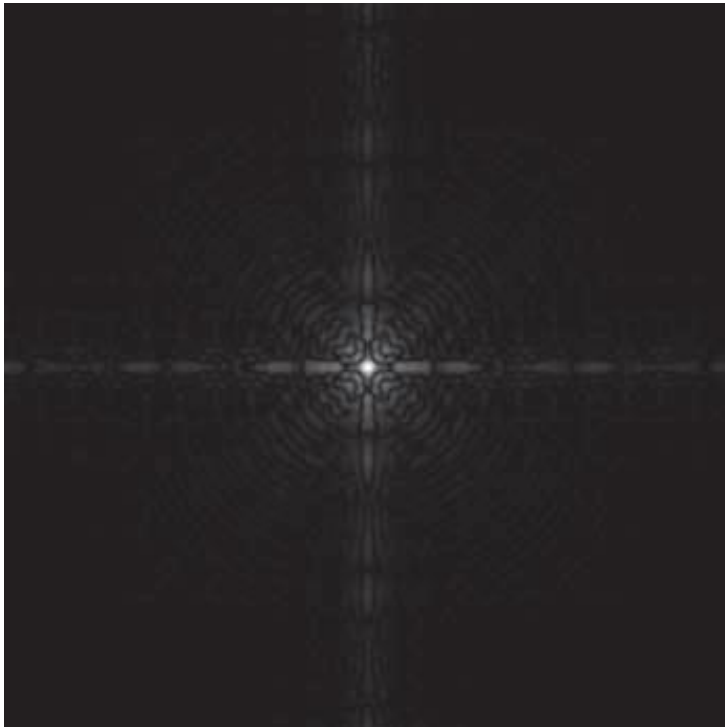
Ảnh đảo hữu ích cho việc cải thiện các chi tiết màu trắng hay màu xám nằm trong vùng tối của ảnh

- **Biến đổi ảnh bằng hàm Logarit**

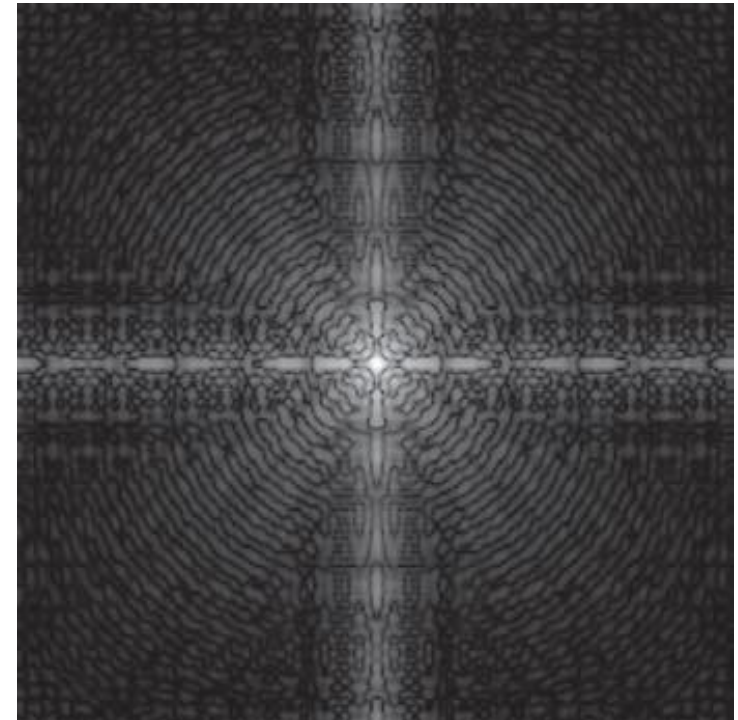
- Là thao tác xử lý điểm ảnh trên ảnh có dạng $s = c \times \log(1 + r)$
- Với s là điểm ảnh đã xử lý, $r \geq 0$ là điểm ảnh đầu vào, c hằng số



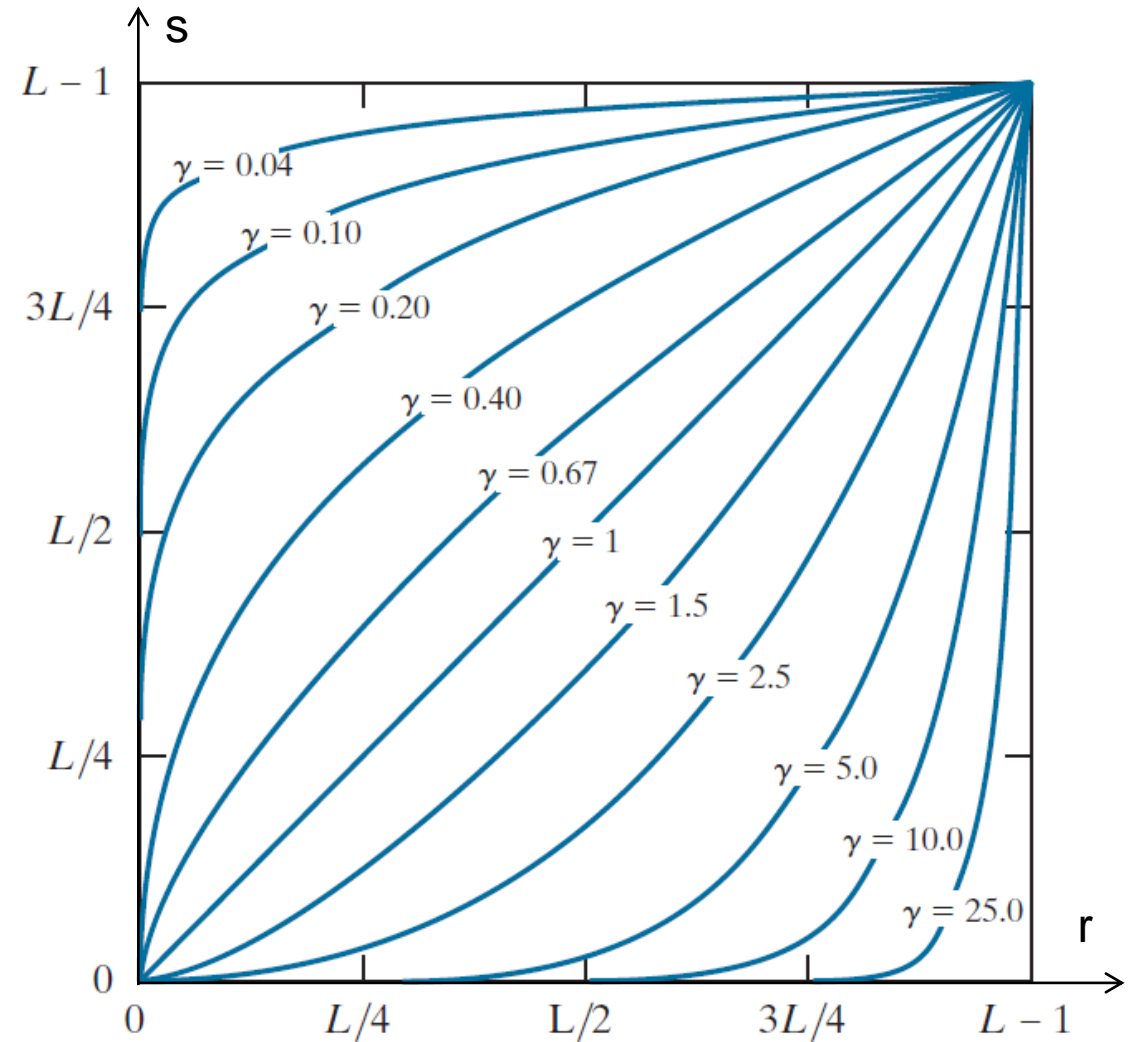
- Biến đổi ảnh bằng hàm Logarit



$$s = 2 \times \log(1 + r)$$



- **Biến đổi ảnh bằng hàm mũ (gamma)**
 - Là thao tác xử lý điểm ảnh trên ảnh có dạng $s = c \times r^\gamma$
 - Với s là điểm ảnh đã xử lý, r là điểm ảnh đầu vào, c, γ hằng số dương



- Biến đổi ảnh bằng hàm mũ (gamma)

- Ví dụ



$$c = 1 \quad \gamma = 0.6$$



$$c = 1 \quad \gamma = 0.4$$



$$c = 1 \quad \gamma = 0.3$$

- **Biến đổi ảnh bằng hàm mũ (gamma)**

- Ví dụ



$$c = 1 \quad \gamma = 3$$



$$c = 1 \quad \gamma = 4$$

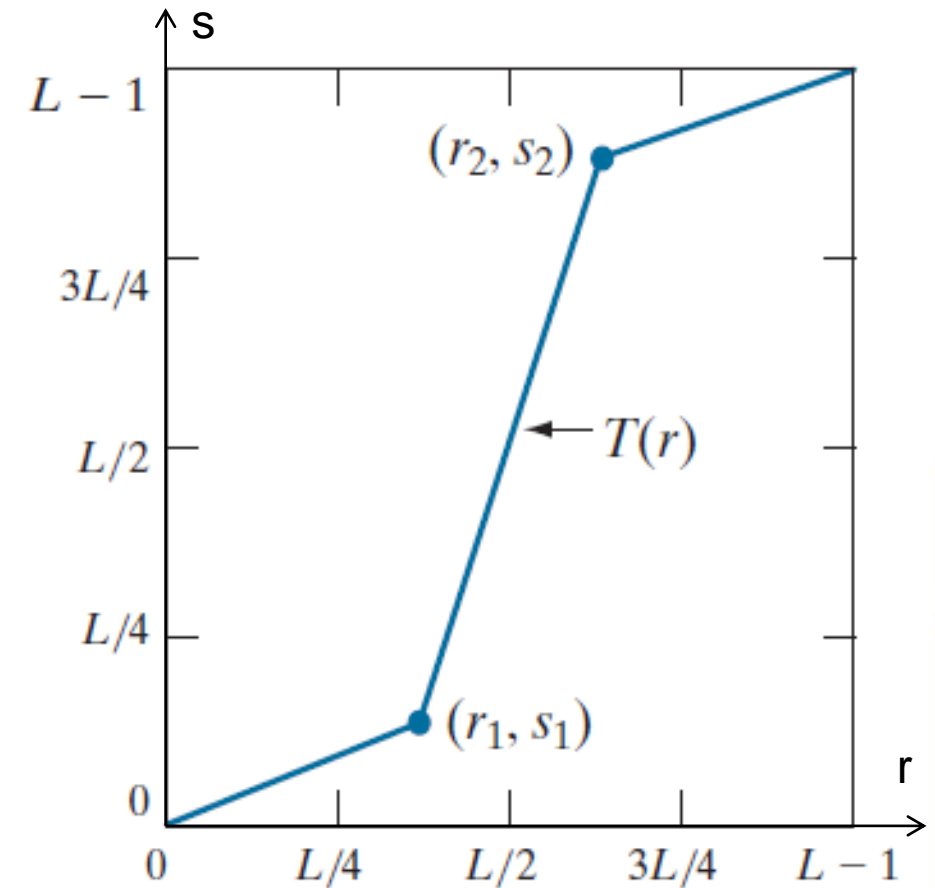


$$c = 1 \quad \gamma = 5$$

- **Biến đổi ảnh bằng các hàm tuyến tính phân đoạn**
 - Kéo dẫn độ tương phản
 - Lát cắt mức (cường độ) xám
 - Lát cắt mặt phẳng Bit

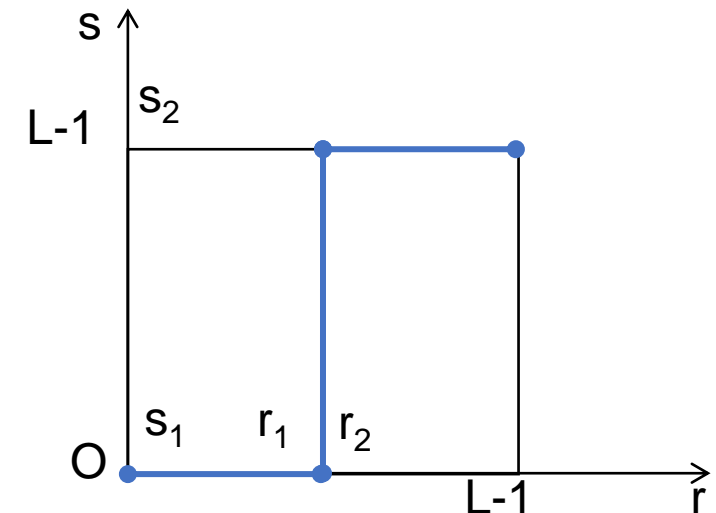
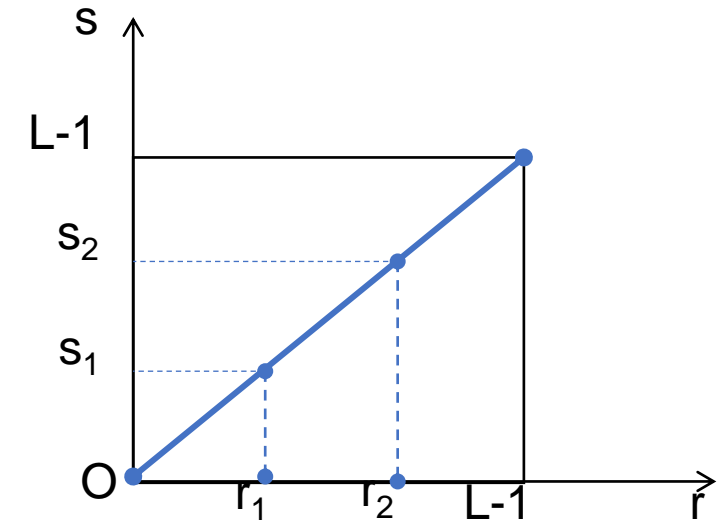
• Kéo dẫn độ tương phản

- Ảnh có độ tương phản thấp là do thiếu sáng khi thu nhận ảnh từ các thiết bị cảm biến
- Kéo dẫn độ tương phản là mở rộng mức xám trong ảnh
- Sử dụng điểm (r_1, s_1) và (r_2, s_2) để điều khiển hàm kéo dẫn



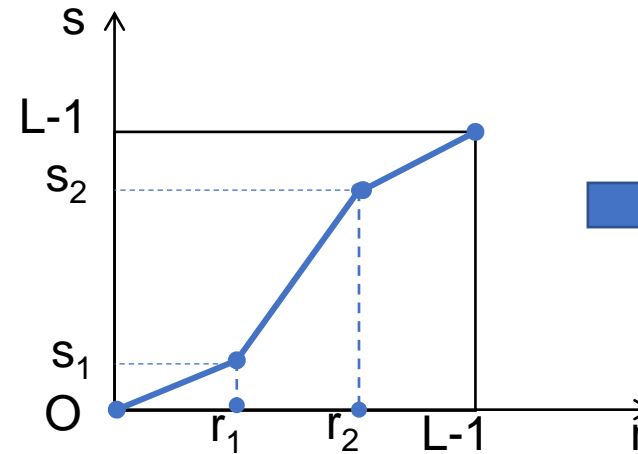
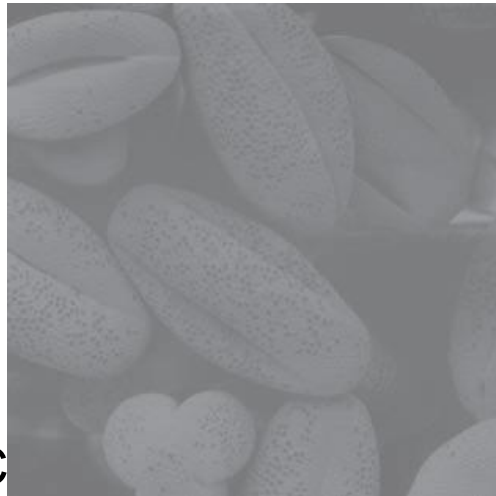
- **Kéo dẫn độ tương phản**

- Nếu $r_1 = s_1$ và $r_2 = s_2$ độ tương phản không đổi
- Nếu
 - $r_1 = r_2$, $s_1 = 0$
 - $s_2 = L - 1$
 - \Rightarrow Thì ảnh đầu ra biểu diễn ở 02 mức xám và gọi là **cắt ngưỡng ảnh**

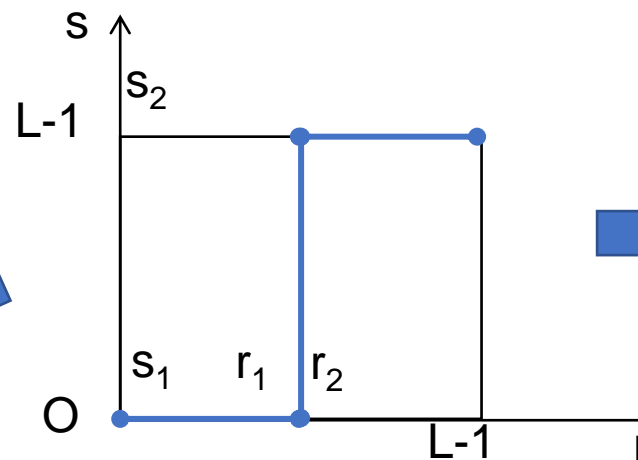


...Các phép toán trên điểm ảnh

- Kéo dẫn độ tương phản

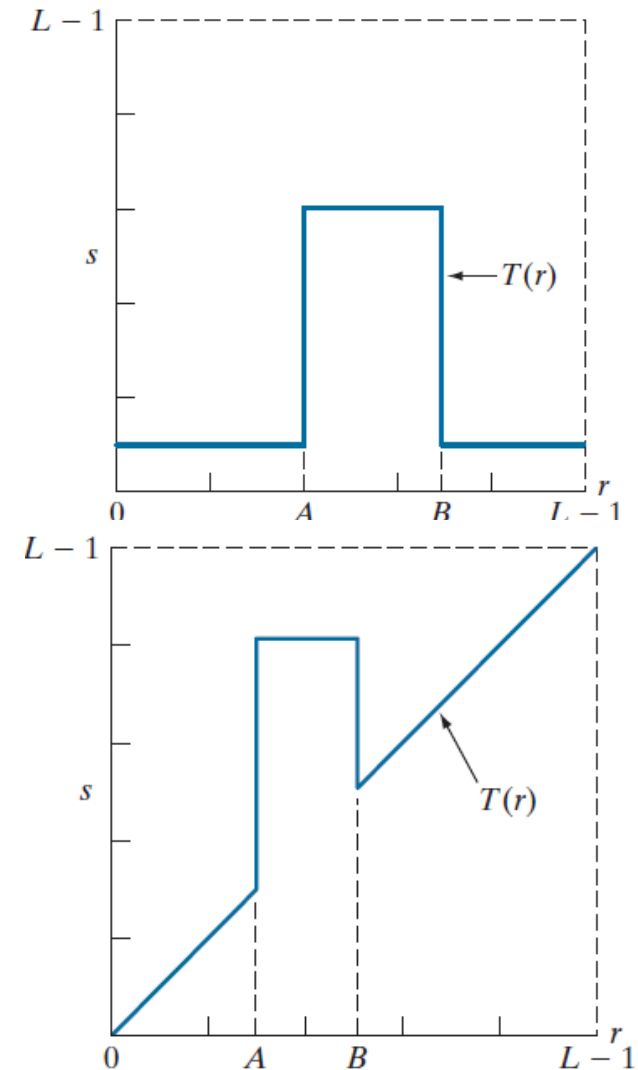


- Cắt ngưỡng

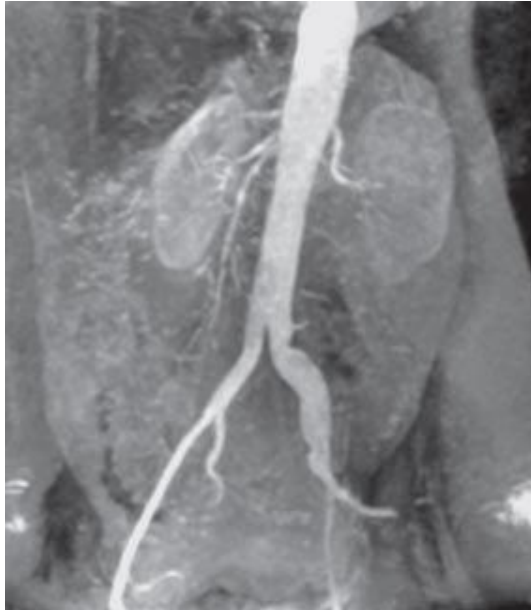


- **Lát cắt mức (cường độ) xám**

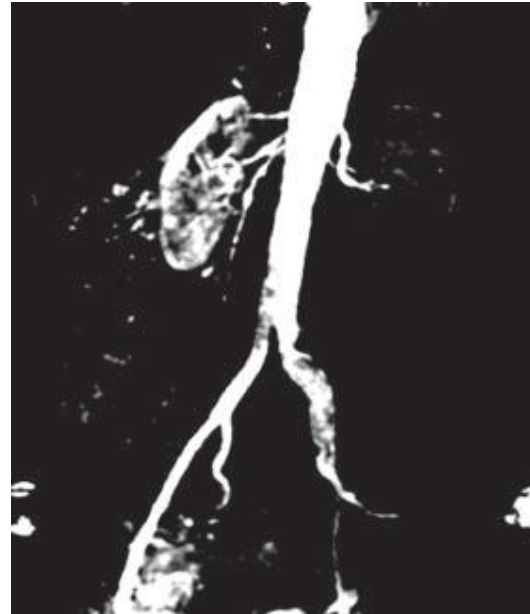
- Có những ứng dụng chỉ quan tâm làm nổi bật 1 vùng nào đó của ảnh
- Ví dụ:
 - Tăng cường những chi tiết đặc trưng của ảnh chụp từ vệ tinh
 - Tăng cường các chi tiết của ảnh chụp bằng tia X
- \Rightarrow Sử dụng phương pháp lát cắt mức xám



- Lát cắt mức (cường độ) xám



Hình 1



Hình 2

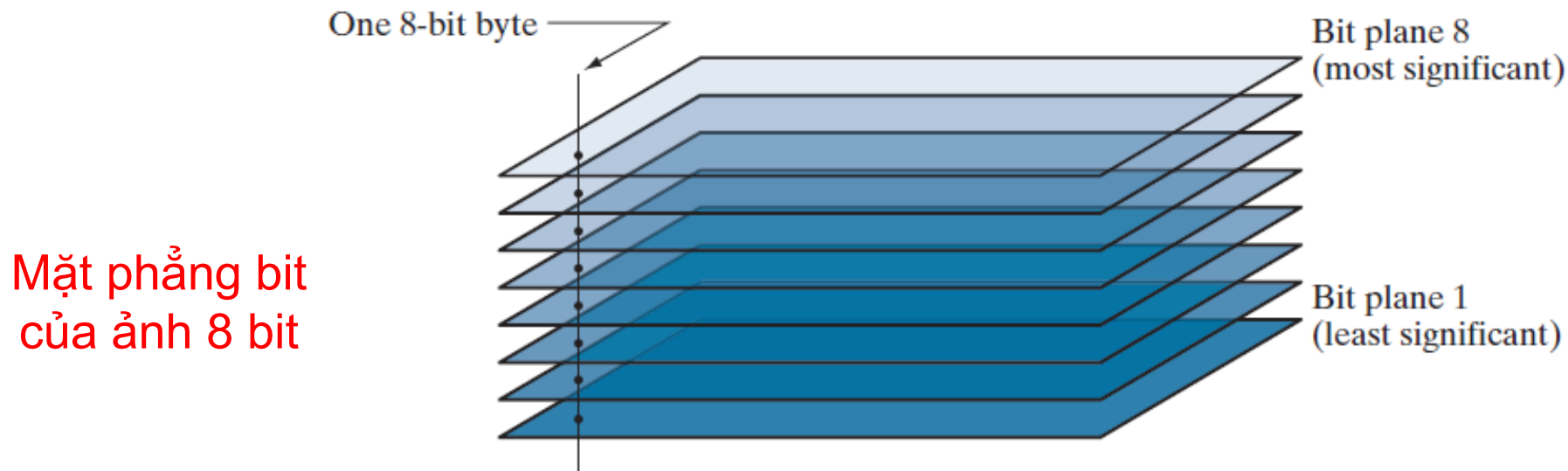


Hình 1. Phạm vi chọn ở phần trên của thang mức xám.

Hình 2. Phạm vi chọn gần màu đen, để màu xám trong khu vực mạch máu và thận đã được bảo tồn.

- **Lát cắt mặt phẳng bit**

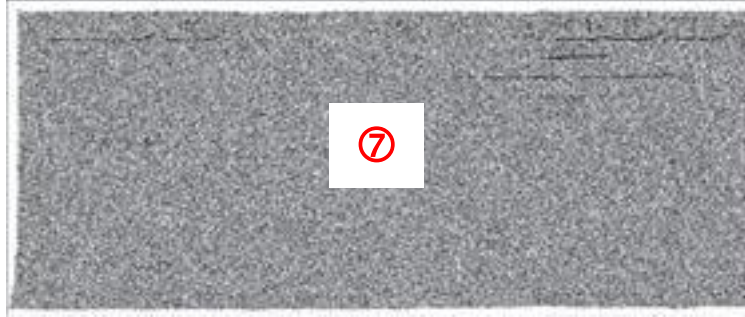
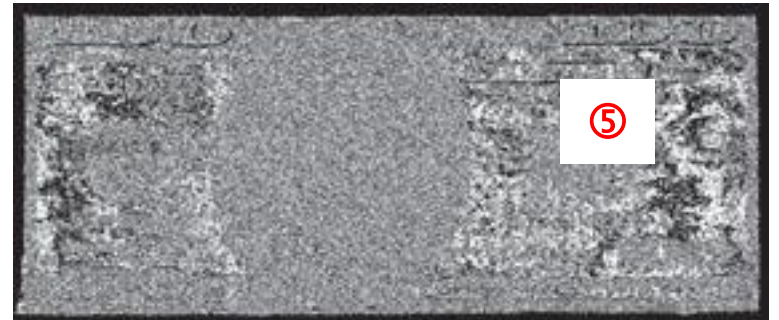
- Trong ảnh số các bit chứa thông tin khác nhau:
 - Các bit thứ tự cao thường chứa thông tin trực quan quan trọng
 - Các bit thứ tự thấp thường chứa các chi tiết tinh tế
- Có thể xem các bit được biểu diễn như các lớp mặt phẳng xếp chồng nhau



- Ví dụ lát cắt mặt phẳng bit của ảnh 8 bit có kích thước 550×1192 pixel
 - Cắt thành 8 mặt phẳng bit, mỗi mặt phẳng bit là ảnh nhị phân
 - Mặt phẳng bit có thứ tự cao nhất có giá trị 1 1 0 0 0 0 1 0
 - Các mặt phẳng còn lại: thực hiện ánh xạ từ mức xám sang nhị phân
 - Bit 0 tương ứng mức xám từ 0 đến 127
 - Bit 1 tương ứng mức xám từ 128 đến 255

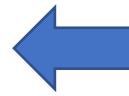


- Kết quả các mặt phẳng bit

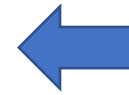


...Các phép toán trên điểm ảnh

- Kết quả tái tạo ảnh từ các mặt phẳng bit



Hình ảnh được tái tạo chỉ sử dụng mặt phẳng bit 8 và 7



Hình ảnh được tái tạo chỉ sử dụng mặt phẳng bit 8,7 và 6



Hình ảnh được tái tạo chỉ sử dụng mặt phẳng bit 7,6 và 5

NỘI DUNG

- Các kiểu nâng cấp ảnh
- Nâng cấp ảnh trong miền không gian
 - Các phép toán trên điểm ảnh
 - **Kỹ thuật Histogram**
 - Lọc trong miền không gian
- Nâng cấp ảnh trong miền tần số

- **Khái niệm**

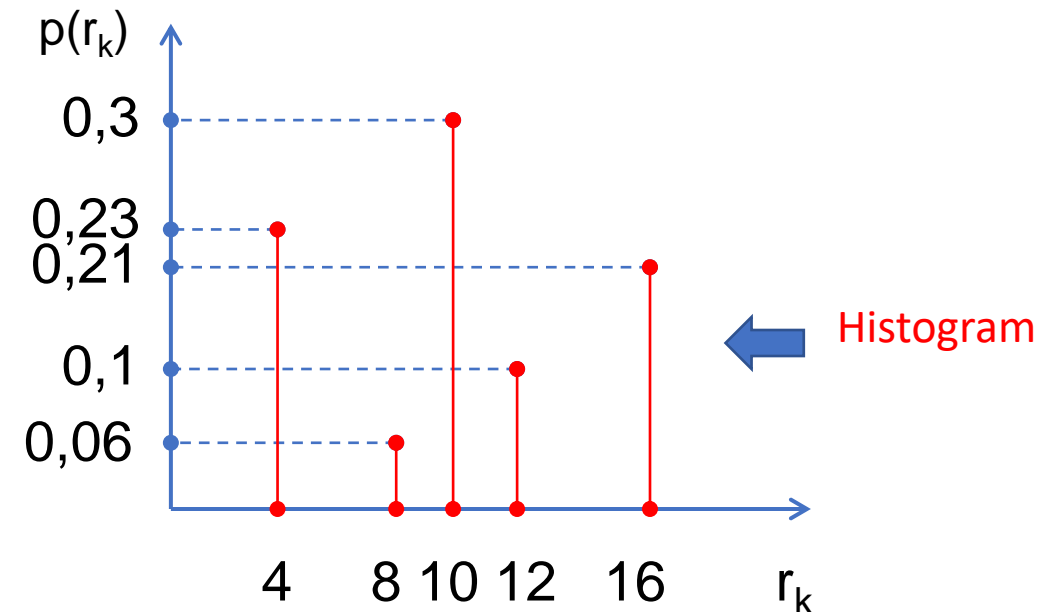
- Histogram của ảnh (lược đồ xám) chỉ ra phân bố mức xám trên ảnh
- Gọi r_k là giá trị mức xám của pixel thứ k của ảnh $f(x,y)$ có L mức xám; với $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$
- Đặt $h(r_k) = n_k$; với n_k là tổng số pixel có giá trị mức xám r_k
 - $\Rightarrow h(r_k)$ gọi là **Histogram không chuẩn hóa**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

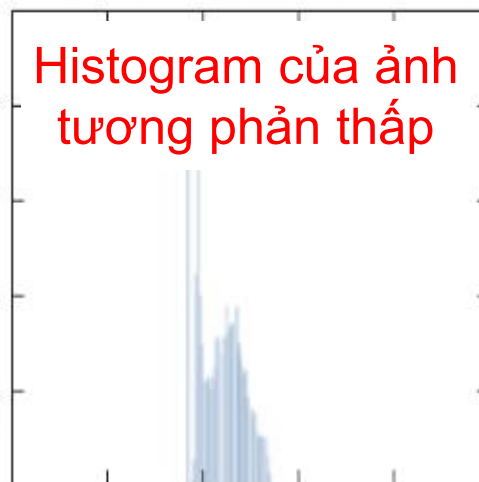
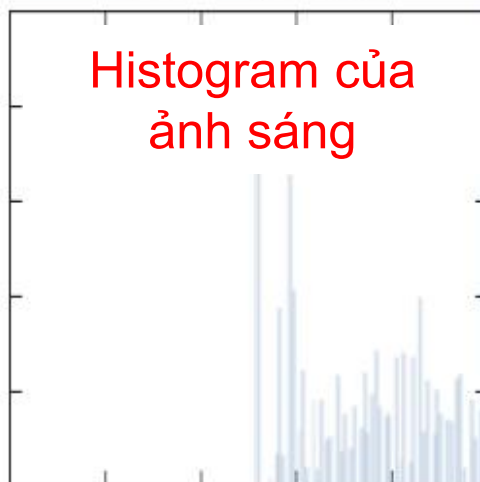
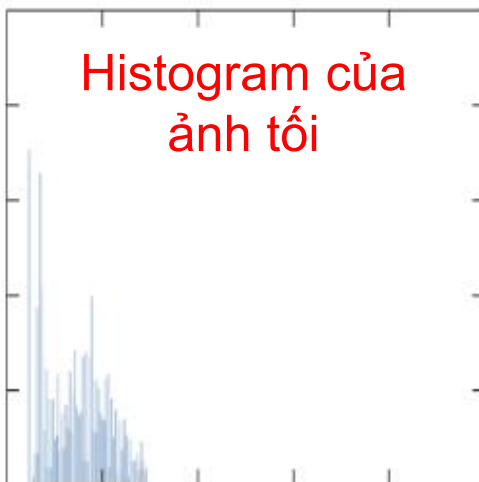
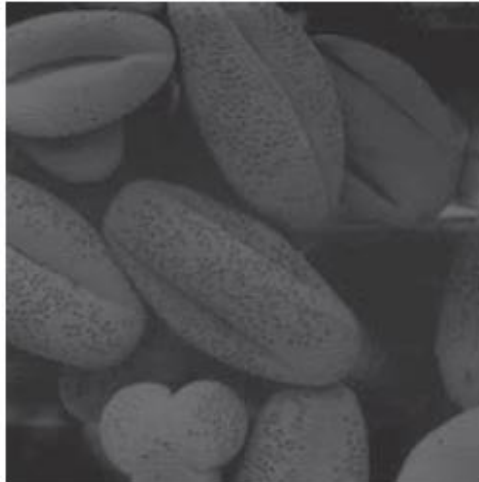
12	4	16	8	10	14	16	10
12	4	16	8	10	14	16	10
4	16	10	8	16	14	16	10
4	10	10	4	16	14	10	4
4	10	16	4	10	10	10	4
12	4	16	4	10	10	16	16
12	4	10	8	10	4	16	12
12	4	10	8	10	4	16	12

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

- **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



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

$$s_1 = 3.08 \rightarrow 3$$

$$s_2 = 4.55 \rightarrow 5$$

$$s_3 = 5.67 \rightarrow 6$$

$$s_4 = 6.23 \rightarrow 6$$

$$s_5 = 6.65 \rightarrow 7$$

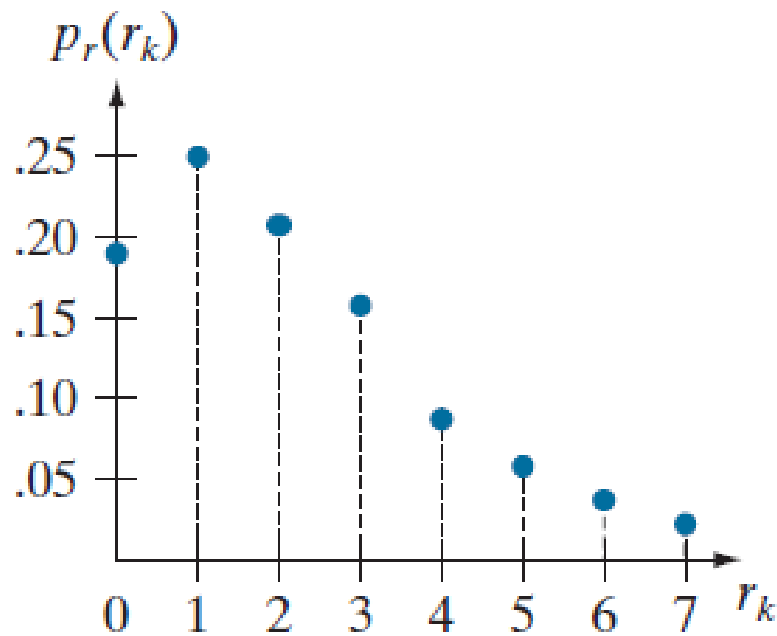
$$s_6 = 6.86 \rightarrow 7$$

$$s_7 = 7.00 \rightarrow 7$$

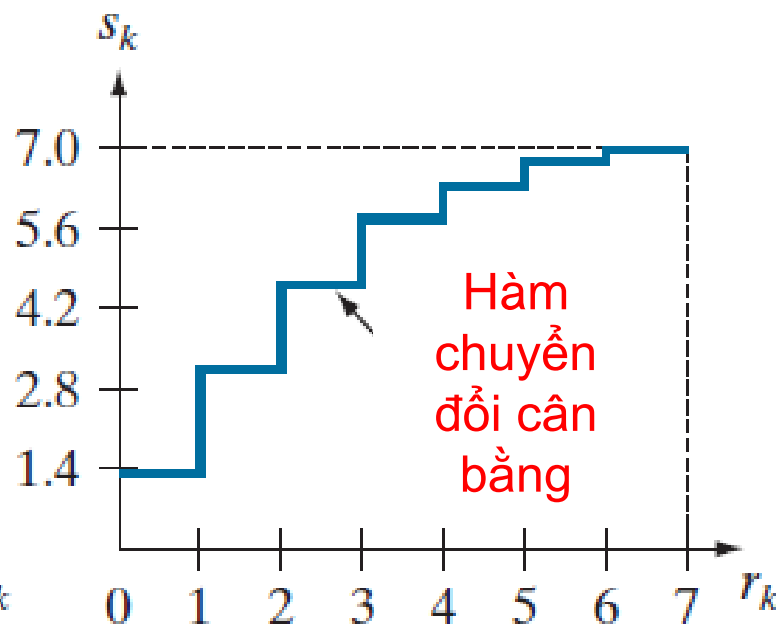


s_k	$n(s_k)$	$p_s(s_k)$
1	790	0.19
3	1028	0.25
5	850	0.21
6	656+329	0.24
7	245+122+81	0.10

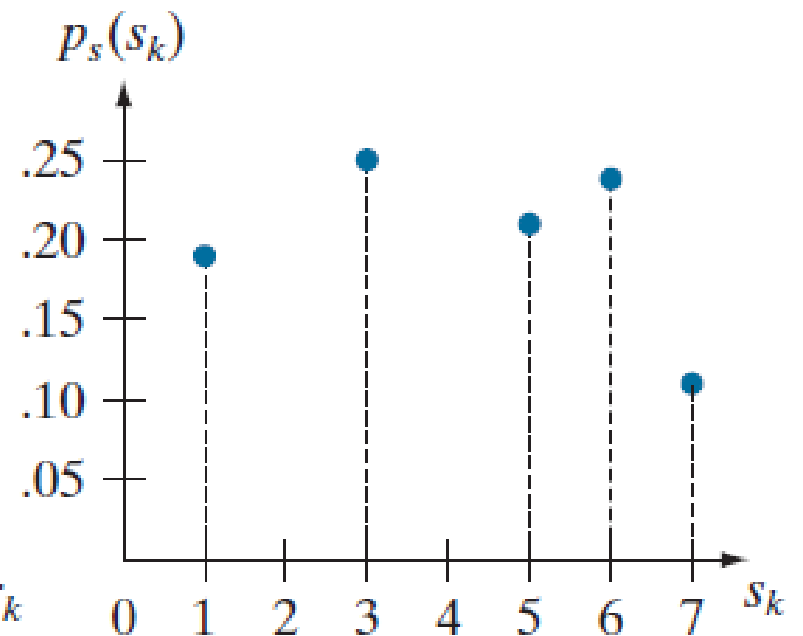
- Cân bằng Histogram - Ví dụ**



(a) Histogram gốc



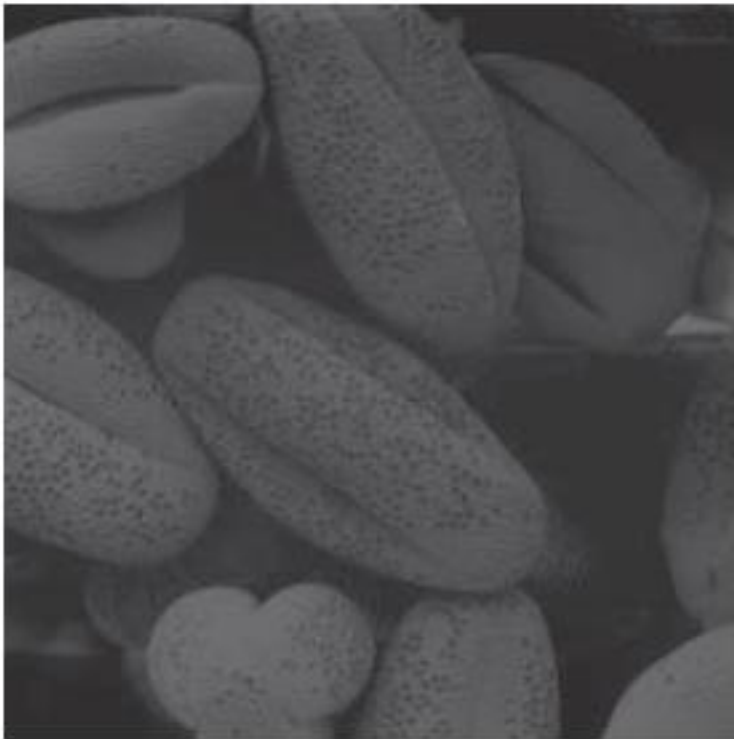
(b) Hàm cân bằng Histogram



(c) Histogram cân bằng

- Minh họa

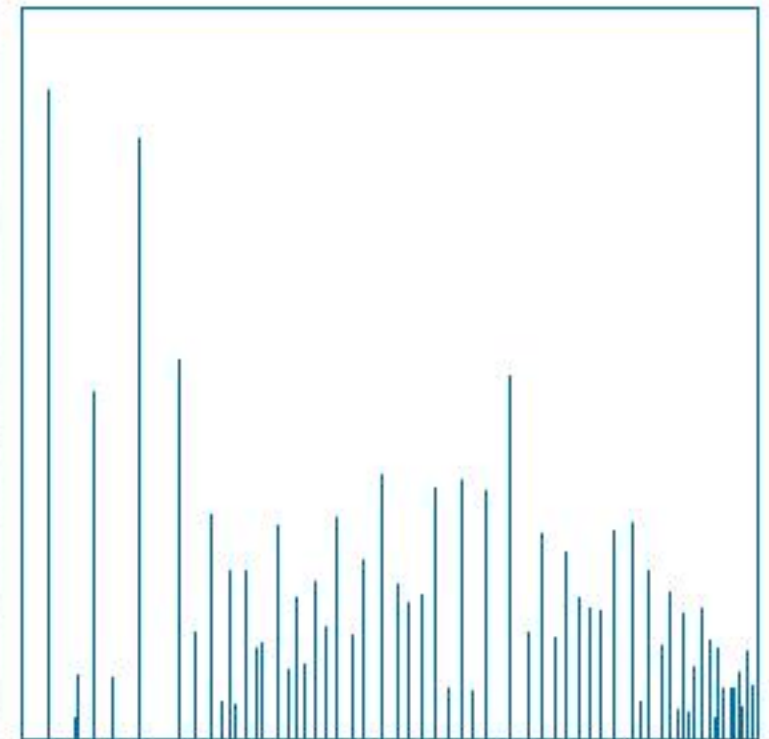
(1)



(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh cân bằng Histogram



(c) Histogram cân bằng

- Minh họa

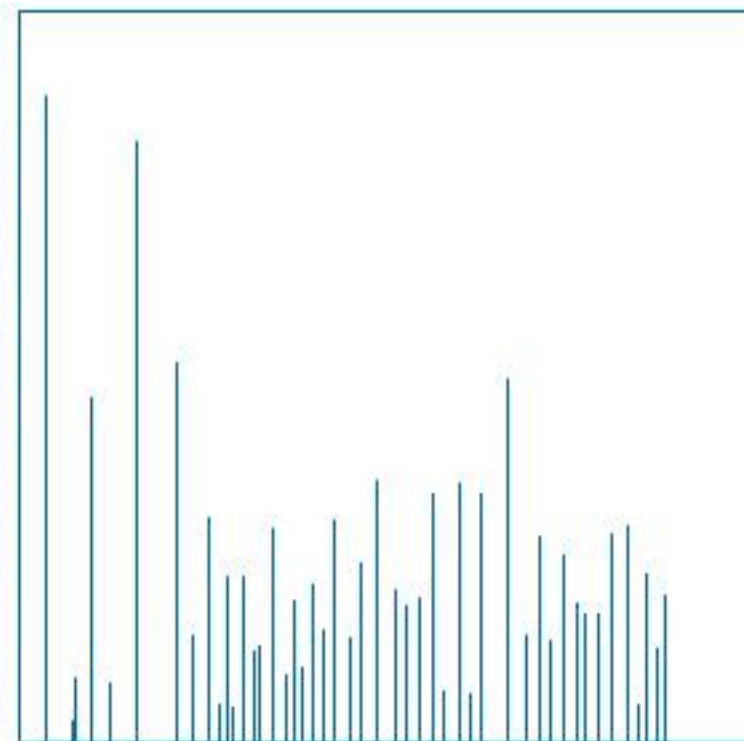
(2)



(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh cân bằng Histogram



(c) Histogram cân bằng

- Minh họa

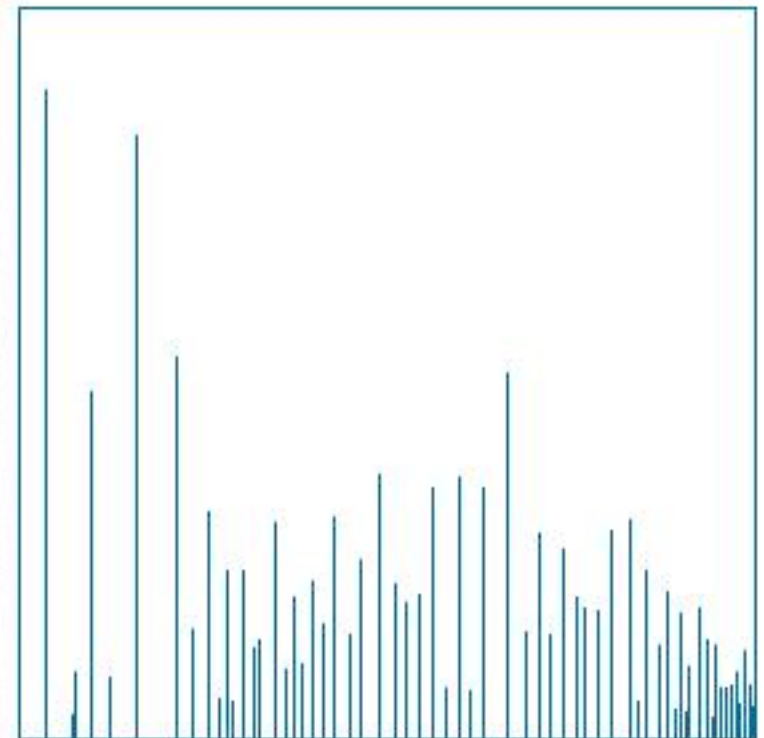
(3)



(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh cân bằng Histogram



(c) Histogram cân bằng

- Minh họa

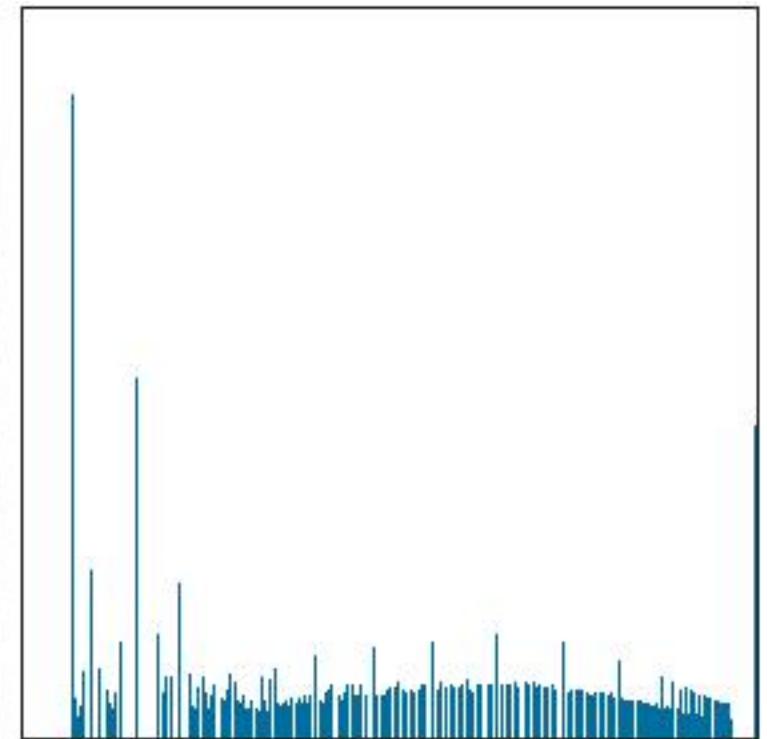
(4)



(a) Ảnh gốc

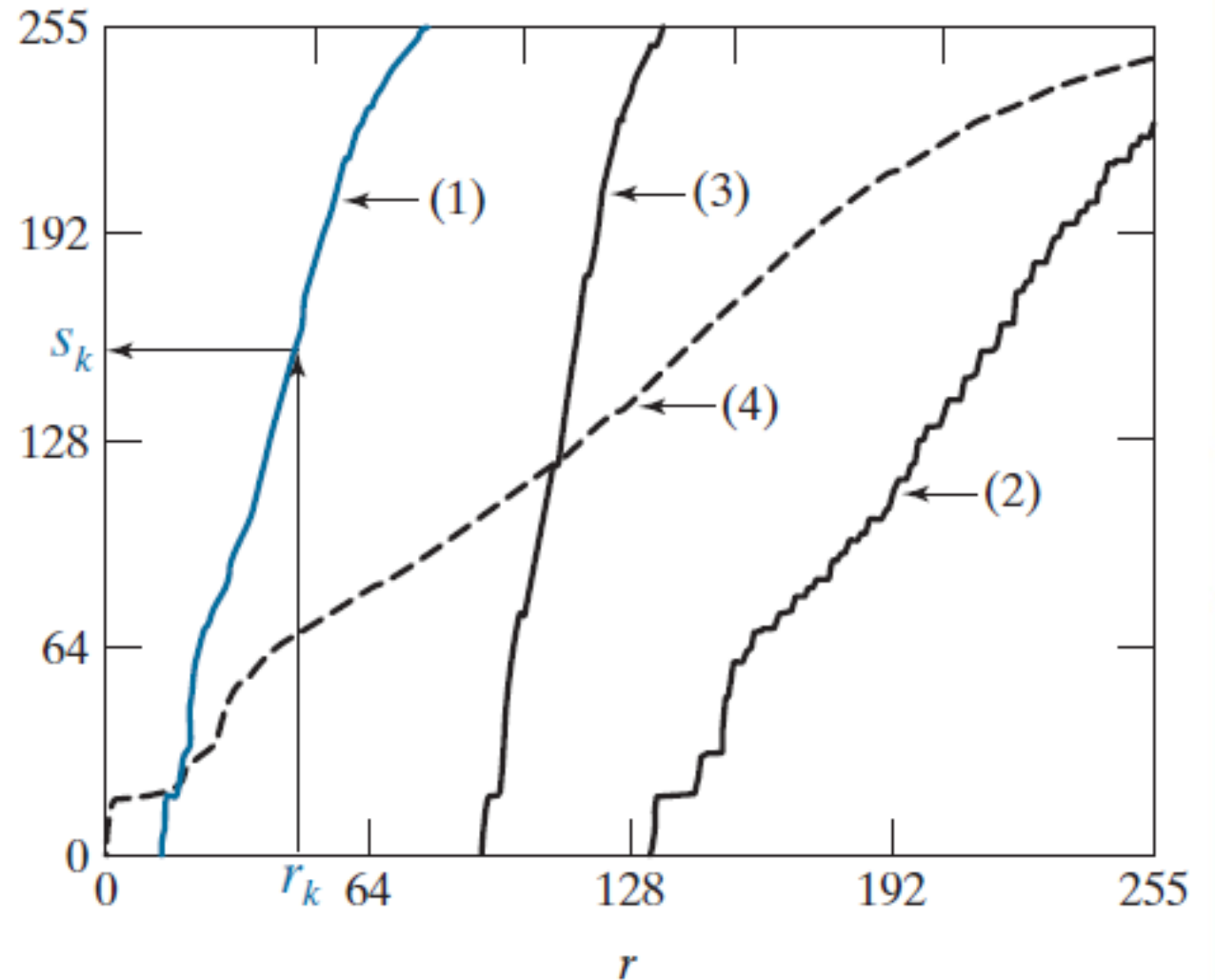


(b) Ảnh cân bằng Histogram



(c) Histogram cân bằng

- Minh họa
- Các hàm chuyển đổi cần bằng Histogram trong 4 minh họa trên



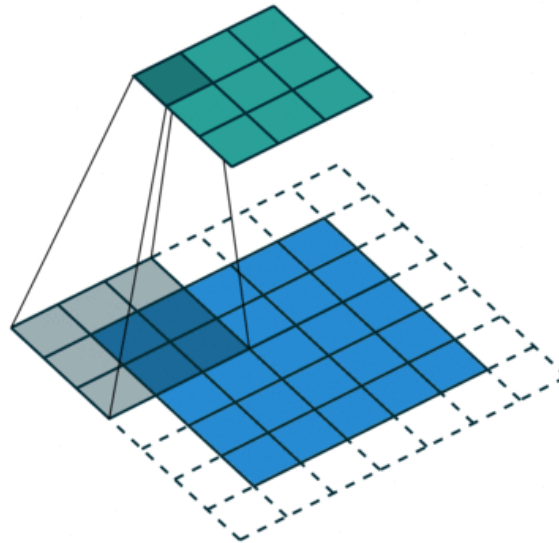
NỘI DUNG

- Các kiểu nâng cấp ảnh
- Nâng cấp ảnh trong miền không gian
 - Các phép toán trên điểm ảnh
 - Kỹ thuật Histogram
 - **Lọc trong miền không gian**
- Nâng cấp ảnh trong miền tần số

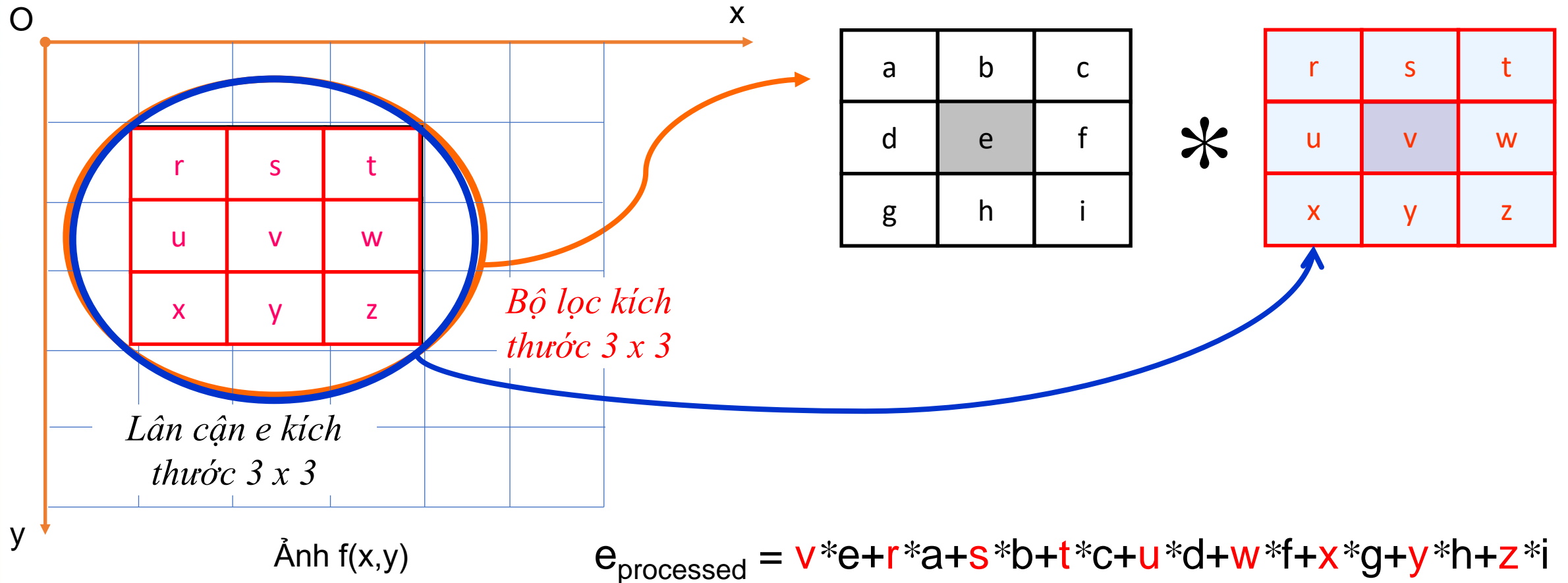
- **Các kỹ thuật lọc không gian**
 - **Kỹ thuật lọc mịn ảnh** (lọc thông thấp)
 - Lọc trung bình
 - Lọc trung bình có trọng số
 - Lọc trung vị
 - Bộ lọc Gausse
 - **Kỹ thuật lọc sắc nét ảnh** (lọc thông cao)
 - Bộ lọc đạo hàm bậc 1, bậc 2
 - Bộ lọc Laplace, Sobel, Robert cross gradient
 - Kết hợp các bộ lọc

- **Cơ sở lọc trong miền không gian**

- Sử dụng mặt nạ lọc có kích thước: 3×3 , 4×4 , ...
- Mặt nạ lọc di chuyển (trượt) trên ảnh và thao tác lân cận với điểm ảnh
- Các thao tác lân cận đơn giản: tính Min, Max, Average, Mean, ...
trung vị



...Lọc trong miền không gian



Quá trình trên lặp lại đối với mỗi điểm ảnh trong ảnh gốc để tạo ra ảnh lọc

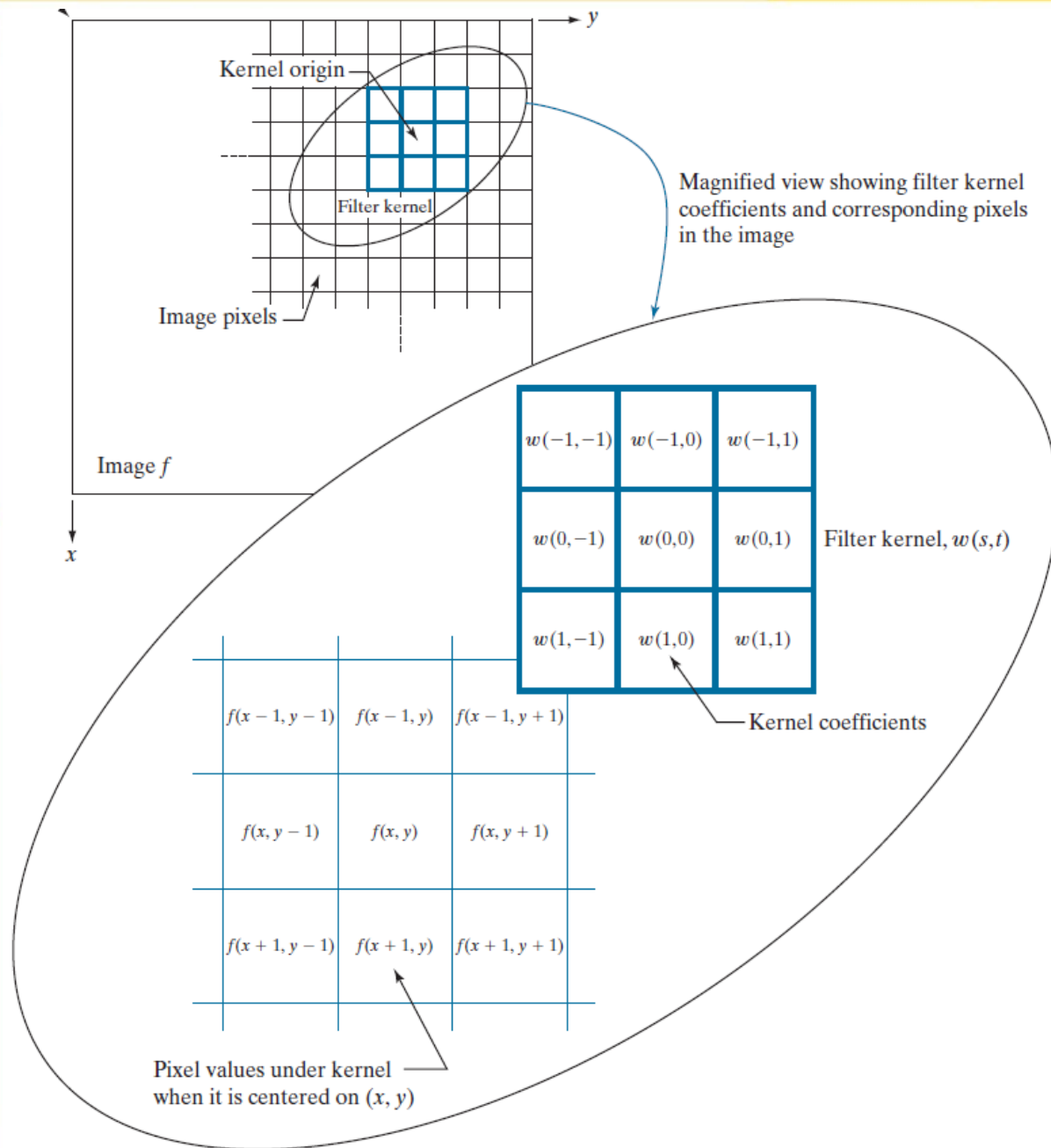
...Lọc trong miền không gian

- Việc lọc có thể được biểu diễn dạng hàm như sau:

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

- Trong đó:

- $g(x, y)$: là ảnh sau khi lọc
- $f(x, y)$: là ảnh đầu vào
- $w(s, t)$: mặt nạ lọc
- $a = (m-1)/2$ và $b = (n-1)/2$
- $m \times n$: là kích thước bộ lọc



- Ví dụ: với kích thước bộ lọc 3 x 3:
- $a = (m-1)/2 = 1$ và $b = (n-1)/2 = 1$

$$\begin{aligned}
 g(x, y) &= \sum_{s=-1}^1 \sum_{t=-1}^1 w(s, t) f(x + s, y + t) \\
 &= w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + w(-1, 1)f(x - 1, y + 1) \\
 &\quad + w(0, -1)f(x, y - 1) + w(0, 0)f(x, y) + w(0, 1)f(x, y + 1) \\
 &\quad + w(1, -1)f(x + 1, y - 1) + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)
 \end{aligned}$$

- Ví dụ: với kích thước bộ lọc 3 x 3:

...⇒ hình ảnh hóa bằng các ma trận như sau

- Và được hình ảnh hóa bằng các ma trận

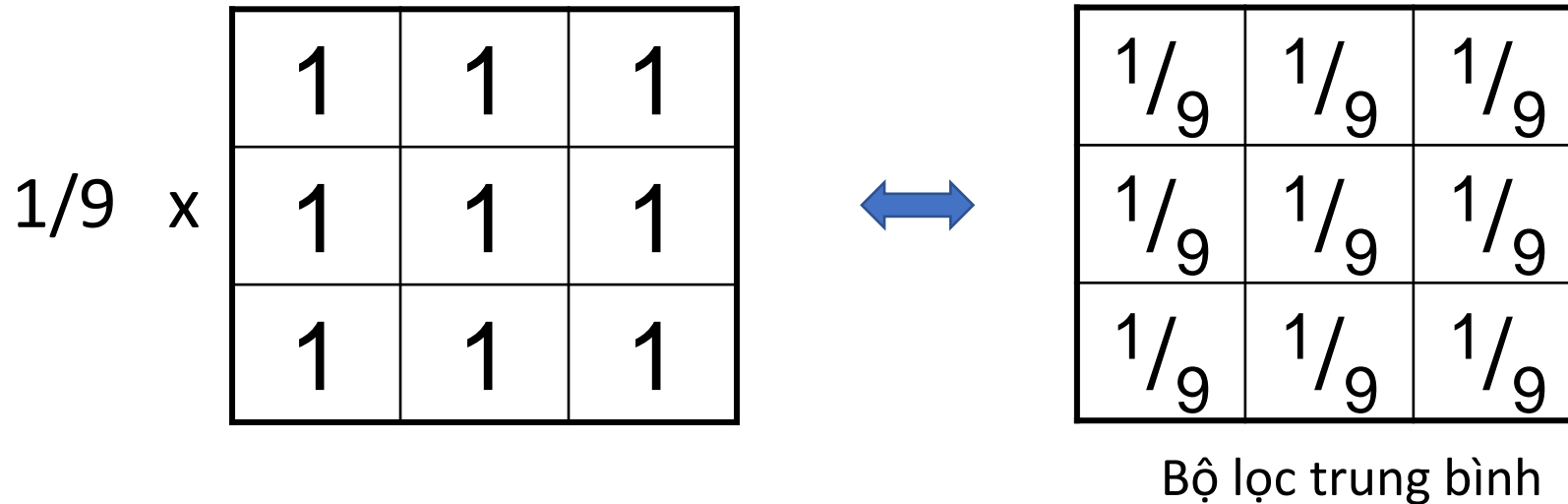
$w(-1,-1)$	$w(-1,0)$	$w(-1,1)$
$w(0,-1)$	$w(0,0)$	$w(0,1)$
$w(1,-1)$	$w(1,0)$	$w(1,1)$

Mặt nạ lọc có kích thước 3 x 3

$f(x-1, y-1)$	$f(x-1, y)$	$f(x-1, y+1)$
$f(x, y-1)$	$f(x, y)$	$f(x, y+1)$
$f(x+1, y-1)$	$f(x+1, y)$	$f(x+1, y+1)$

Lân cận kích thước 3 x 3 của ảnh đầu vào $f(x,y)$

- **Kỹ thuật lọc mịn ảnh – Lọc trung bình**
 - Tính trung bình các pixel lân cận của pixel trung tâm
- ⇒ Loại bỏ nhiễu, làm nổi các chi tiết lớn



- Kỹ thuật lọc mịn ảnh – Lọc trung bình

104	100	108
99	106	98
95	90	85

Ảnh gốc



$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$

Bộ lọc trung bình



...
...	98	...
...

Ảnh sau khi lọc

$$e = 1/9 * 106 + 1/9 * 104 + 1/9 * 100 + 1/9 * 108 + 1/9 * 99 + 1/9 * 98 + 1/9 * 95 + 1/9 * 90 + 1/9 * 85 = \mathbf{98.3333}$$

Quá trình trên lặp lại với tất cả các điểm ảnh trong ảnh gốc và tạo ra ảnh làm mịn

- **Kỹ thuật lọc mìn ảnh – Lọc trung bình - Ví dụ:**
 - Ảnh gốc (bên trái) kích thước 1024*1024 pixel
 - Các ảnh tiếp theo biểu diễn ảnh lọc với lọc trung bình, kích thước 3 x 3, 11 x 11, 21 x 21 \Rightarrow các chi tiết mất dần



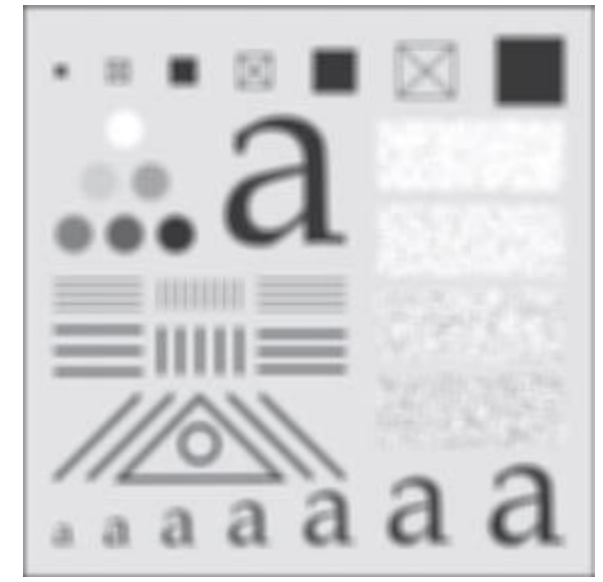
Ảnh gốc



Lọc 3 x 3



Lọc 11 x 11



Lọc 21 x 21

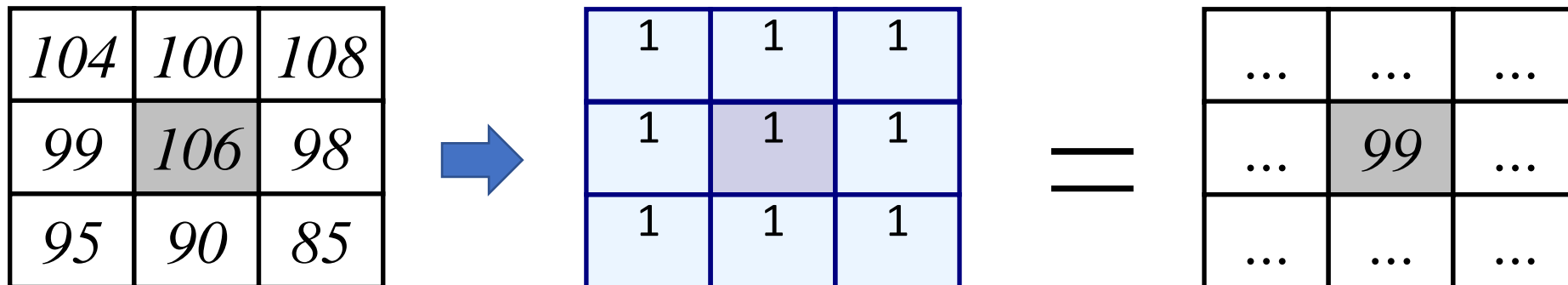
- **Kỹ thuật lọc mịn ảnh – Lọc trung bình có trọng số**
 - Các pixel lân cận có các trọng số khác nhau trong hàm trung bình
 - Pixel gần với pixel trung tâm quan trọng hơn

$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{2}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{2}{16}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$

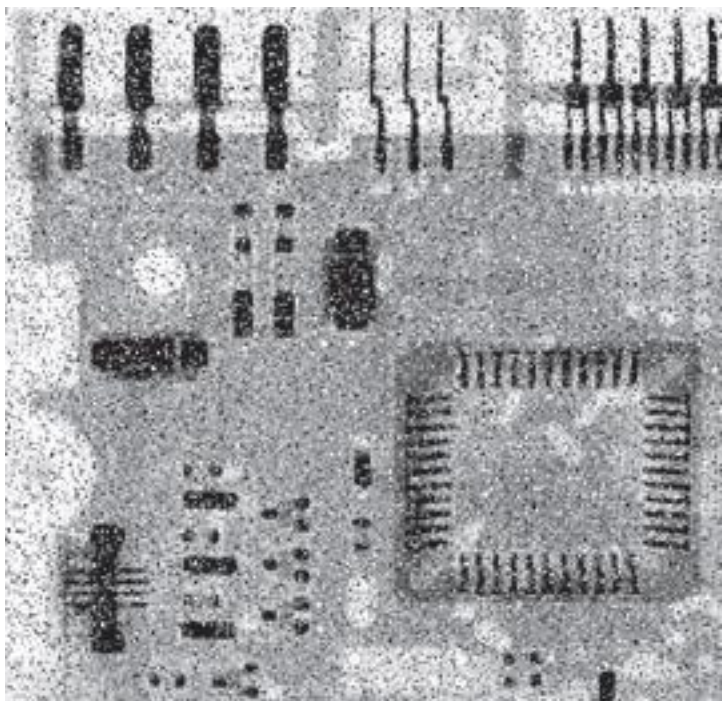
Bộ lọc trung bình có trọng số

• Kỹ thuật lọc mịn ảnh – Lọc trung vị

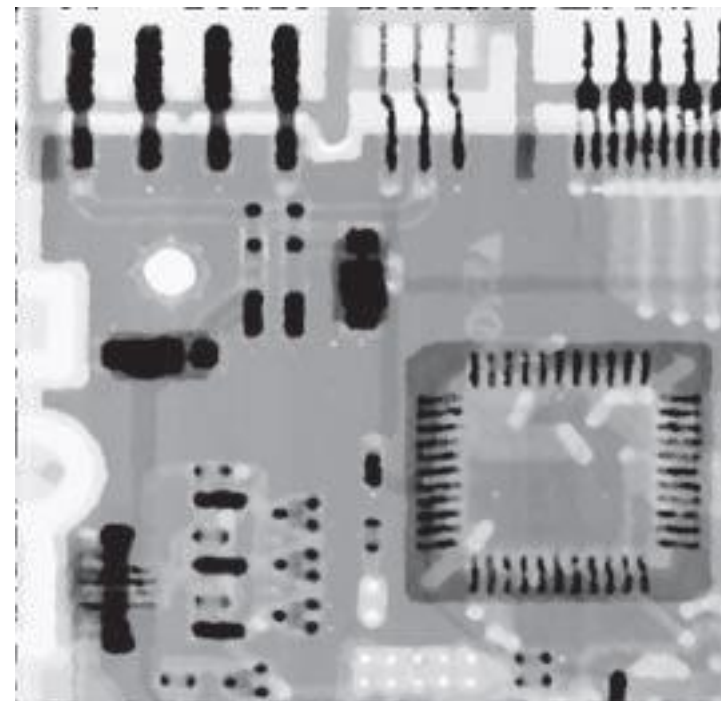
- Trung vị X của một tập hợp là giá trị sao cho nửa giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng X và nửa còn lại lớn hơn hoặc bằng X
- Lọc trung vị lọc tại một điểm trong ảnh:
 - Sắp xếp giá trị của các pixel trong vùng lân cận.
 - Xác định giá trị trung trung vị của chúng và gán giá trị đó cho pixel trong ảnh được lọc



- Ví dụ Kỹ thuật lọc mịn ảnh – Lọc trung vị



Hình ảnh chụp X-quang của một bảng mạch, bị hỏng do nhiễu hạt tiêu



Giảm nhiễu bằng cách sử dụng bộ lọc trung vị 7×7

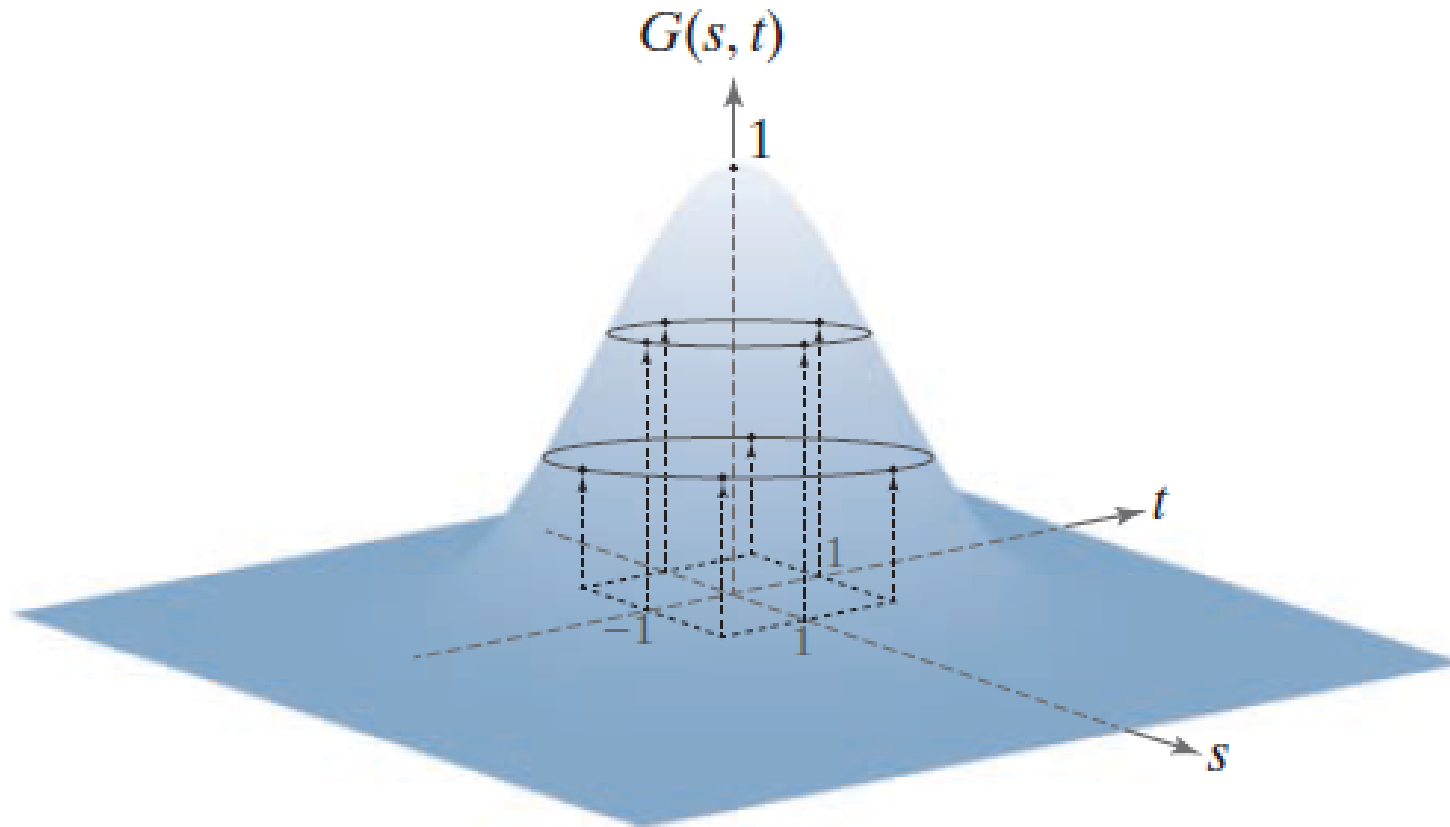
- **Kỹ thuật lọc mìn ảnh – Bộ lọc Gauss**

- Trong công thức

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

- Bộ lọc Gaussian: $w(s, t) = G(s, t) = Ke^{-\frac{s^2 + t^2}{2\sigma^2}}$
- Trong đó:
 - K : hằng số ; σ : hằng số lệch chuẩn
 - $g(x, y)$: ảnh sau khi lọc; $f(x, y)$: ảnh đầu vào; $w(s, t)$: mặt nạ lọc
 - $a = (m-1)/2$ và $b = (n-1)/2$; $m \times n$: kích thước bộ lọc

- Ví dụ Bộ lọc Gaussian



$$\frac{1}{4.8976} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0.3679 & 0.6065 & 0.3679 \\ \hline 0.6065 & 1.0000 & 0.6065 \\ \hline 0.3679 & 0.6065 & 0.3679 \\ \hline \end{array}$$

Bộ lọc Gaussian kích thước 3 x 3 khi $K = \sigma = 1$

- Ví dụ Bộ lọc Gaussian



Ảnh gốc kích thước
1024 × 1024



Ảnh lọc Gaussian kích thước
21 x 21 khi $K = 1$; $\sigma = 3.5$



Ảnh lọc Gaussian kích thước
43 x 43 khi $K = 1$; $\sigma = 7$

-

- Có nhiều giải pháp khác nhau đối với pixel ở biên:
 - Bỏ qua các pixel thiếu
 - Chỉ làm việc với một số bộ lọc
 - Thêm một số code nhưng lại làm chậm xử lý
 - Mở rộng ảnh
 - Mở rộng với các pixel đen hoặc trắng
 - Nhân đôi các pixel ở biên
 - Cắt ảnh
 - Có thể gây nên một số hiệu ứng không tốt

- Đạo hàm bậc 1

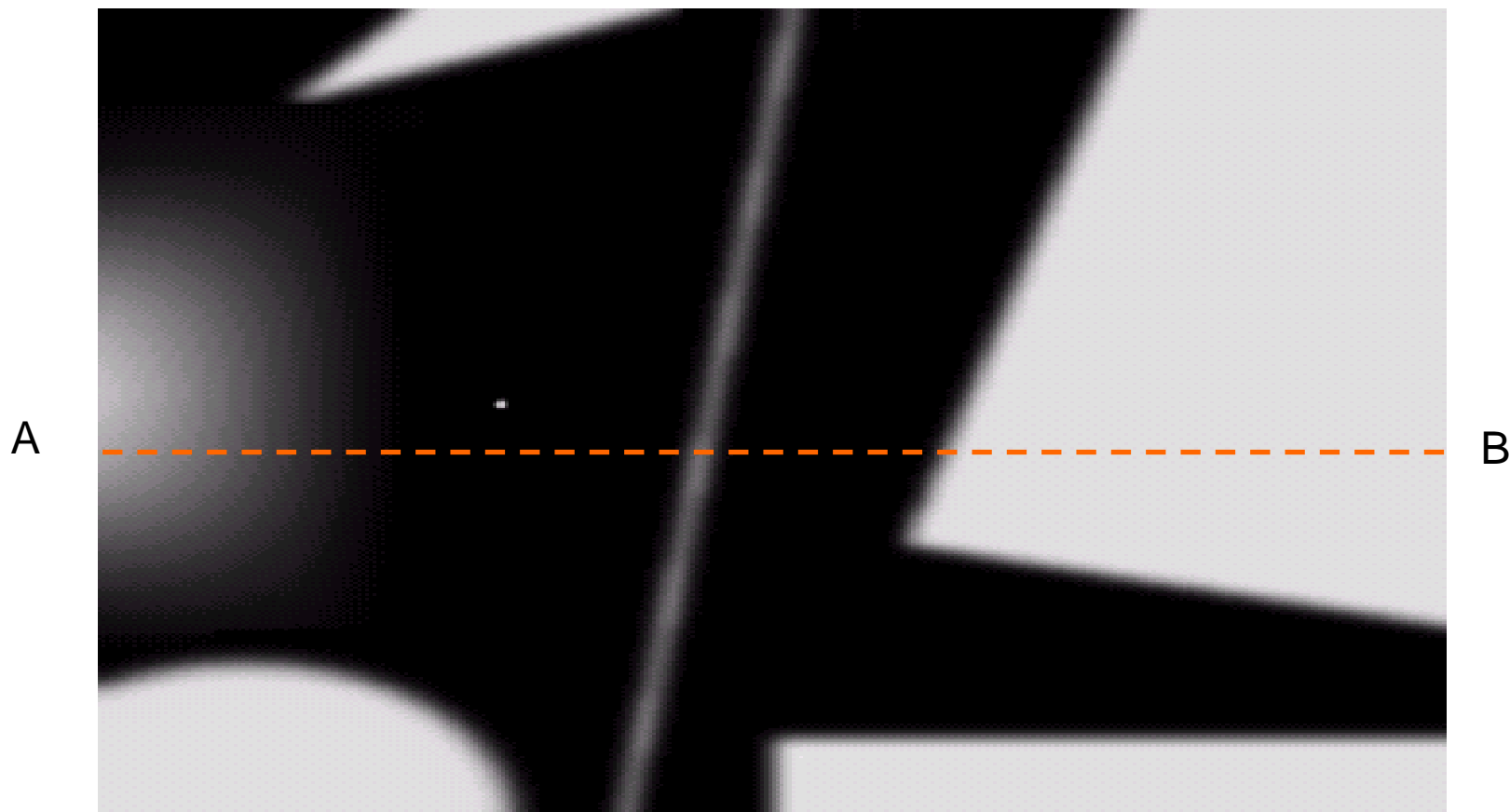
- Công thức $\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$

⇒ khác nhau của các giá trị liên kề nhau và tốc độ thay đổi của hàm

- Đạo hàm bậc 2

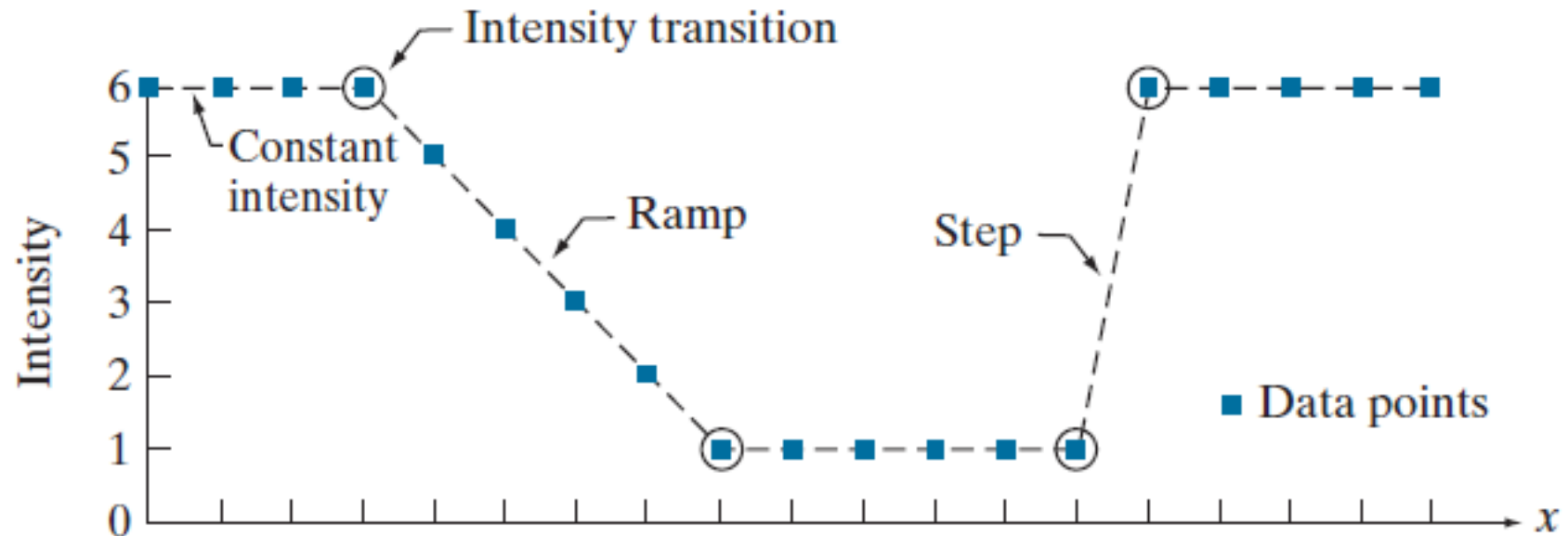
- Công thức $\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$

⇒ chỉ xét đến giá trị trước và sau giá trị hiện tại



Values of
scan line

6	6	6	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	→ x
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

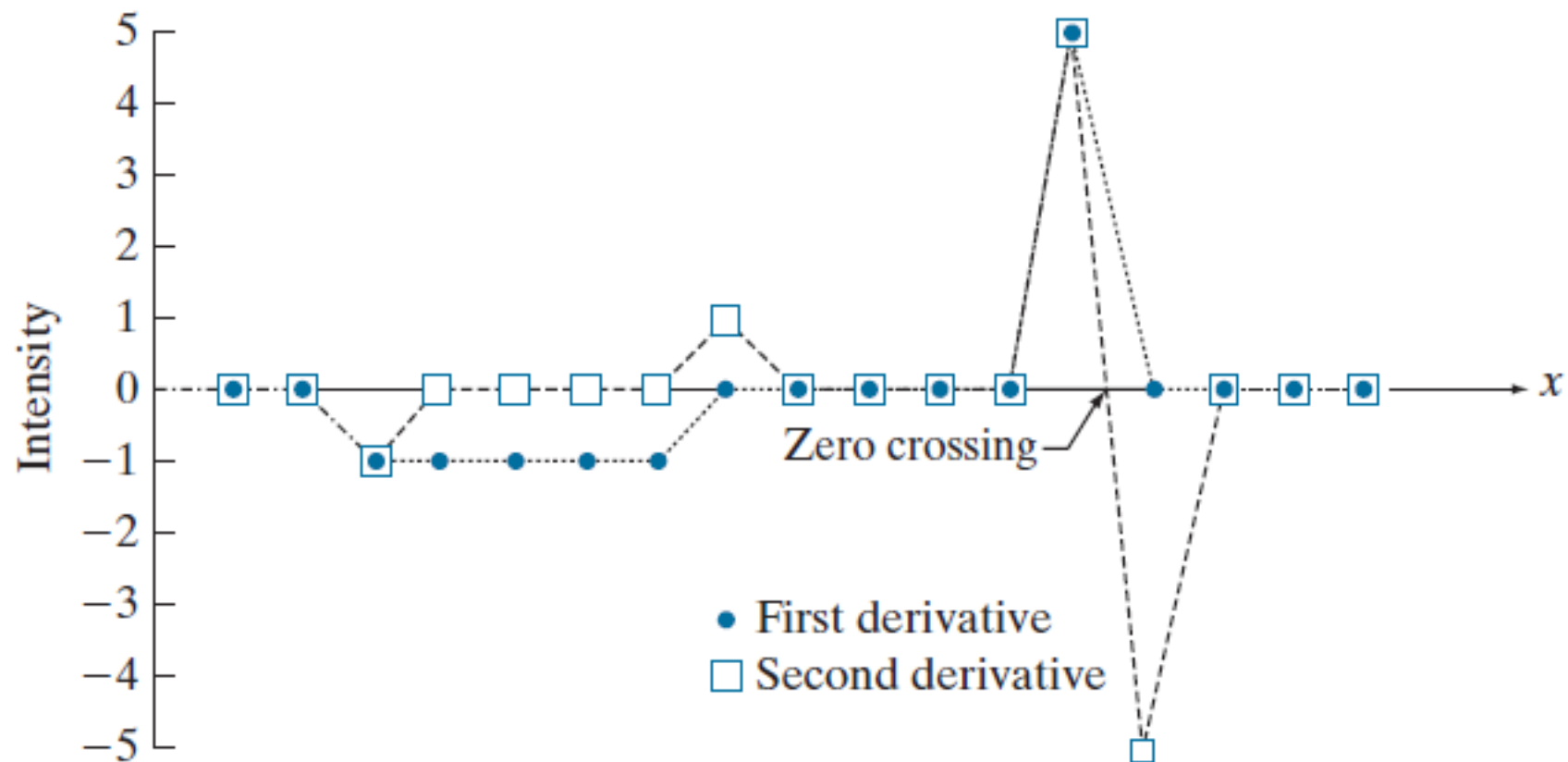


Values of scan line	6	6	6	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	x
1st derivative	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
2nd derivative	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	-5	0	0	0	0	

Đạo hàm bậc 1, bậc 2 giá trị mức xám của dòng trên ảnh

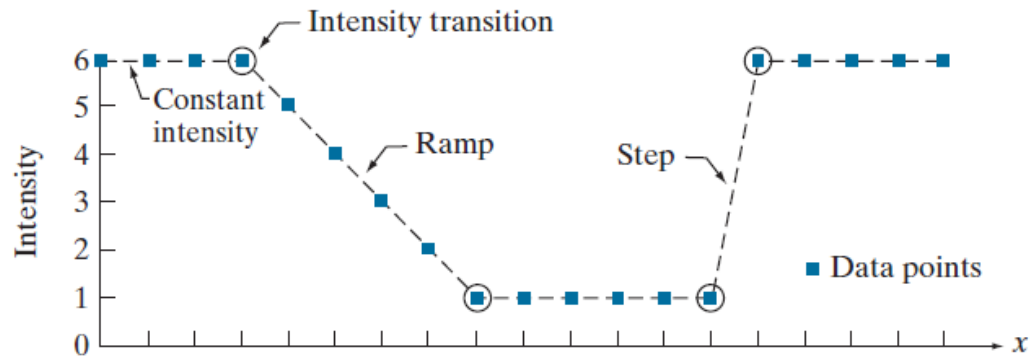
...Lọc trong miền không gian

1st derivative	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
2nd derivative	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	-5	0	0	0



Biểu diễn mức xám Đạo hàm bậc 1, bậc 2

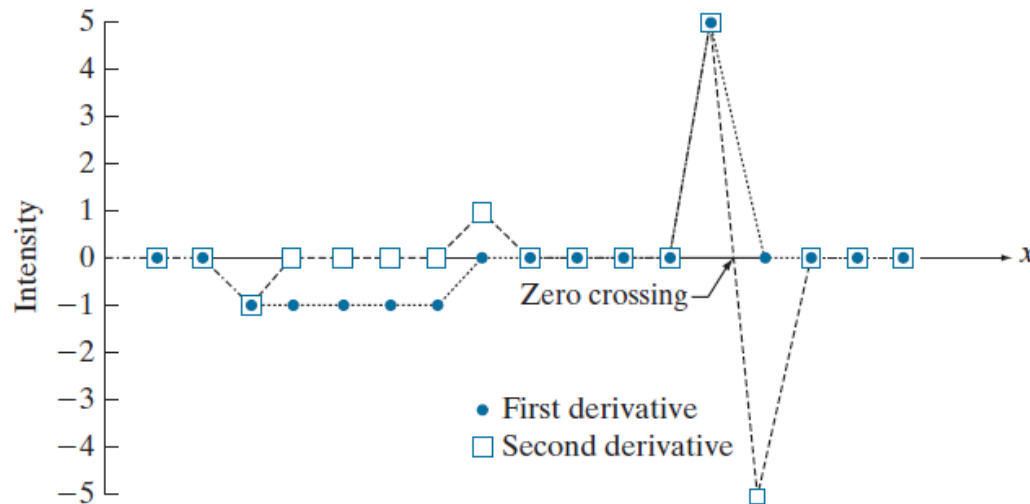
...Lọc trong miền không gian



(a) Một phần của một dòng quét ngang từ một hình ảnh: hiển thị độ dốc và bước là những đoạn không đổi.



Values of scan line	6	6	6	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	x
1st derivative	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
2nd derivative	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	-5	0	0	0	0	



(c) Đồ thị của các đạo hàm, cho thấy một điểm giao nhau bằng không.

- Sử dụng đạo hàm bậc 1, 2 để cải thiện ảnh
- Đạo hàm bậc 2 hay được sử dụng để cải thiện ảnh hơn đạo hàm bậc 1
 - Đáp ứng mạnh hơn với các chi tiết nét
 - Cài đặt đơn giản hơn

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1**

- Cài đặt các bộ lọc đạo hàm bậc 1 trong thực tế là khó
- Với hàm $f(x, y)$, gradient của f tại tọa độ (x, y) như sau:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- Độ lớn của vector này như sau

$$|\nabla f| = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

- Để đơn giản, trong thực tế

$$|\nabla f| \approx |G_x| + |G_y|$$

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1**

- tính gradient $\nabla f \approx \left| (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \right|$
 $+ \left| (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \right|$

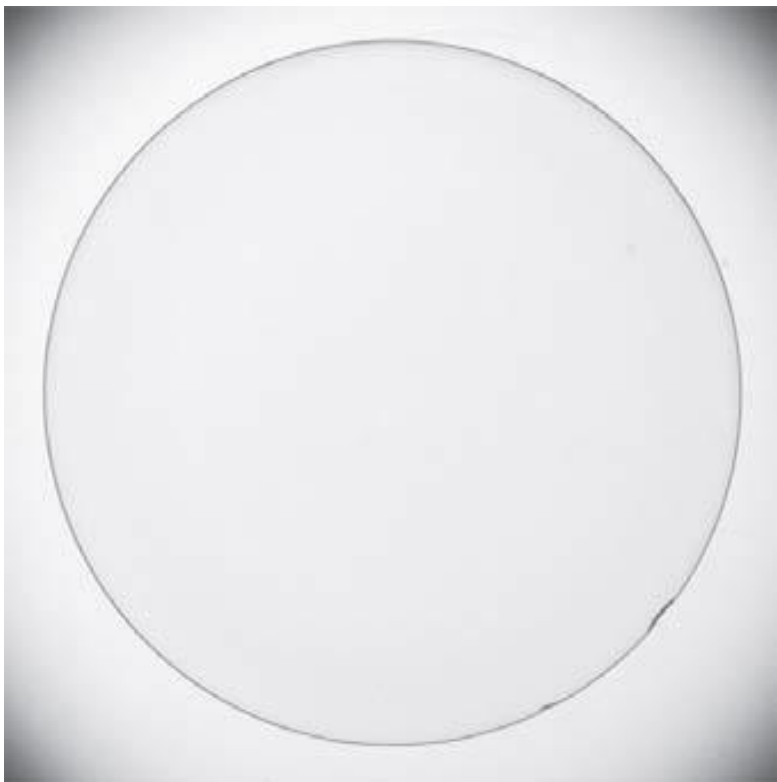
- Nó dựa trên tọa độ

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

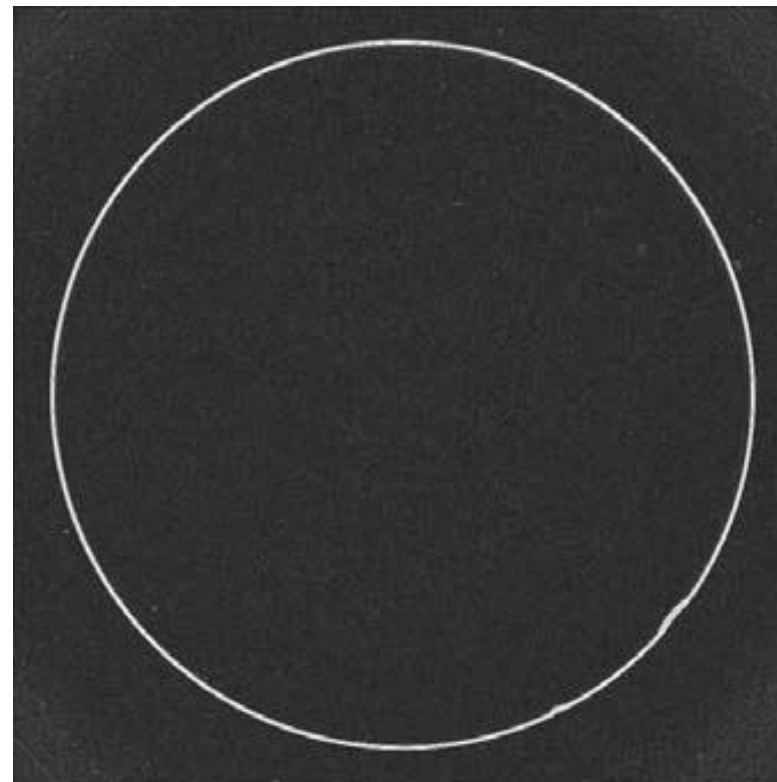
- Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Sobel

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

- Tổng các phần tử quanh điểm trung tâm bằng 0
- sử dụng cả 2 toán tử và kết hợp (cộng) kết quả lại với nhau



Hình ảnh của một kính áp tròng



Hình ảnh sử dụng toán tử Sobel

- Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Robert cross gradient

-1	0	0	-1
0	1	1	0

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian**

- Laplacian được định nghĩa như sau:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 f}{\partial^2 y}$$

- Đạo hàm riêng bậc 2 theo phương x được định nghĩa như sau:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

- theo phương y như sau:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 y} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian**
 - Do vậy, Laplacian được viết lại như sau:

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y)$$

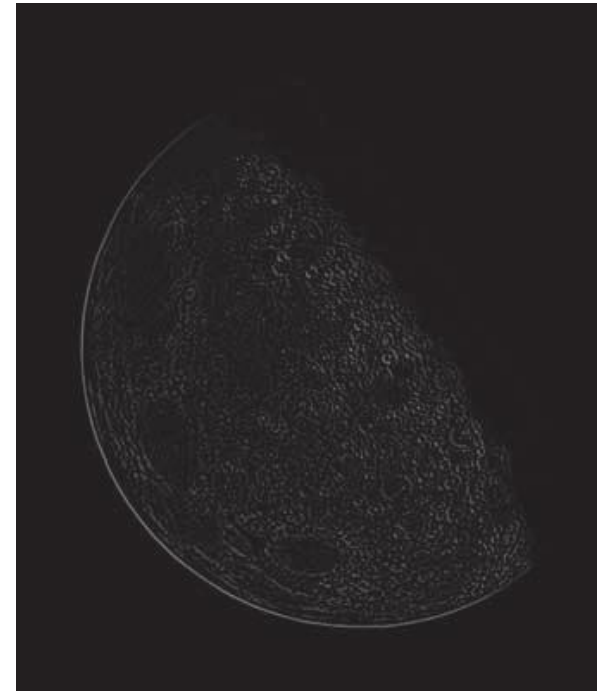
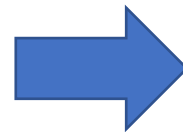
- Và chúng ta dễ dàng xây dựng bộ lọc như sau:

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian**
 - Áp dụng Laplacian, ta nhận được một ảnh làm nổi biên và các đường nét không liên tục khác



Ảnh gốc bị nhòe



Ảnh sau khi sử dụng bộ lọc Laplacian

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian**
 - Kết quả của lọc Laplacian không phải là một ảnh cải thiện
 - Ta phải thực hiện thêm thao tác để có được ảnh cuối cùng
 - Trừ ảnh ban đầu cho ảnh Laplacian để được ảnh sau cùng - ảnh cải thiện và sắc nét

$$g(x, y) = f(x, y) - \nabla^2 f$$

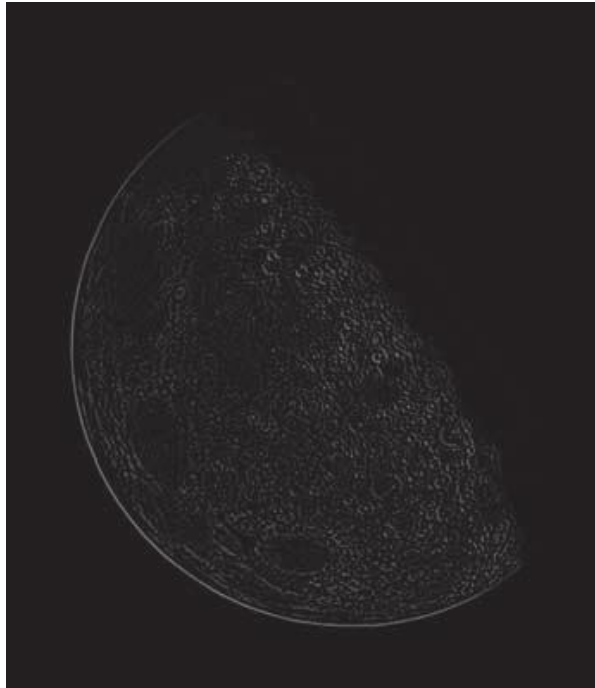
- Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian

$$f(x, y) - \nabla^2 f = g(x, y)$$



Ảnh gốc bị nhòe

-



Ảnh sau khi sử dụng bộ
lọc Laplacian

=

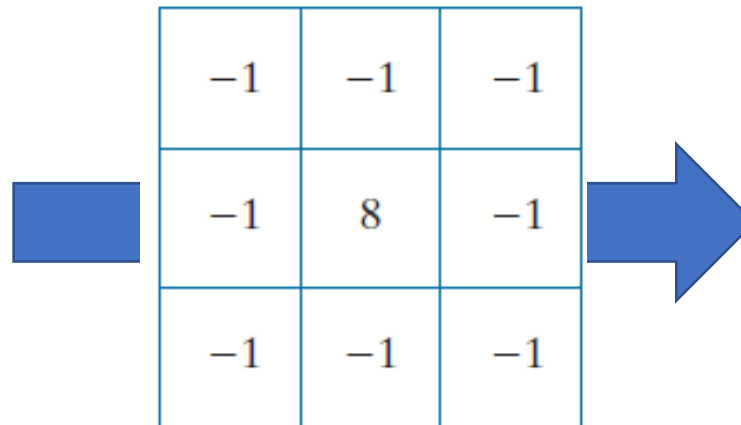
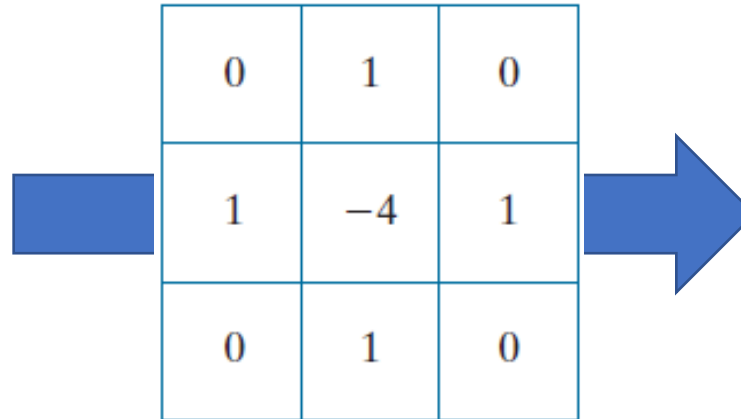


Ảnh sắc nét

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian**
 - Có nhiều biến thể khác nhau của Laplacian:

1	1	1	0	-1	0	-1	-1	-1
1	-8	1	-1	4	-1	-1	8	-1
1	1	1	0	-1	0	-1	-1	-1

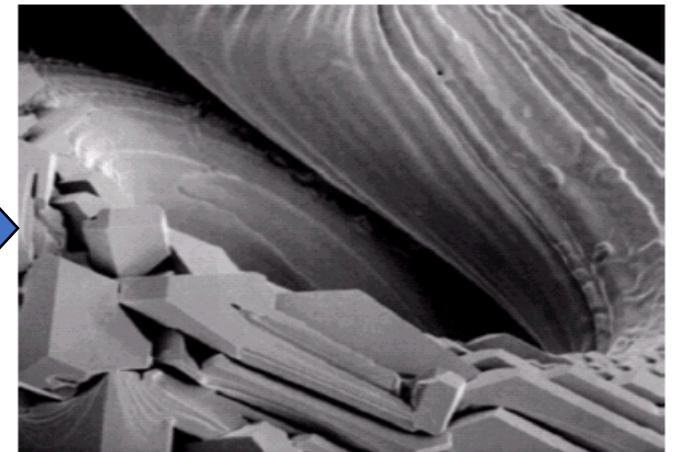
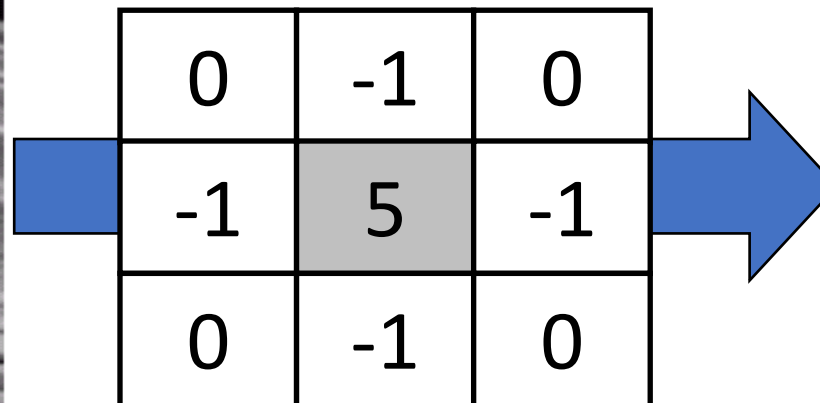
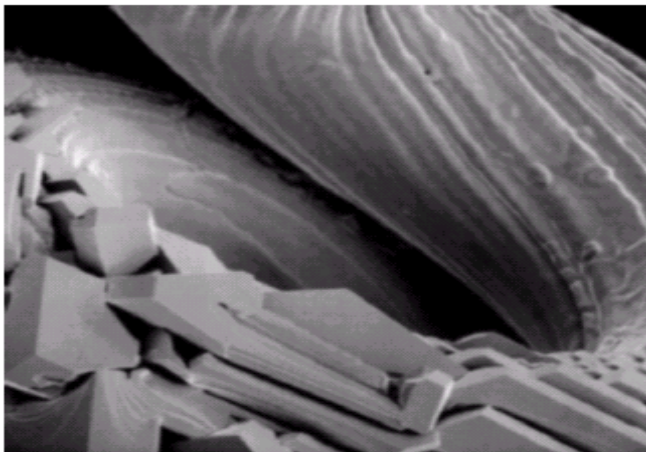
- Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian



Đơn giản hóa việc cải thiện ảnh

- **Lọc sắc nét - Lọc đạo hàm bậc 1 – Toán tử (bộ lọc) Laplacian (tt)**
 - Đơn giản hóa việc cải thiện ảnh bằng toán tử Laplacian bằng cách

$$\begin{aligned}
 g(x, y) &= f(x, y) - \nabla^2 f \\
 &= f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)] \\
 &= 5f(x, y) - f(x+1, y) - f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1)
 \end{aligned}$$

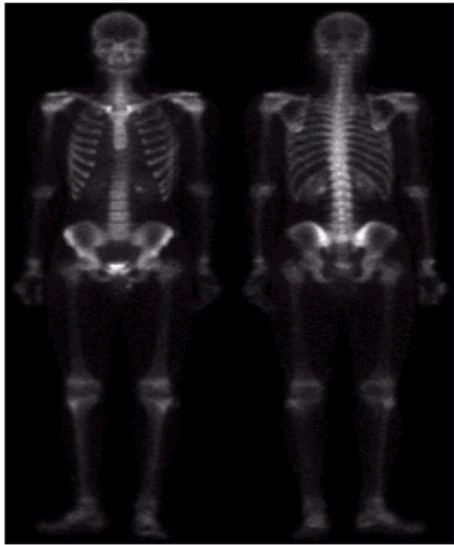


- **So sánh đạo hàm bậc 1 và bậc 2, chúng ta đi đến kết luận:**
 - Các đạo hàm bậc 1 thường tạo ra các biên mỏng hơn
 - Các đạo hàm bậc 2 có đáp ứng mạnh hơn với các chi tiết nét, chẳng hạn như các đường mảnh
 - Đạo hàm bậc 1 có đáp ứng mạnh hơn với bước thay đổi độ sáng
 - Đạo hàm bậc 2 tạo ra đáp ứng kép ở bước thay đổi độ xám

- Thành công của cải thiện ảnh không thể đạt được với một phương pháp đơn lẻ
- Chúng ta kết hợp các kỹ thuật khác nhau để đạt được kết quả cuối cùng
- Ảnh bên cạnh thể hiện cải thiện của ảnh quét xương bên phải



...Lọc trong miền không gian - kết hợp



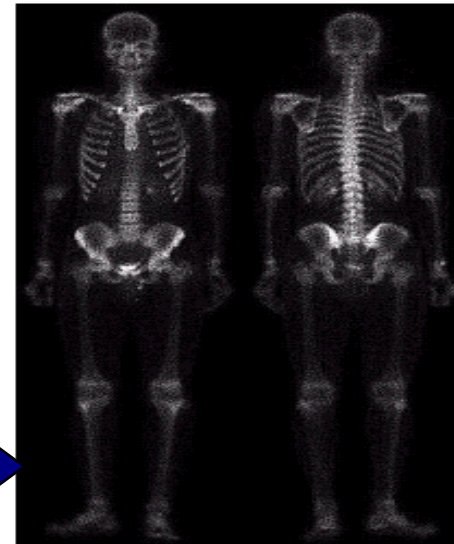
(a)

Lọc
Laplacian
(a)



(b)

Lọc sắc nét
bằng
cách lấy
(a) trừ (b)



(c)

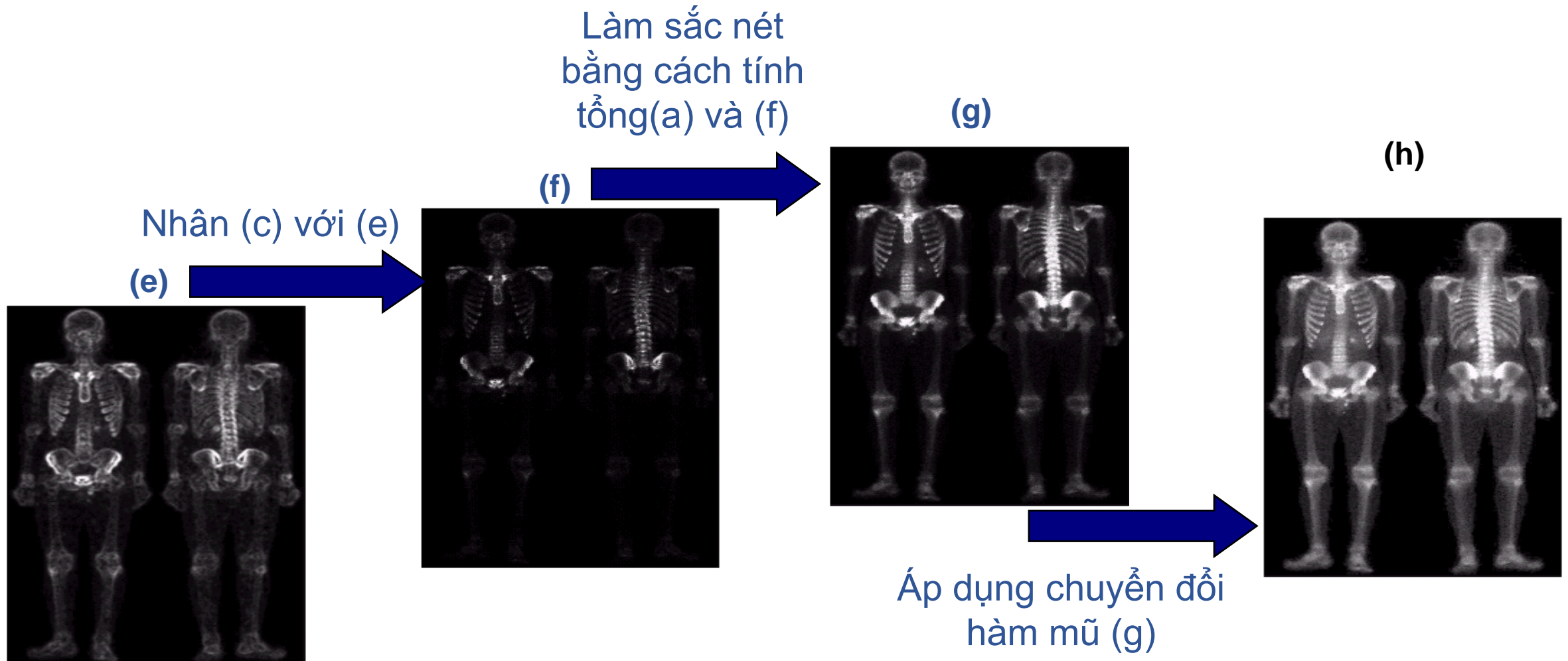
Lọc Sobel (a)



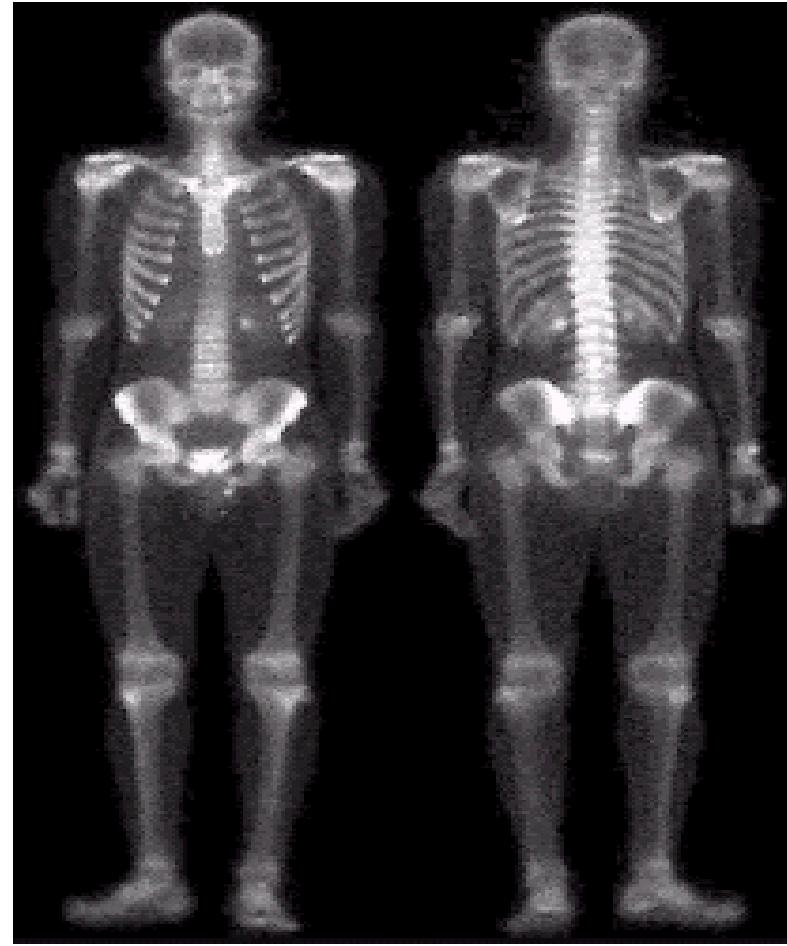
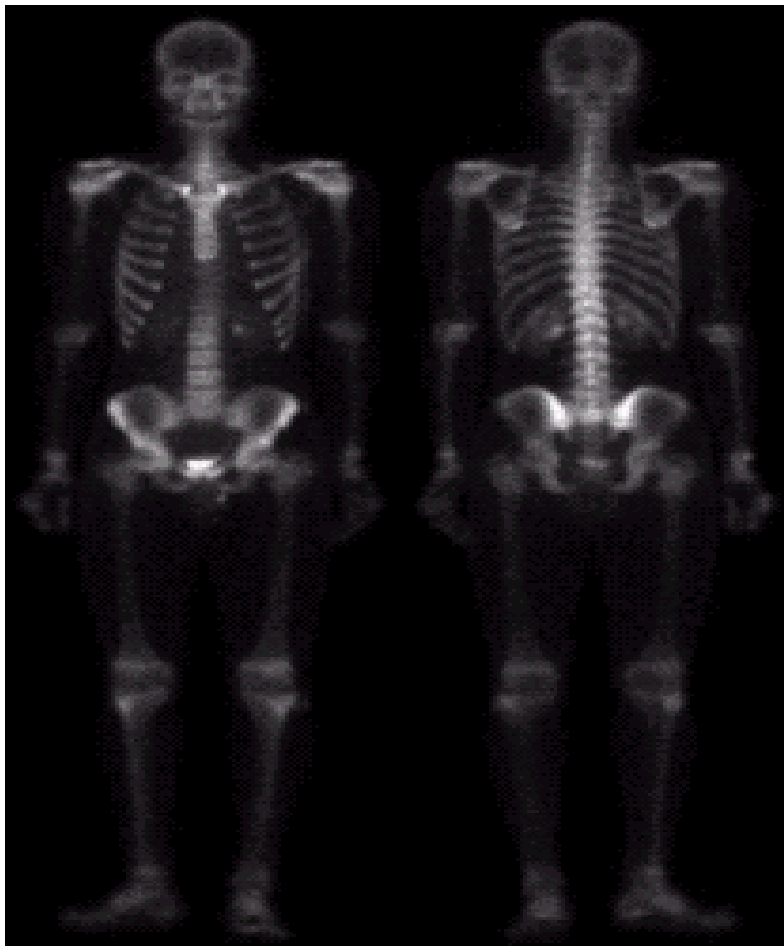
(d)

Lọc trung bình làm mịn (d)

...Lọc trong miền không gian - kết hợp



- So sánh ảnh gốc và ảnh kết quả sau cùng



NỘI DUNG

- Các kiểu nâng cấp ảnh
- Nâng cấp ảnh trong miền không gian
 - Các phép toán trên điểm ảnh
 - Kỹ thuật Histogram
 - Lọc trong miền không gian
- **Nâng cấp ảnh trong miền tần số**

Phần này sẽ trình bày cải thiện ảnh trong miền tần số:

- 3.3.1 Khái niệm về chuỗi Fourier - Biến đổi Fourier
- 3.3.2 Kỹ thuật lọc mịn ảnh (lọc thông thấp)
 - Ideal
 - Gauss
 - Butterworth
- 3.3.3 Kỹ thuật lọc sắc nét ảnh (lọc thông cao)
 - Ideal
 - Gauss
 - Butterworth
 - Laplace trong miền tần số





Thank You...!