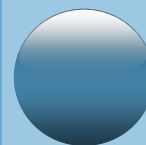




XỬ LÝ ẢNH & THỊ GIÁC MÁY TÍNH

*IMAGE PROCESSING AND
COMPUTER VISION*





CHƯƠNG 3: CÁC PHÉP XỬ LÝ CƠ BẢN

Histogram

Các phương pháp xử lý ảnh cơ bản



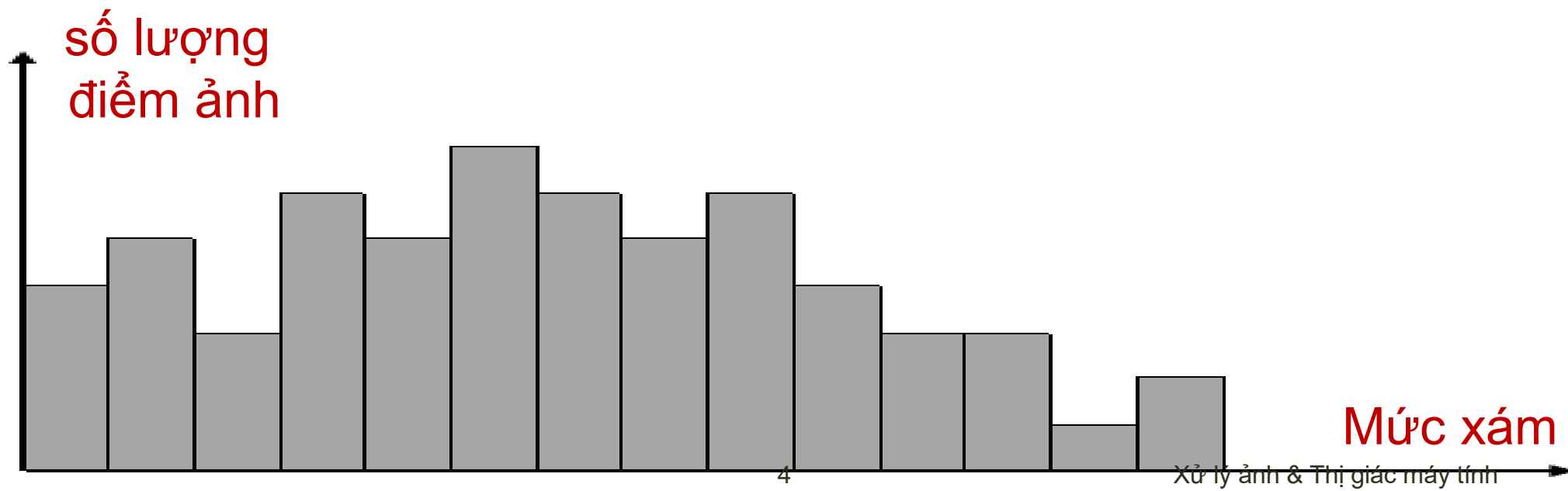
CHƯƠNG 3: CÁC PHÉP XỬ LÝ CƠ BẢN

Histogram

Các phương pháp xử lý ảnh cơ bản

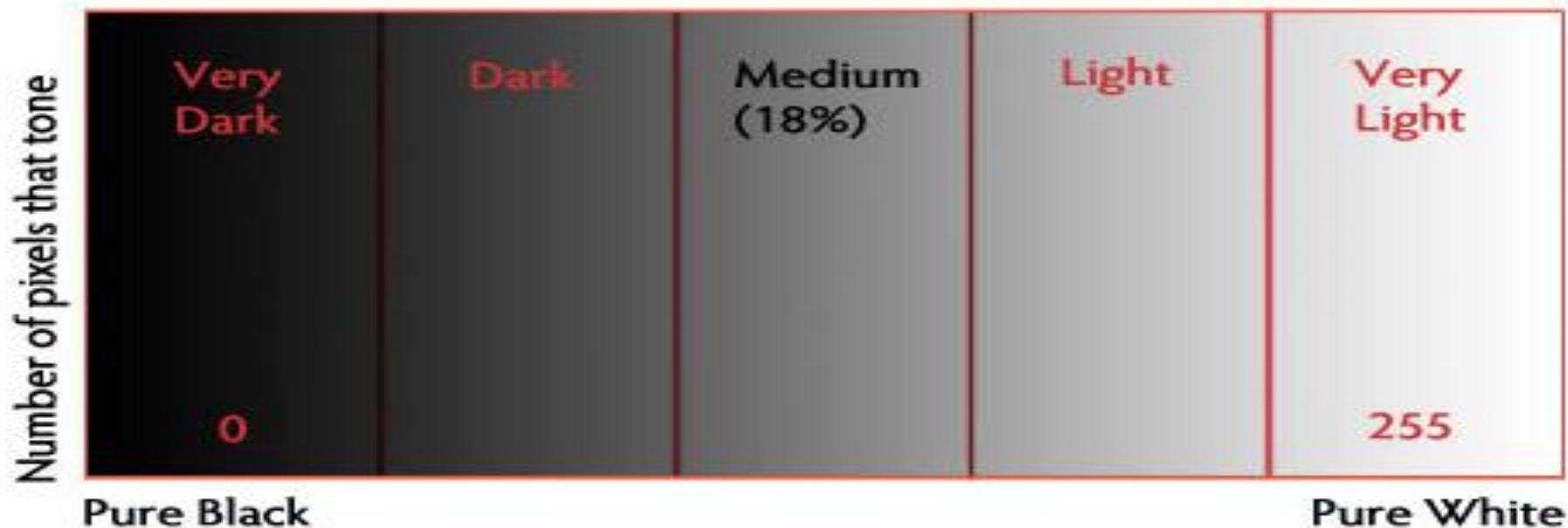
Histogram (lượt đồ/tổ chức đồ)

- **Histograms:** đồ thị mô tả mối quan hệ giữa **mức xám** và **số điểm ảnh** có chung mức xám.
- Biểu đồ biểu diễn **giá trị ánh sáng** theo dạng **2 chiều** - trong đó **chiều ngang** thể hiện **cường độ ánh sáng**, **chiều dọc** biểu thị **số lượng điểm ảnh** có độ sáng tương ứng với giá trị ở chiều ngang của biểu đồ.



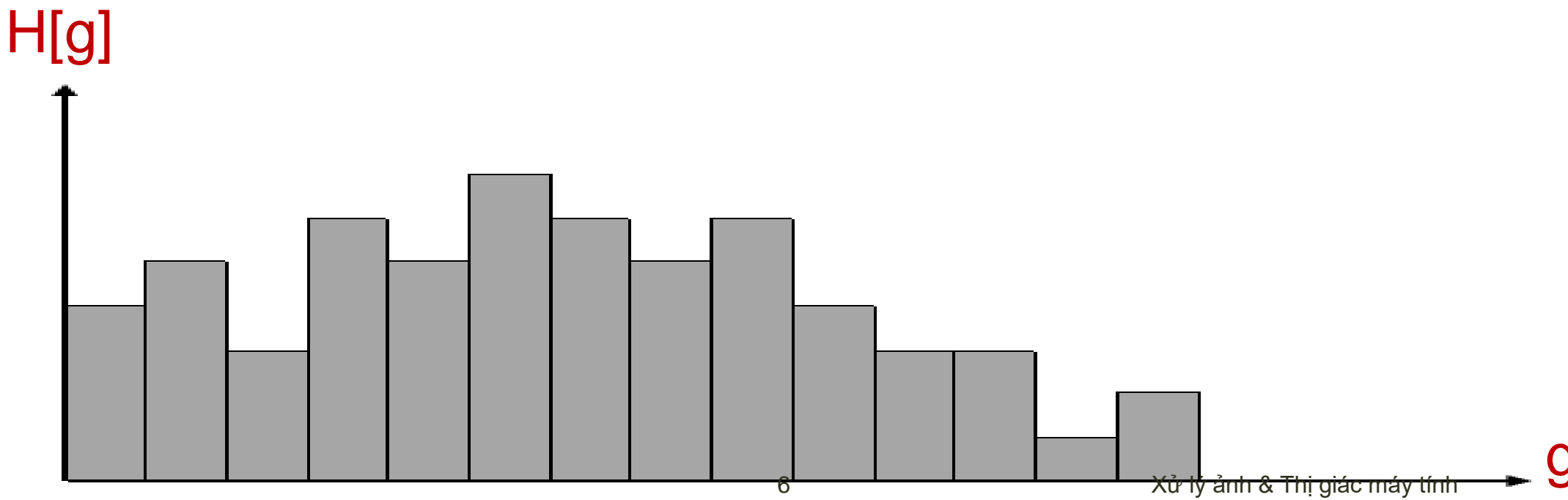
Histogram (lượt đồ/tổ chức đồ)

- Theo quy ước, thang ánh sáng chiều ngang của **Histograms** được chia thành **256** cấp độ liên tục.
 - Giá trị **0** bên **trái** biểu đồ tương ứng với **màu đen/vùng tối nhất**
 - Vùng **tâm** biểu đồ tương ứng cho **sắc độ xám 18% (midtones)**, đại diện cho khu vực **ánh sáng trung bình (mid-tone)**;
 - Bên **phải** biểu đồ là **màu trắng/vùng sáng nhất**, tương ứng với giá trị **255**.

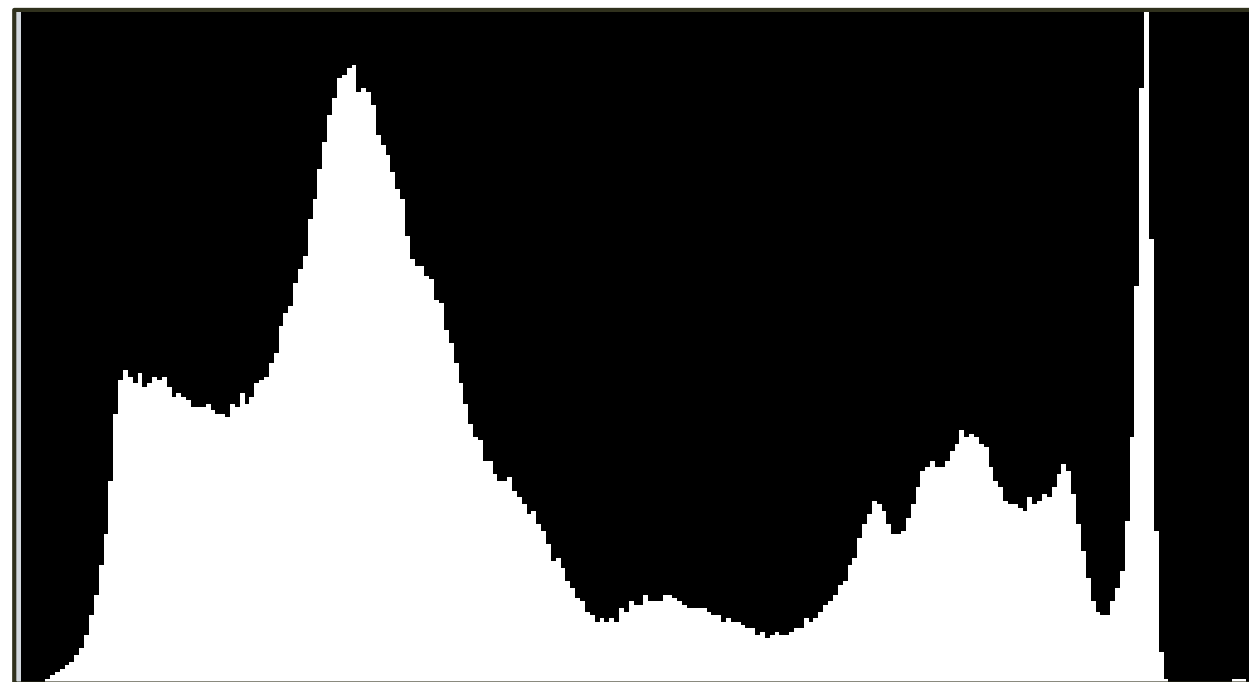


Histogram (lượt đồ/tổ chức đồ)

- Đếm **số lượng điểm ảnh** tương ứng với từng **mức xám**: $H[g]$ trong đó:
 - Giá trị của **H** là số điểm ảnh
 - **g**: cường độ mức xám ($0 \leq g \leq 255$)

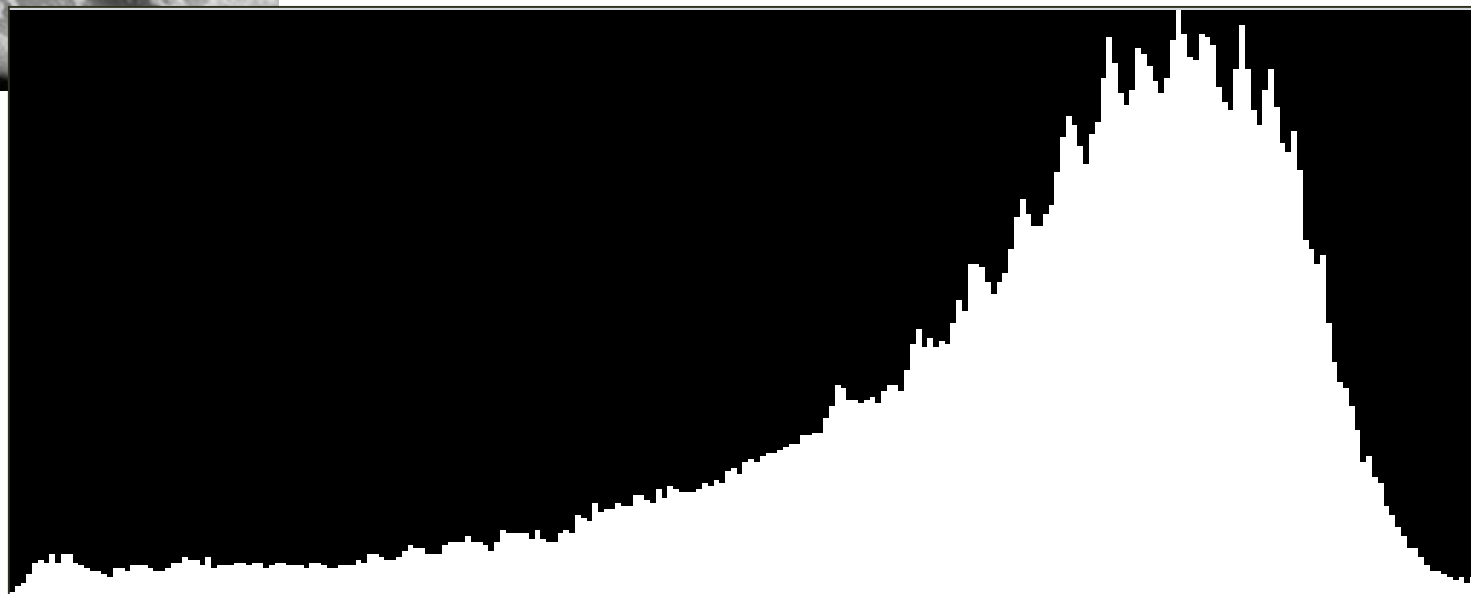


Histogram (lượt đồ/tổ chức đồ)



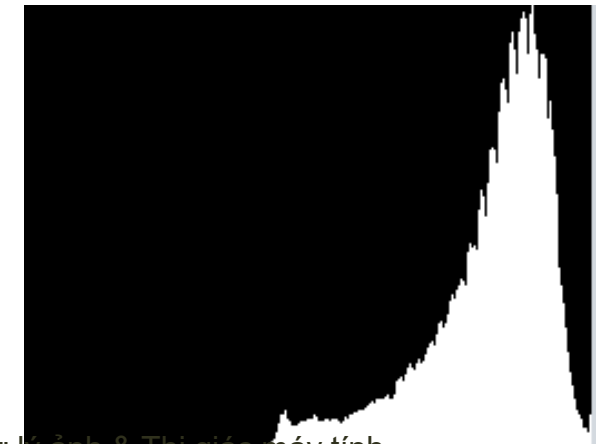
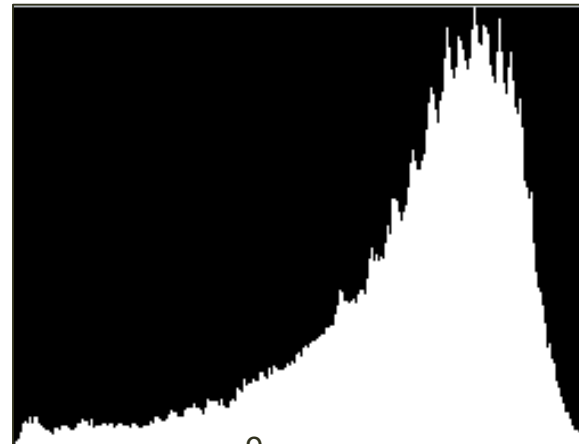


Histogram (lượt đồ/tổ chức đồ)



ĐỘ SÁNG TỐI CỦA ẢNH - BRIGHTNESS

Độ sáng tối: được tính bằng trung bình cường độ mức xám của toàn bộ ảnh.





ĐỘ SÁNG TƯƠNG PHẢN - CONTRAST

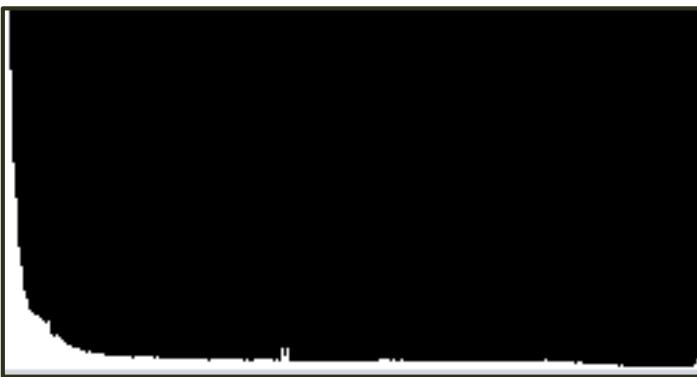
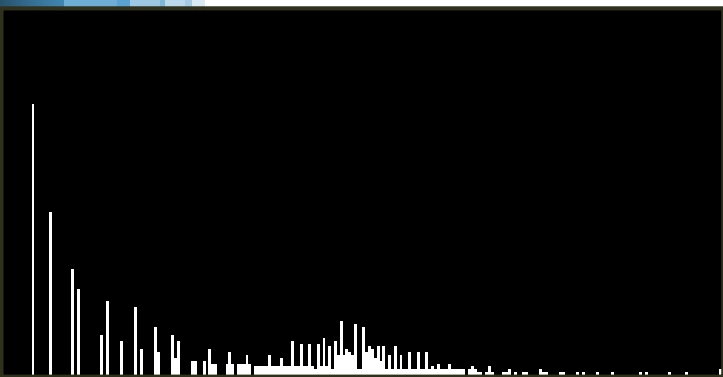
- Độ tương phản: biểu thị sự sai khác về cường độ mức xám giữa các chi tiết trong ảnh.
- Cách tính:
 - Tỷ lệ giữa hiệu và tổng mức xám lớn nhất và nhỏ nhất của ảnh

$$C = \frac{\max[I(x, y)] - \min[I(x, y)]}{\max[I(x, y)] + \min[I(x, y)]}$$

- Độ tương phản cũng được hiểu như sự rõ nét các chi tiết trong ảnh

ĐỘ SÁNG TƯƠNG PHẢN - CONTRAST

- Độ tương phản biểu thị sự phân biệt các vật thể trong ảnh



NHẬN XÉT

- ◉ Độ sáng – tối:

- Histogram lệch về bên trái: ảnh tối
- Histogram lệch về bên phải: ảnh sáng

- ◉ Độ tương phản:

- Histogram có chân hẹp (dày): ảnh không rõ nét
- Histogram có chân rộng (thưa): ảnh rõ nét



CHƯƠNG 3: CÁC PHÉP XỬ LÝ CƠ BẢN

Histogram

Các phương pháp xử lý ảnh cơ bản



CÁC PHÉP XỬ LÝ TRÊN ĐIỂM ẢNH

CHƯƠNG 3 CÁC PHÉP XỬ LÝ CƠ BẢN TRÊN HISTOGRAM

- Trượt tổ chức đồ
- Căng tổ chức đồ
- Sửa chữa tổ chức đồ
- San lấp tổ chức đồ



Cải thiện chất lượng ảnh

Trượt tổ chức đồ - Histogram Slide

- Trượt tổ chức đồ: làm tăng hoặc giảm cường độ xám của ảnh

$$O(x,y) = I(x,y) + n$$

$n < 0$: trượt ảnh về bên trái \Rightarrow ảnh tối hơn

$n > 0$: trượt ảnh về bên phải \Rightarrow ảnh sáng hơn

- Chú ý: Kết quả của $O(x,y)$ có thể $O(x,y) > 255$ hoặc $O(x,y) < 0$

Phương án?

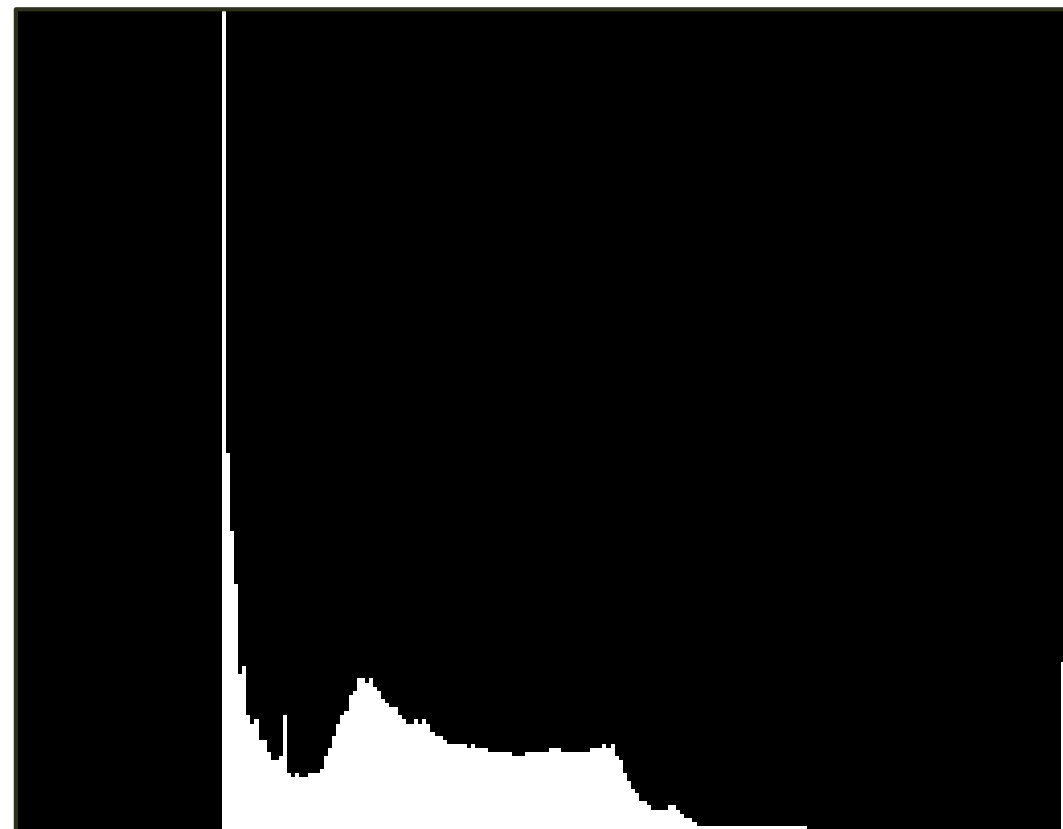
CHƯƠNG 3 CÁC PHÉP XỬ LÝ CƠ BẢN TRÊN HISTOGRAM – xử lý trên điểm ảnh

- Kết quả với $n=50$



CHƯƠNG 3 CÁC PHÉP XỬ LÝ CƠ BẢN TRÊN HISTOGRAM

- Kết quả với $n=50$



Căng tổ chức đồ - Histogram Stretching

- Căng tổ chức đồ: làm thay đổi độ tương phản của ảnh

$$O(x,y) = I(x,y) \times n$$

với $n > 0$

- $n < 1$: thu hẹp chân tổ chức đồ \Rightarrow giảm độ tương phản của ảnh
- $n > 1$: mở rộng chân tổ chức đồ \Rightarrow tăng độ tương phản của ảnh



Căng tổ chức đồ - Histogram Stretching

- Căng tổ chức đồ: $n < 1$





Căng tổ chức đồ - Histogram Stretching

- Căng tổ chức đồ: $n > 1$



Cải thiện độ tương phản

- Biến đổi tuyến tính: kết hợp giữa **trượt** và **căng** Histogram
→ Histogram tối ưu

$$g(x,y) = \frac{f(x,y) - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} * 2^{bpp}$$

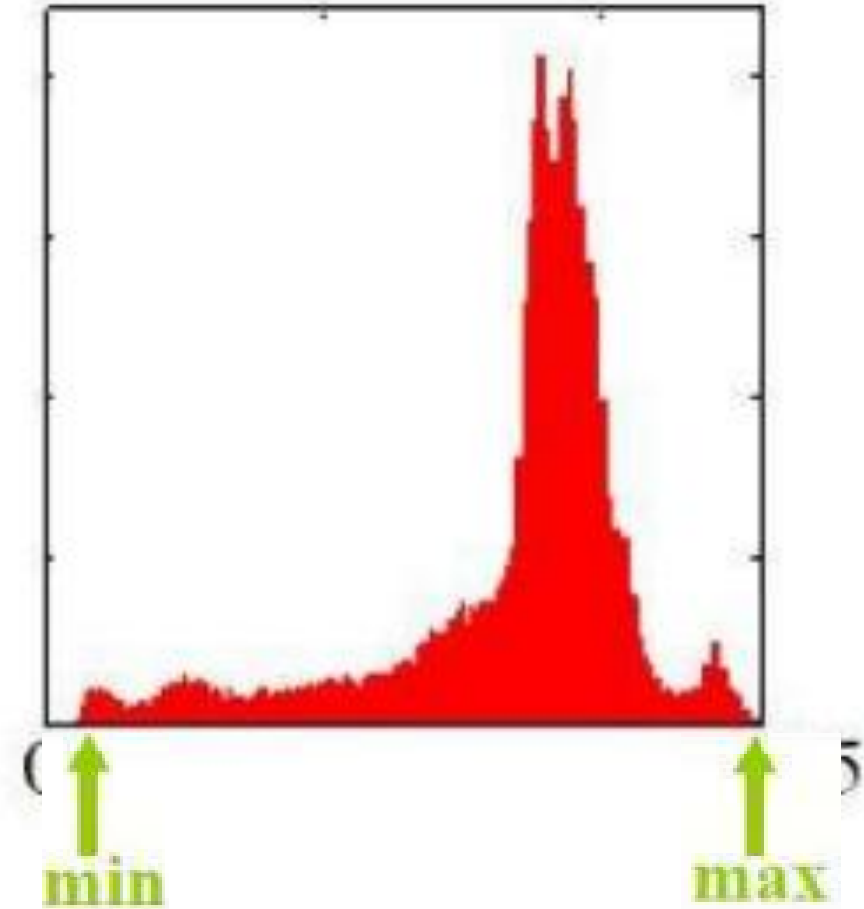
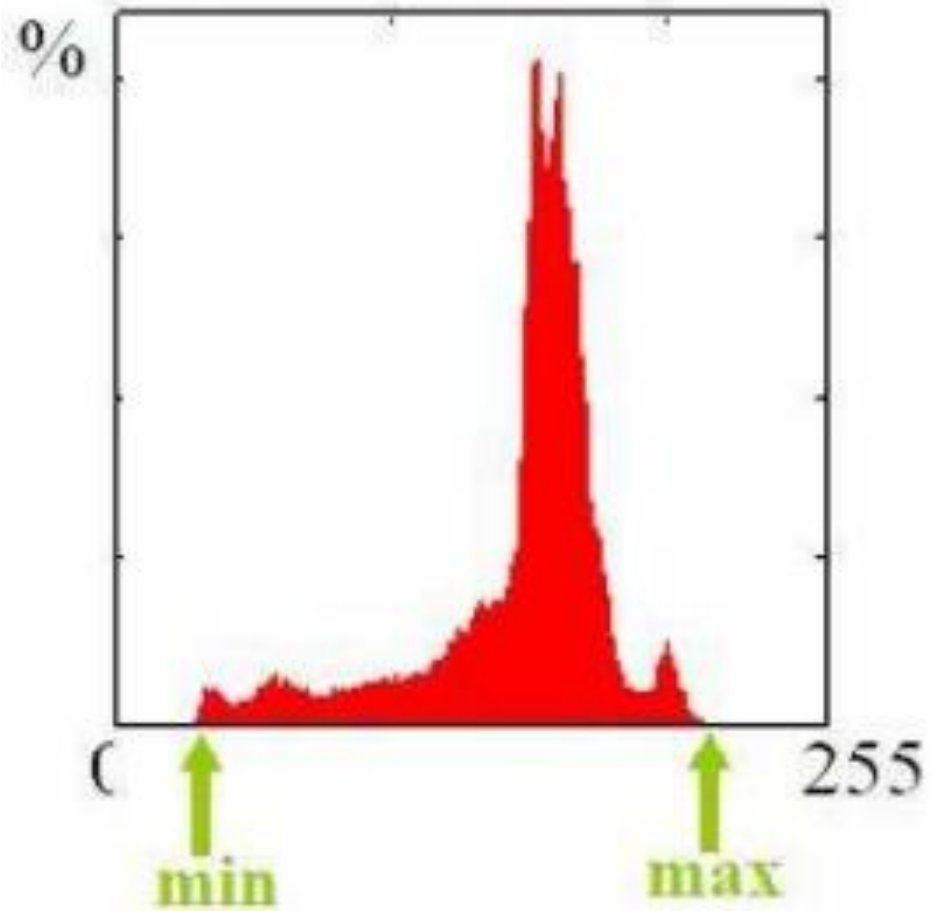
Với:

- $2^{bpp} = 2^8 - 1 = 255$ (ảnh xám dùng 8bit để biểu thị cường độ xám)
- $f(x,y)$ giá trị điểm ảnh trước tính toán
- $g(x,y)$ giá trị sau tính toán
- f_{\min} : cường độ điểm ảnh tối nhất
- f_{\max} : cường độ điểm ảnh sáng nhất

Cải thiện độ tương phản



Cải thiện độ tương phản



Cải thiện độ tương phản – Biến đổi tuyến tính

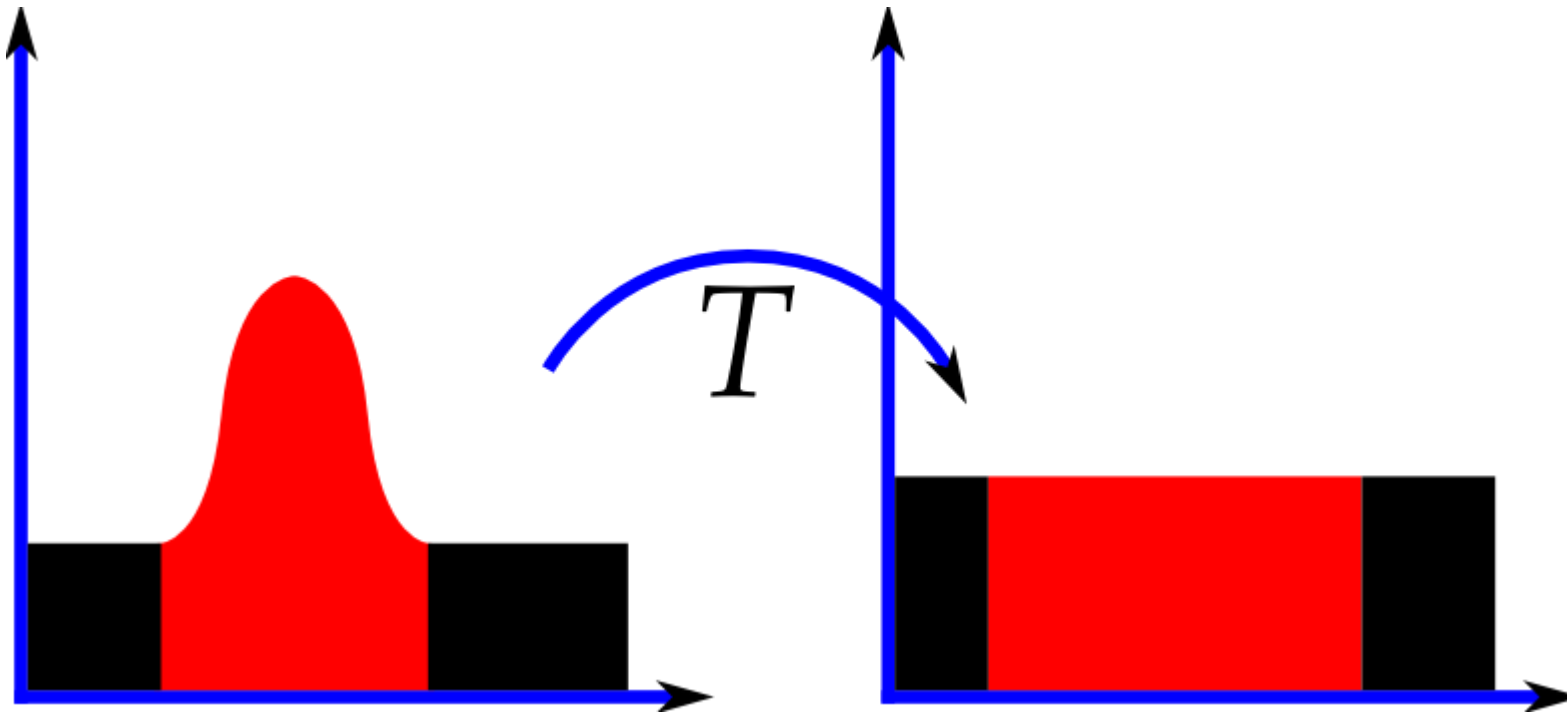
- Lưu ý:
 - fmin: 0
 - fmax: 255

$$g(x, y) = \frac{f(x, y) - 0}{255 - 0} * 255$$



Cải thiện độ tương phản – Cân bằng tổ chức đồ (Histogram equalization)

- Cân bằng Histogram: điều chỉnh sự phân bố mức xám của ảnh



Cải thiện độ tương phản – Cân bằng tổ chức đồ (Histogram equalization)

• Phương pháp:

- Tính $h(x)$: số điểm ảnh có chung mức xám
- Chuẩn hóa Histogram theo công thức: $h_n(x) = h(x)/n$ với n là tổng số điểm ảnh.
- Tính hàm mật độ xác xuất chuẩn hóa

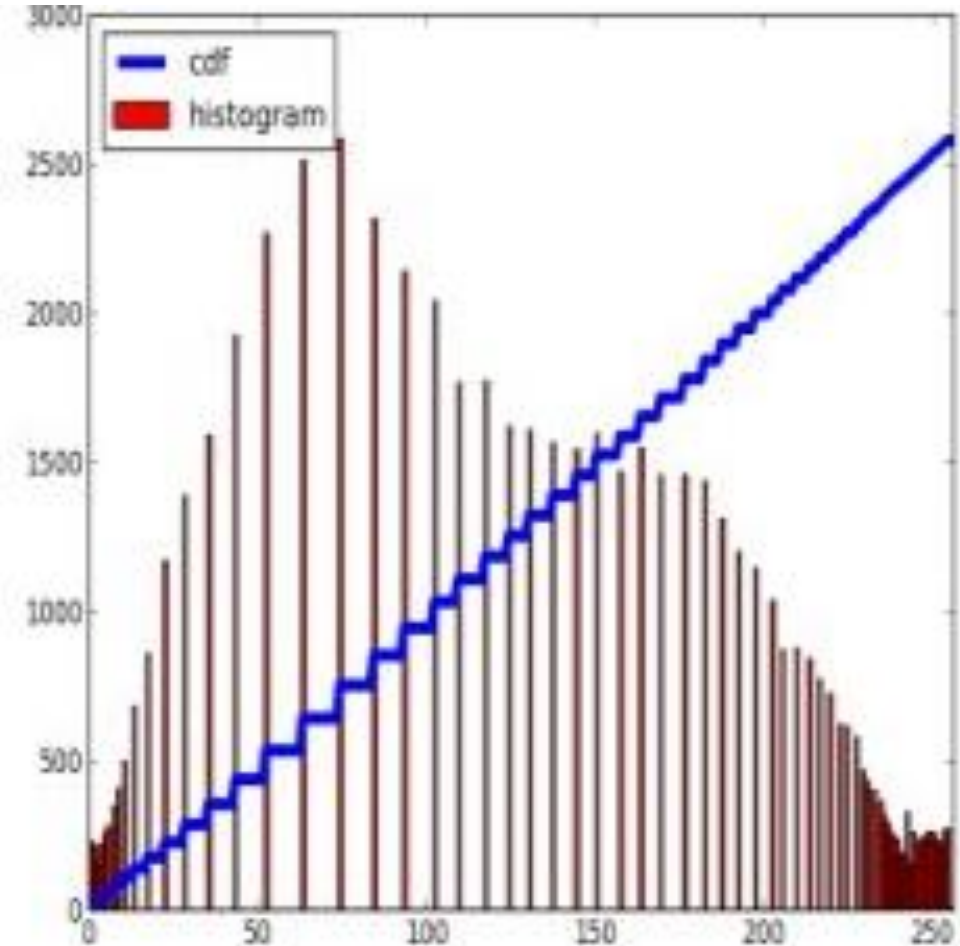
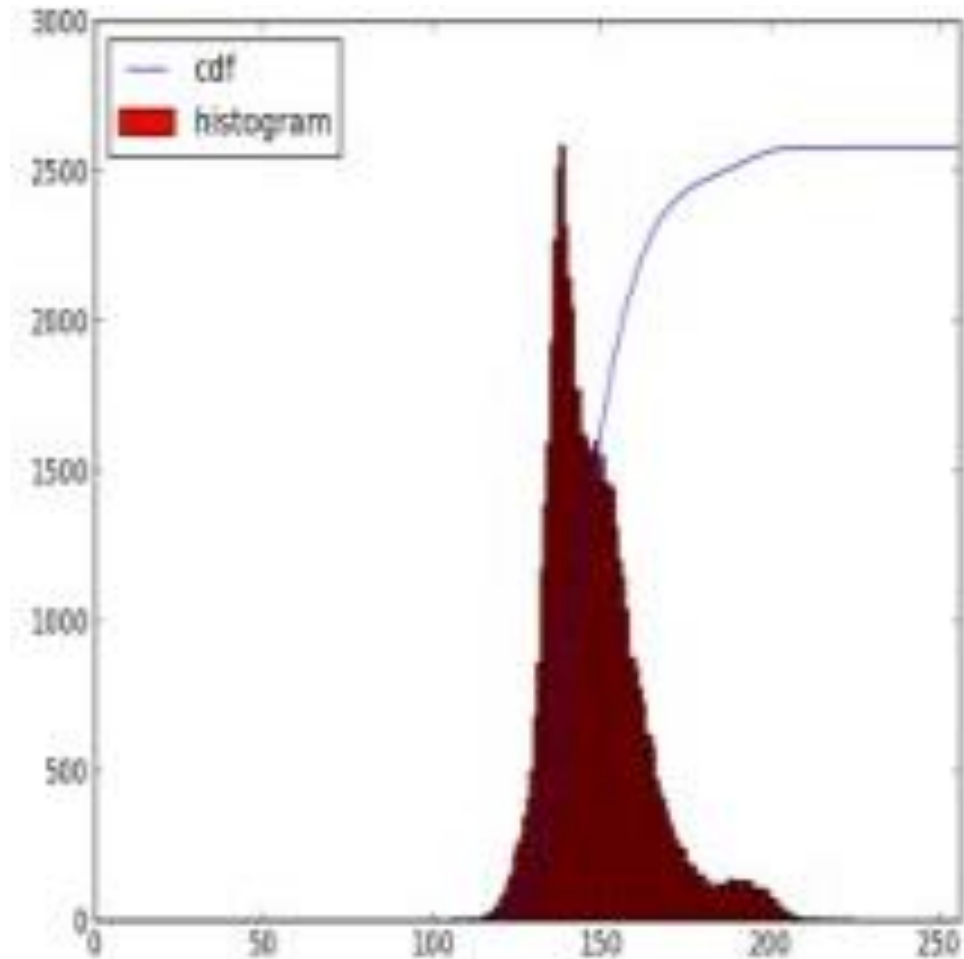
$$C(i) = \sum_{j=0}^i h_n(j) \quad i \in [0, 255]$$

- Tính lại giá trị cho từng điểm ảnh:

$$O(x,y) = \text{round} (C(I(x,y)) * 255)$$

Cải thiện độ tương phản – Cân bằng tổ chức đồ (Histogram equalization)

• Ảnh kết quả



Cải thiện độ tương phản – Cân bằng tổ chức đồ (Histogram equalization)

- Ảnh kết quả



Phân ngưỡng - Thresholding

- Chuyển ảnh xám về ảnh nhị phân

$$O(x, y) \begin{cases} 255 & \text{nếu } I(x, y) \geq c \\ 0 & \text{nếu } I(x, y) < c \end{cases}$$

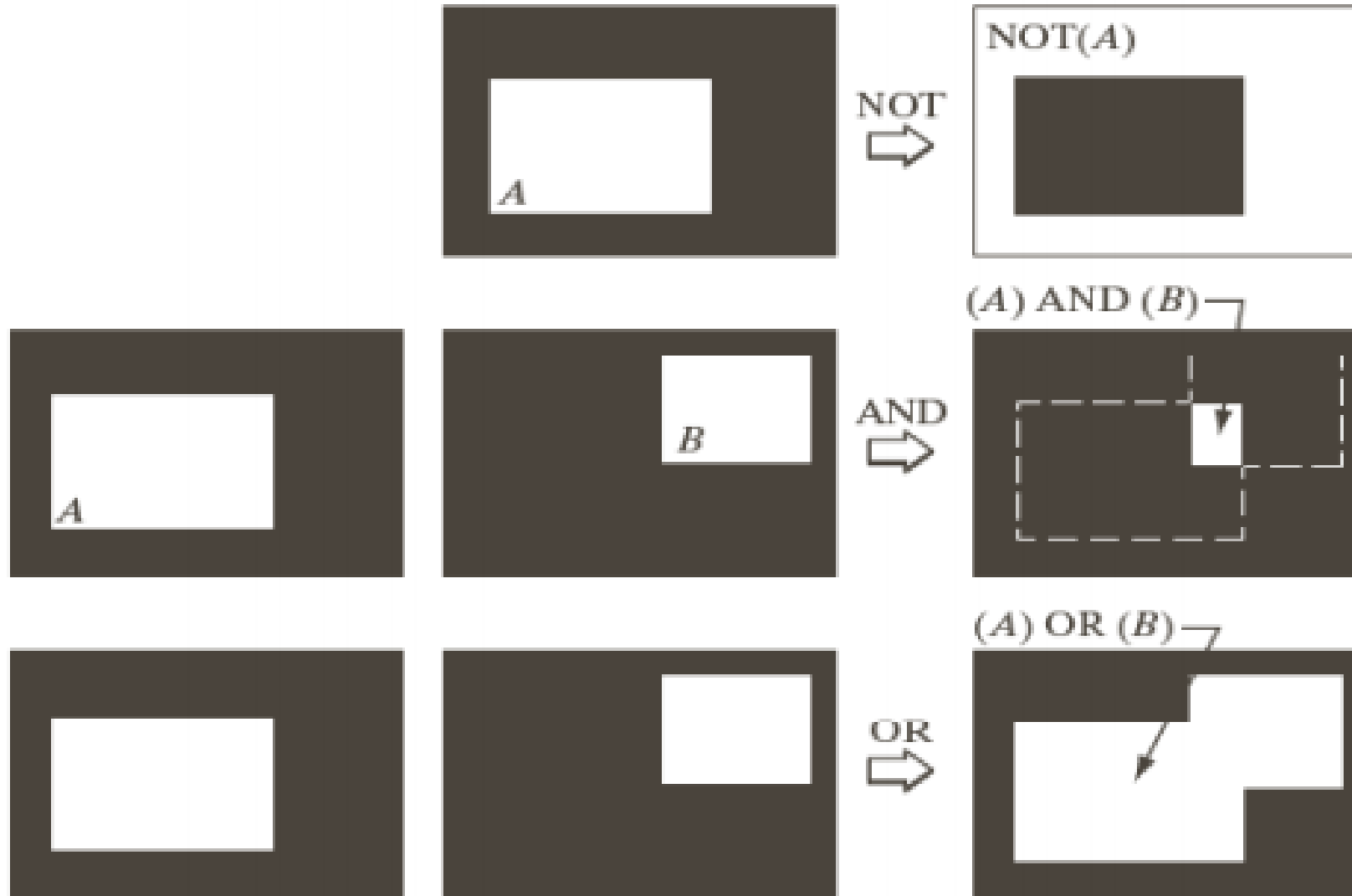
c : giá trị phân ngưỡng



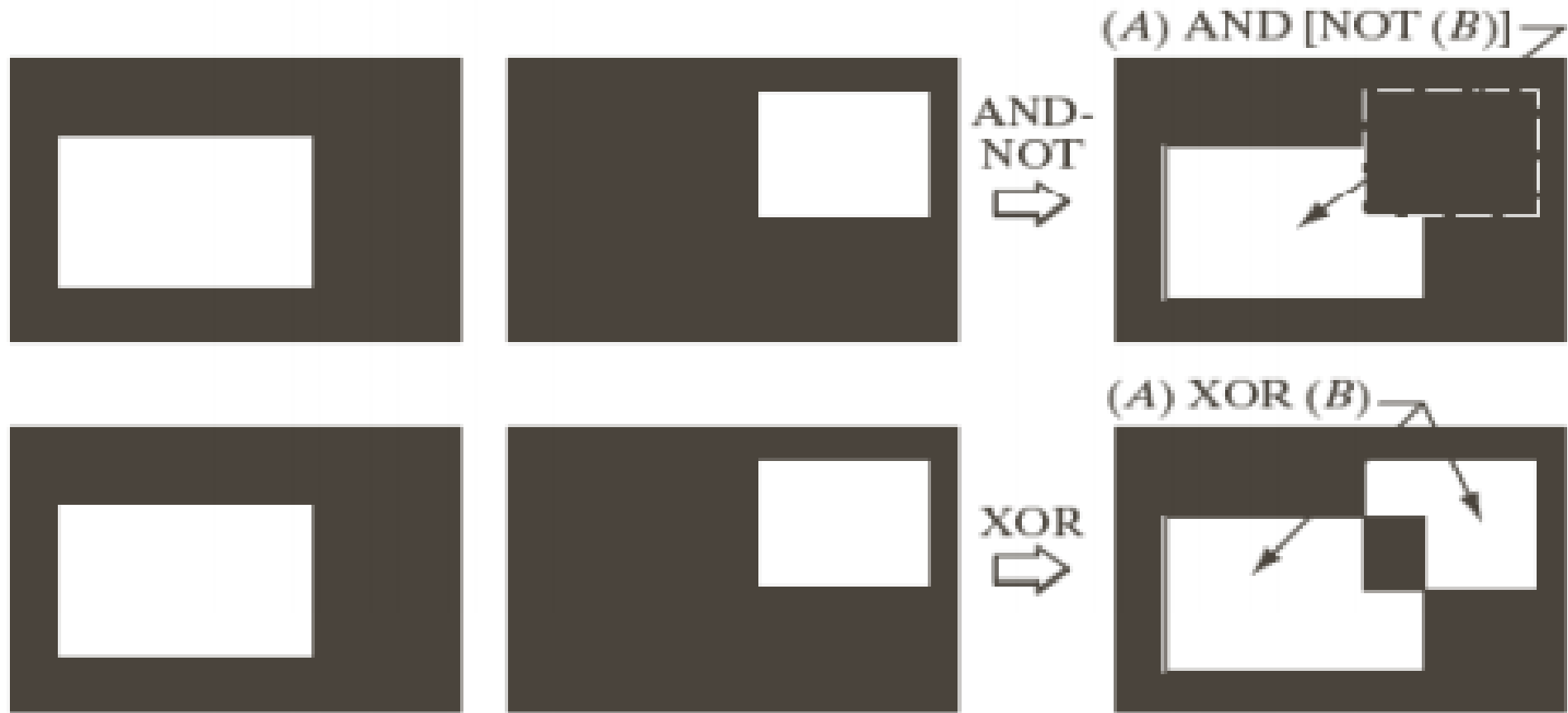
Phân ngưỡng - Thresholding



MỘT SỐ PHÉP TOÁN LOGIC TRÊN ẢNH NHỊ PHÂN



MỘT SỐ PHÉP TOÁN LOGIC TRÊN ẢNH NHỊ PHÂN





PHÉP CỘNG HAI ẢNH

- Mục đích:
 - Làm tăng độ sáng của ảnh khi cộng với chính ảnh đó
 - Giảm nhiễu
- Phương pháp: cộng từng pixel tương ứng của 2 ảnh

$$O(x,y) = \min (I(x,y) + J(x,y), 255)$$

Chú ý: hai ảnh I, J phải có cùng kích thước



PHÉP TRỪ HAI ẢNH

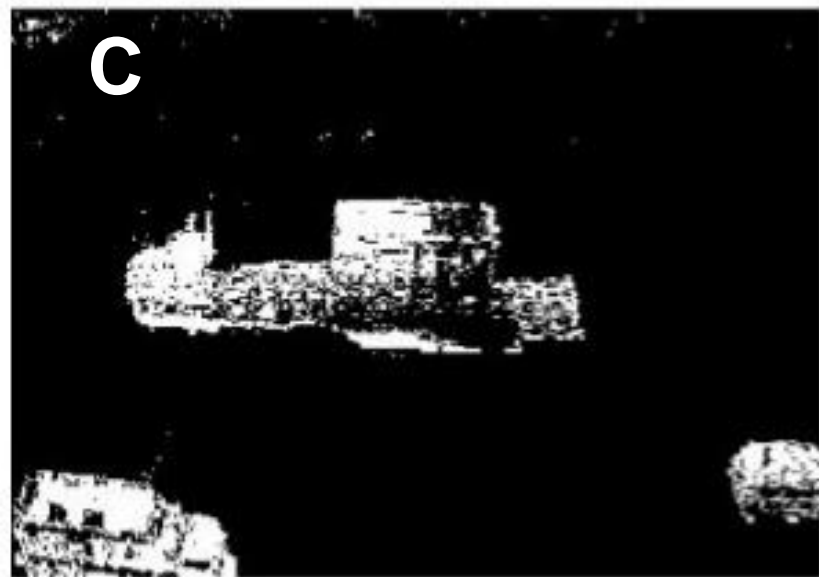
- Mục đích: phát hiện lỗi hoặc phát hiện chuyển động
- Phương pháp: trừ từng pixel tương ứng của 2 ảnh

$$O(x,y) = \max (I(x,y) - J(x,y), 0)$$

*Chú ý: hai ảnh **I**, **J** phải có cùng kích thước*



PHÉP TRỪ HAI ẢNH



- $A = f(x,y)$
- $B = g(x,y)$
- $C = f(x,y) - g(x,y)$
- $D = g(x,y) - f(x,y)$



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Phương pháp tích chập (*Convolution*)
 - Tích chập là phép toán tuyến tính, cho ra kết quả là một hàm $g(x,y)$ bằng việc tính toán dựa trên hai hàm đã có $f(x,y)$ và $h(x,y)$
 - Ứng dụng: xóa nhiễu, làm mờ ảnh

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Các thành phần của phép tích chập
 - Ma trận *kernel* (bộ lọc/mặt nạ chập).
 - Điểm neo (*anchor point*) của kernel sẽ quyết định vùng ma trận tương ứng trên ảnh để tích chập, thông thường anchor point được chọn là tâm của *kernel*.
 - Giá trị mỗi phần tử trên *kernel* được xem như là hệ số tổ hợp với lần lượt từng giá trị độ xám của điểm ảnh trong vùng tương ứng với *kernel*.

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

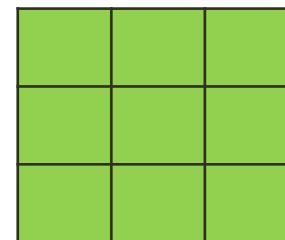
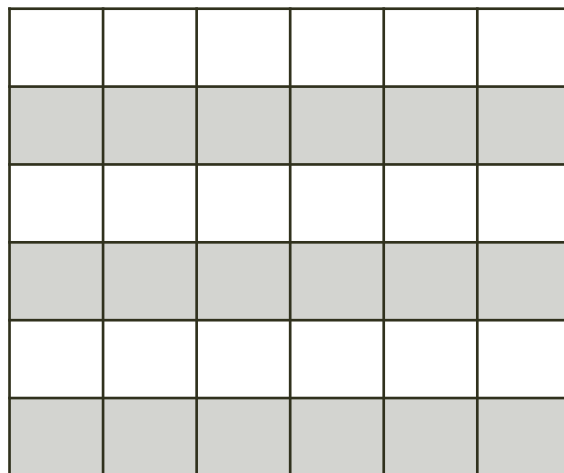
- Phép tích chập được thực hiện bằng việc dịch chuyển ma trận kernel lần lượt qua tất cả các điểm ảnh trong ảnh, bắt đầu từ góc trên bên trái của ảnh.
- *Anchor point* sẽ được đặt tương ứng tại điểm ảnh đang xét.
- Ở mỗi lần dịch chuyển, thực hiện tính toán kết quả mới cho điểm ảnh đang xét bằng công thức tích chập.

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Tích chập rời rạc 2 chiều:

Mặt nạ chập $M(u,v)$ là các hình vuông, kích thước lẻ (3×3 , 5×5 , 7×7)

Ảnh $I(x,y)$



Mặt nạ chập
 $M(u,v)$

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- $$O(1,1) = I(0,0)*M(0,0) + I(1,0)*M(1,0) + I(2,0)*M(2,0) \\ + I(0,1)*M(0,1) + I(1,1)*M(1,1) + I(2,1)*M(2,1) \\ + I(0,2)*M(0,2) + I(1,2)*M(1,2) + I(2,2)*M(2,2)$$

I

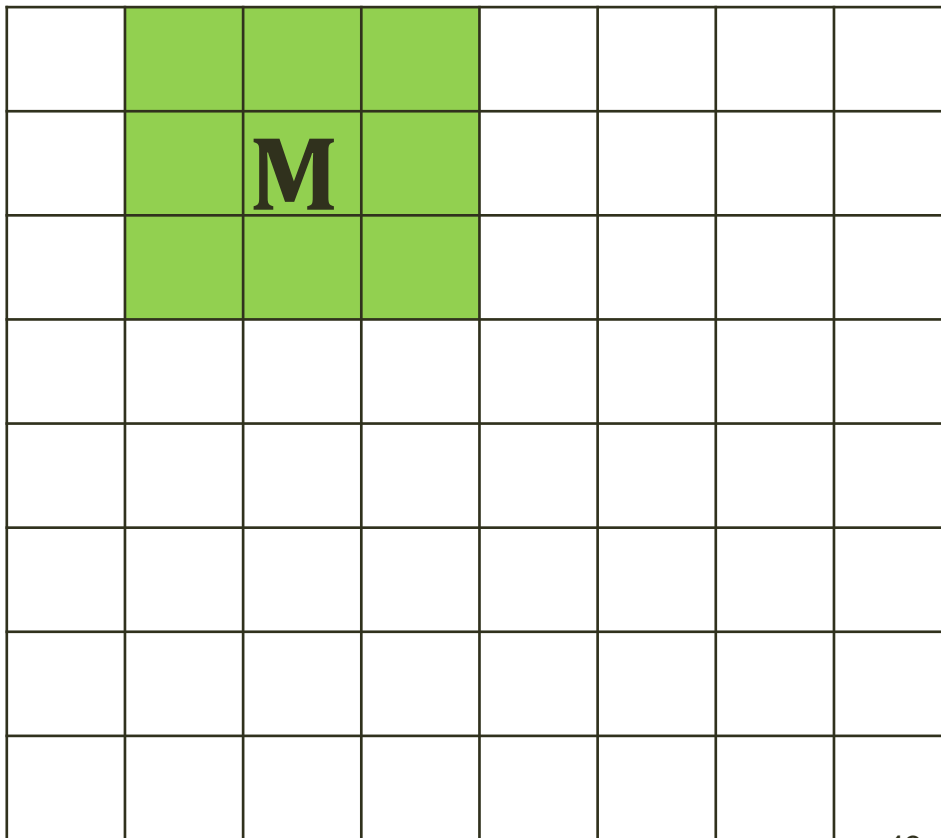
M

O

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

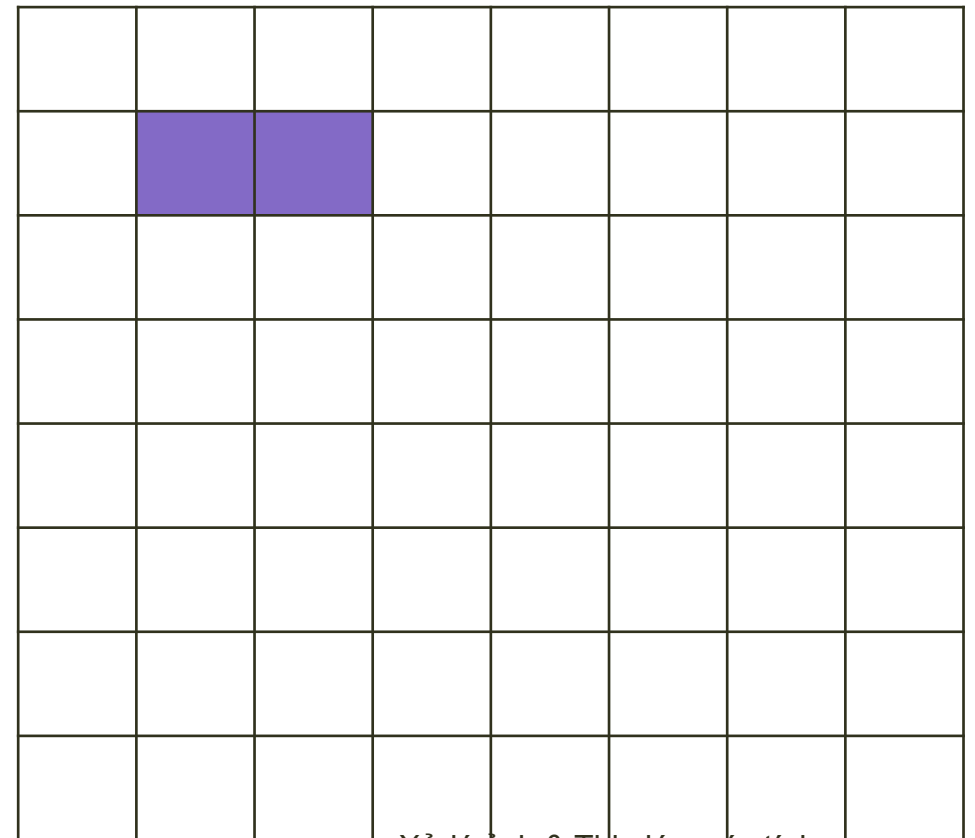
• $O(2,1) = ???$

I



43

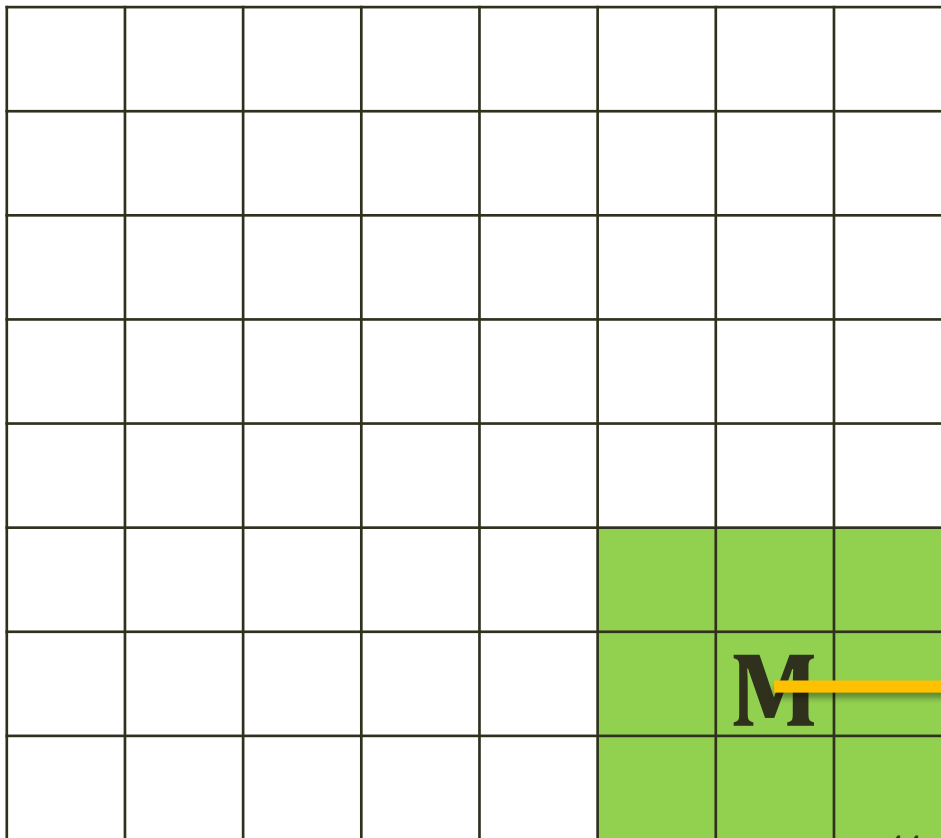
O



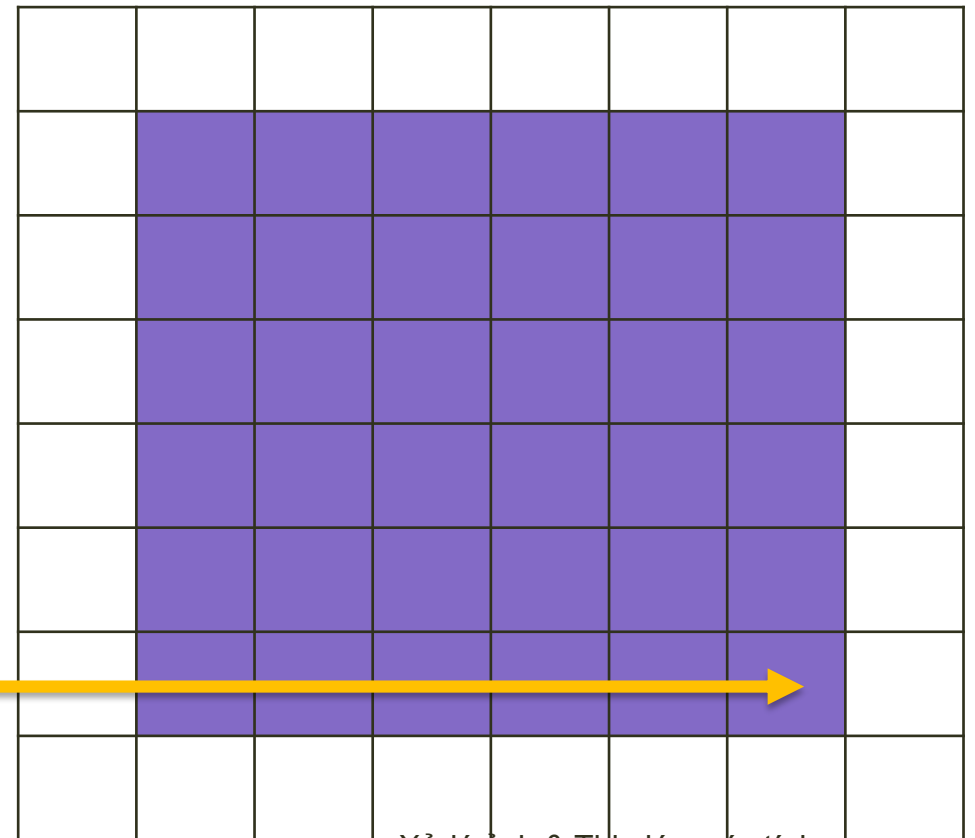
CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- $O(M-1, N-1) = ???$

I

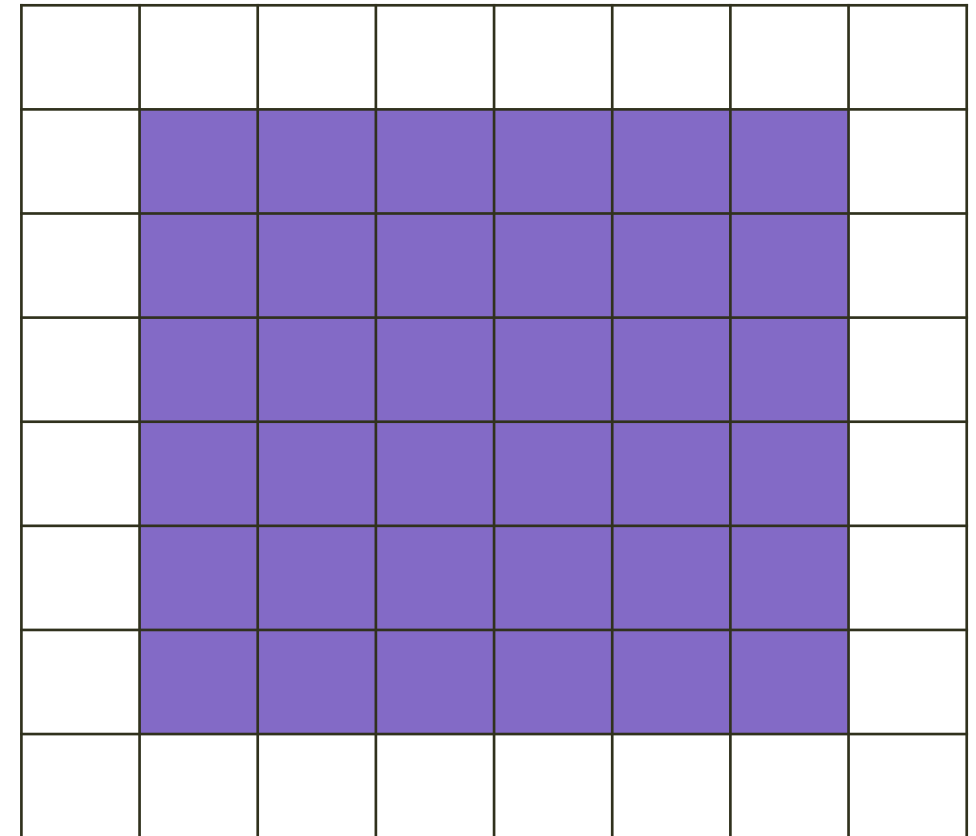


O



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Giải quyết biên của ảnh:

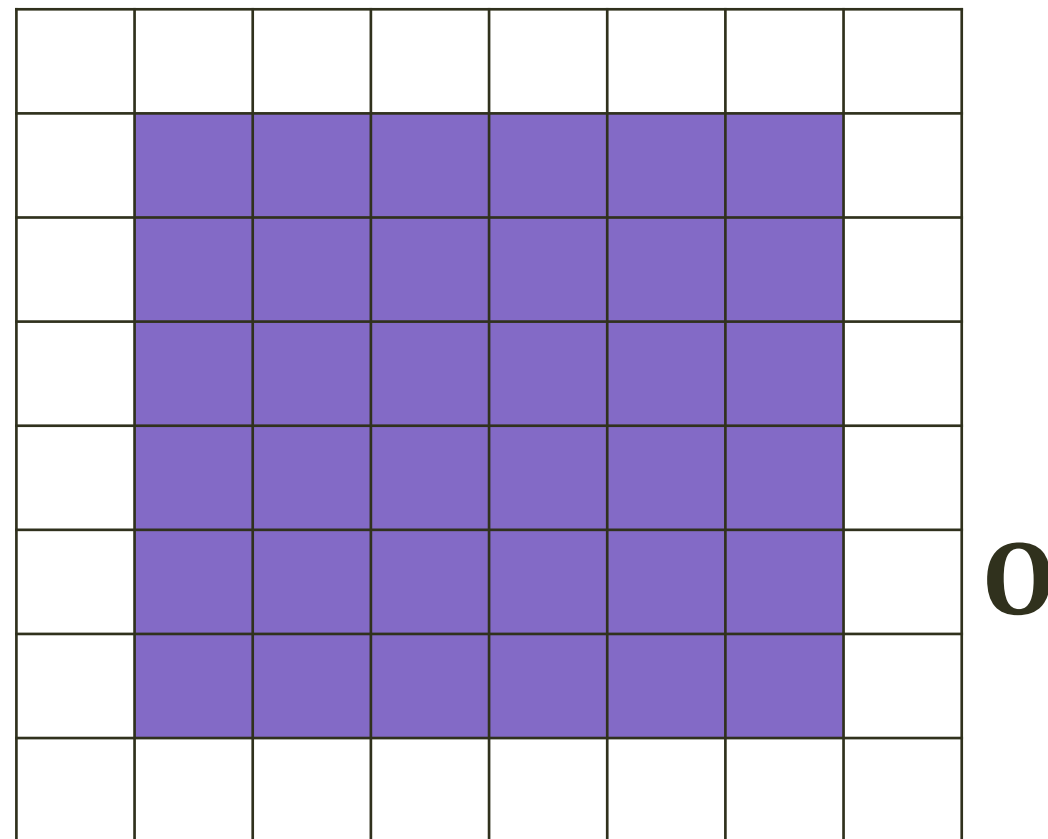


0

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

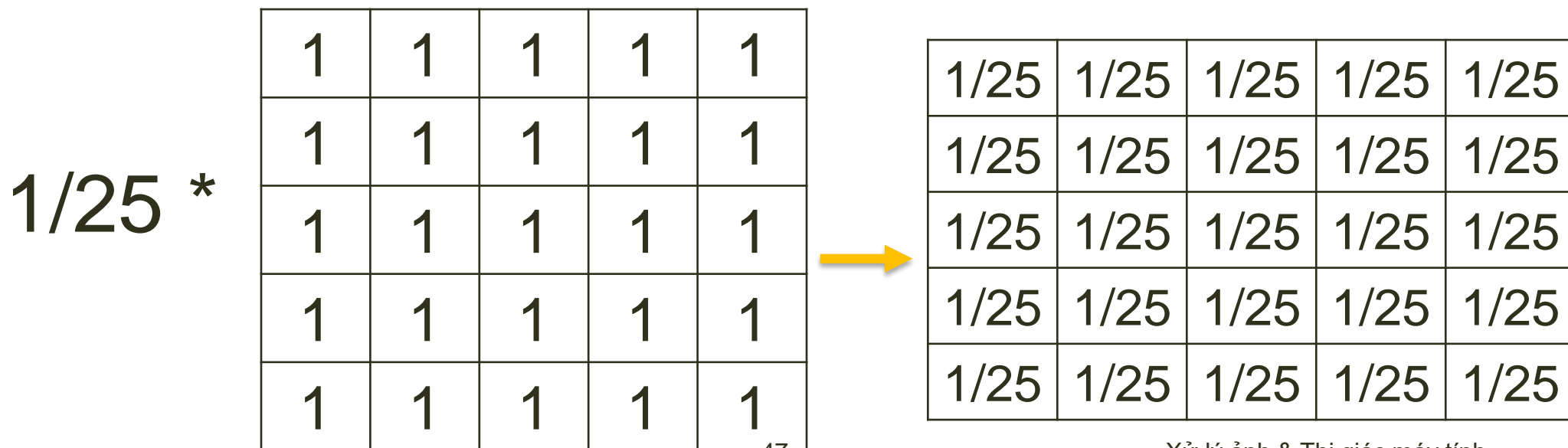
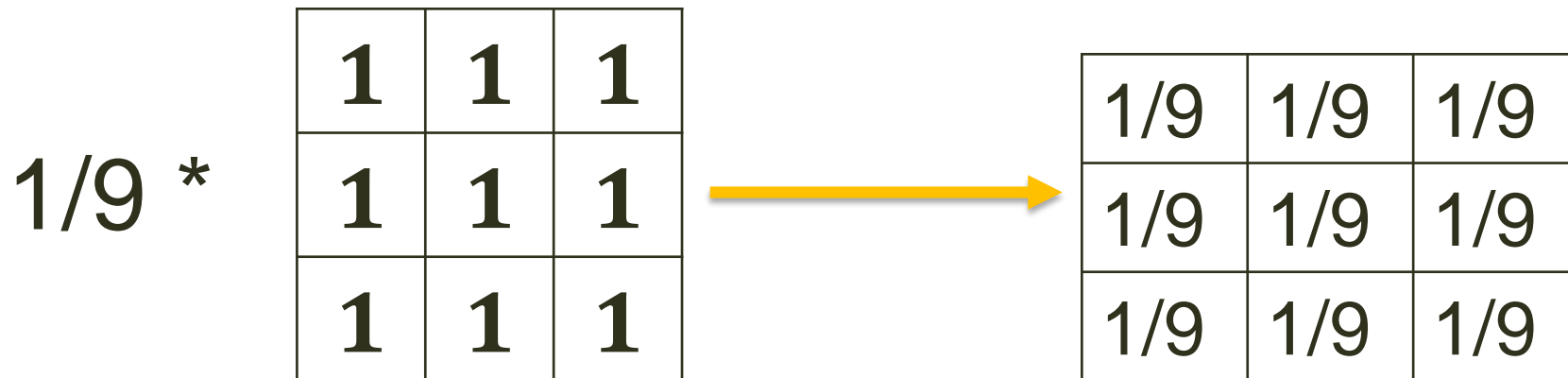
- Giải quyết biên của ảnh:

- Gán $= 0$
- Tích chập một phần
- ...



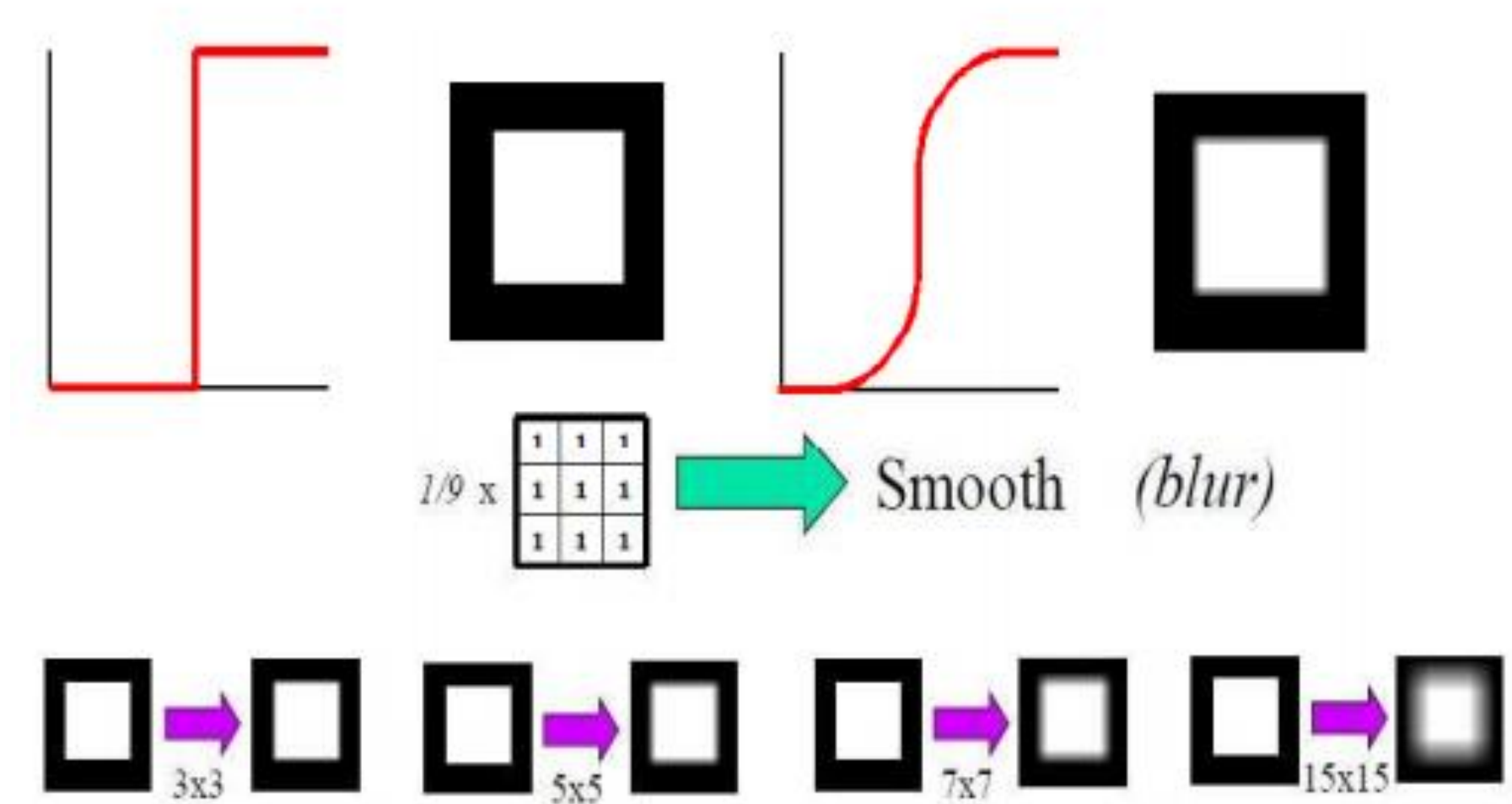
CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Bộ lọc trung bình: bộ lọc có tất cả các trọng số đều bằng nhau



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

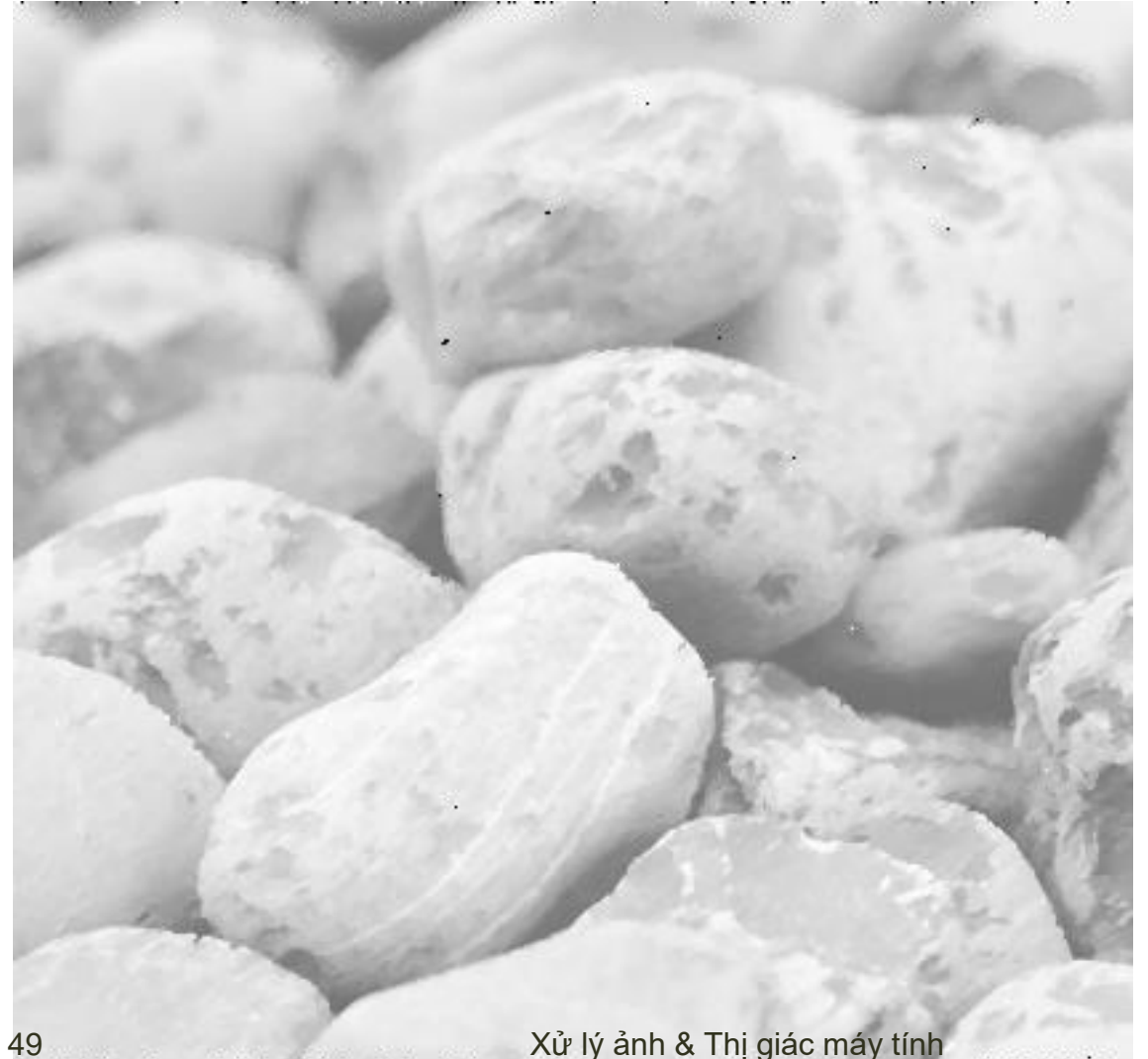
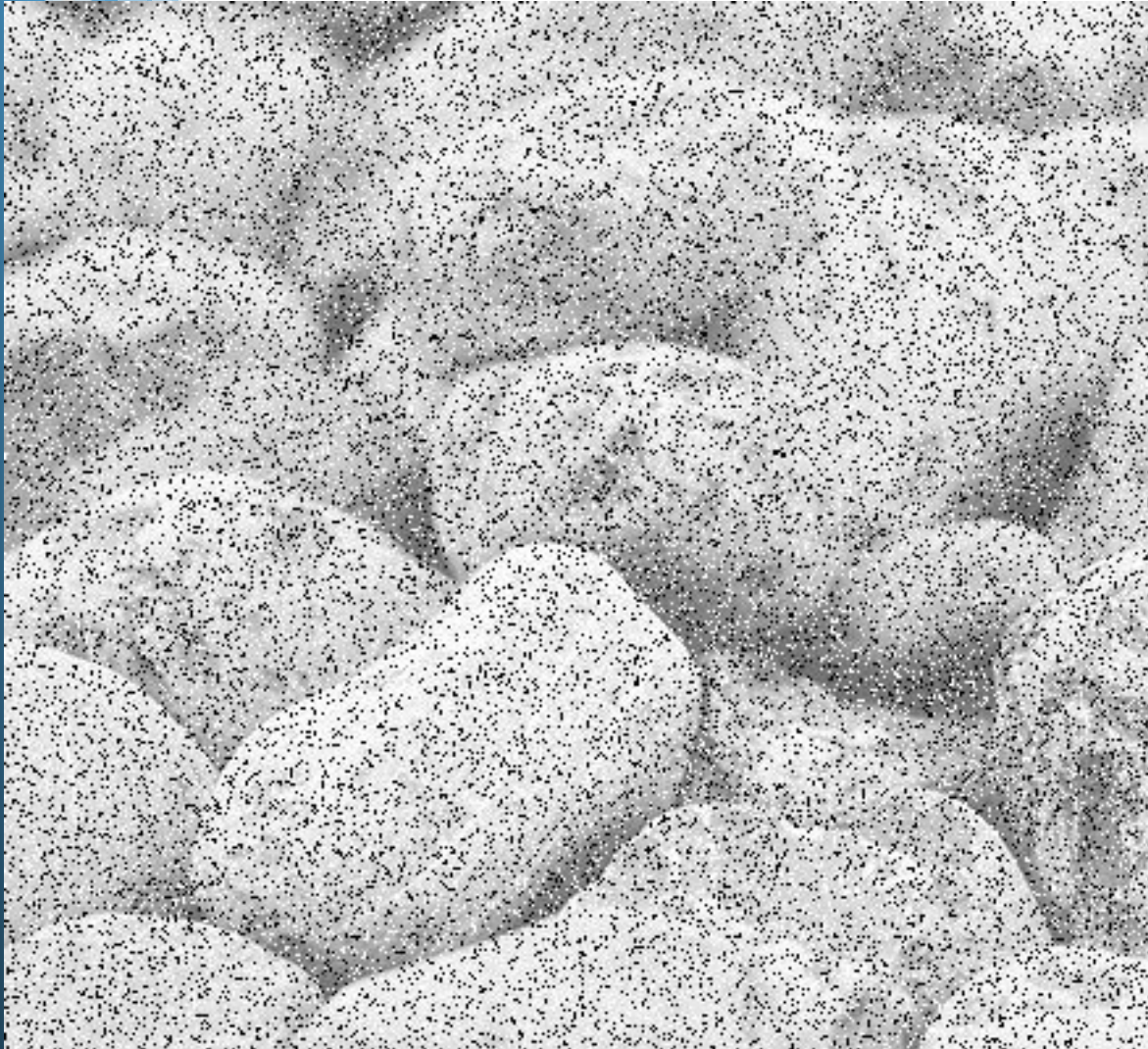
- Bộ lọc trung bình: bộ lọc có tất cả các trọng số đều bằng nhau



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

• Mean filter - Bộ lọc trung bình:

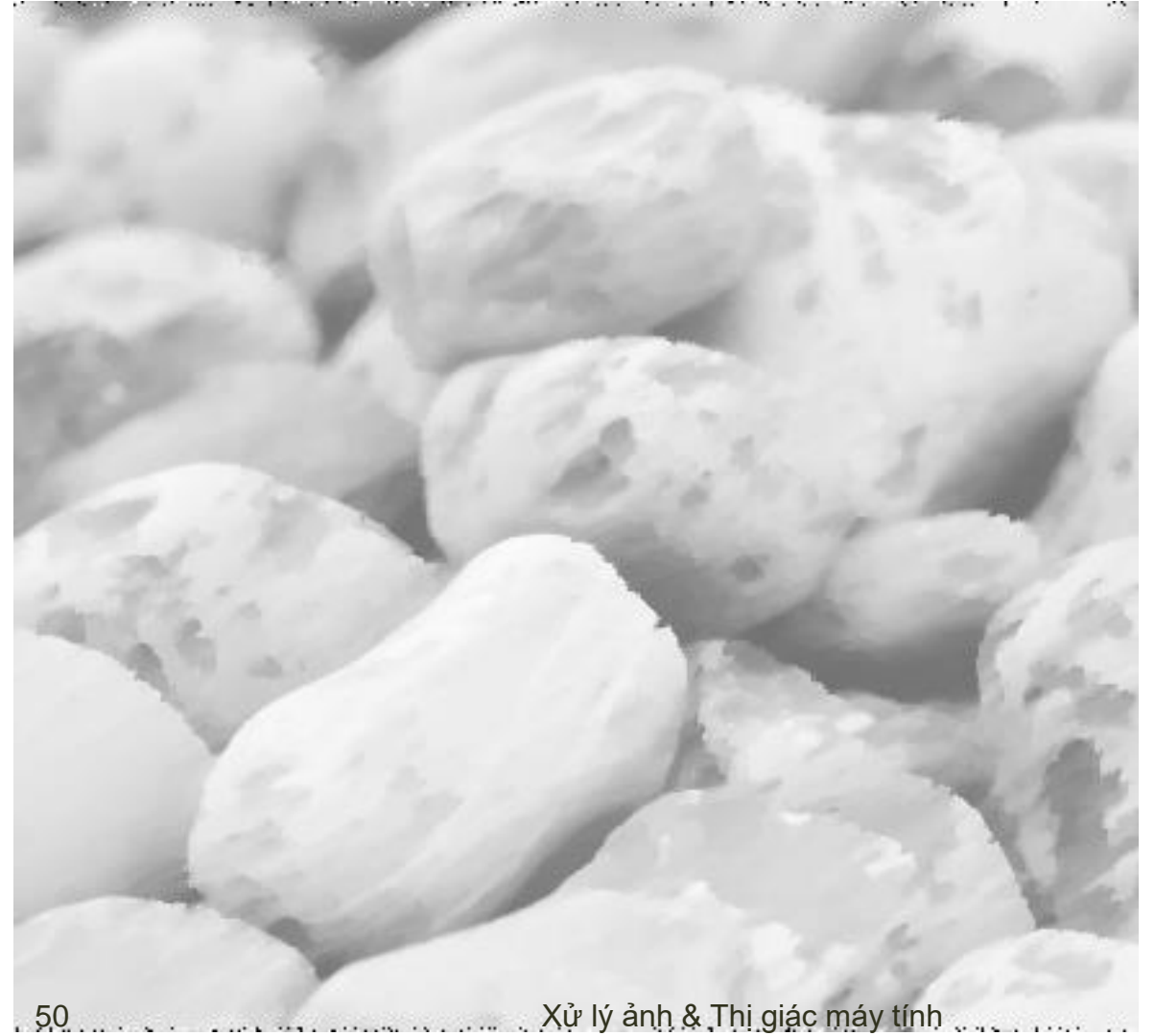
3x3



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Bộ lọc trung bình:

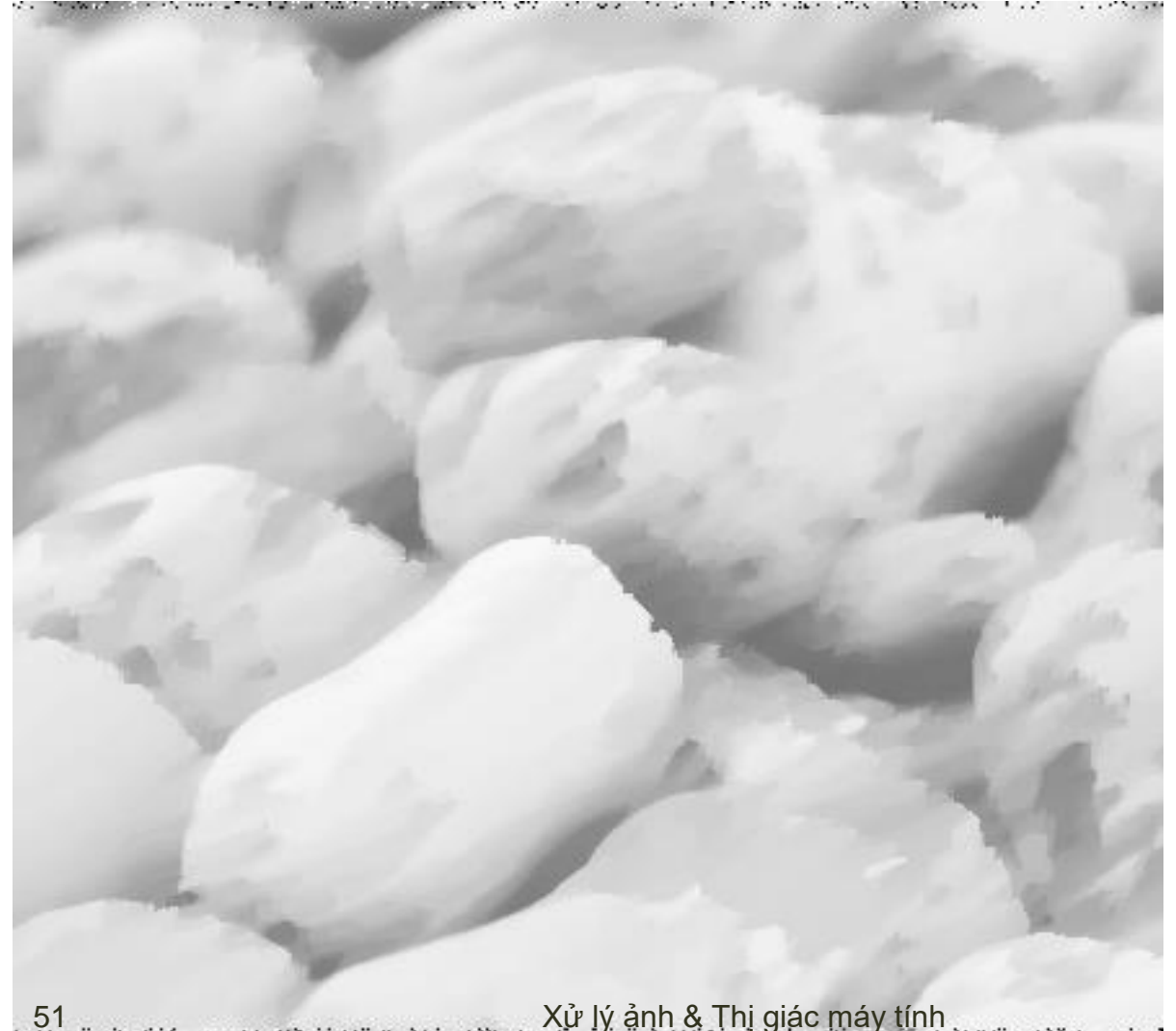
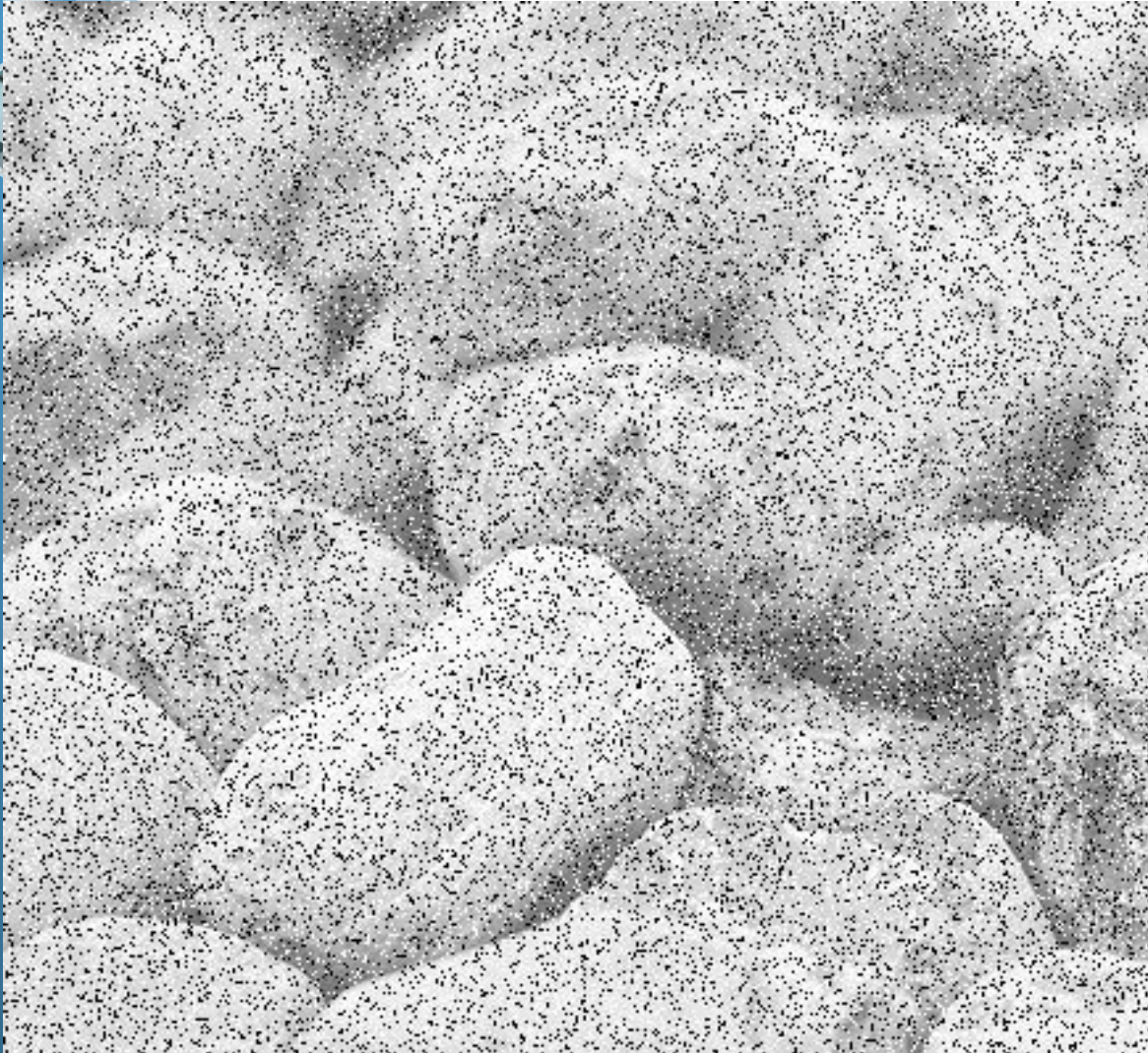
5x5



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Bộ lọc trung bình:

7x7



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- Bộ lọc trung bình:



3x3



11x11



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

- **Bộ lọc Median - Lọc trung vị:** khá hiệu quả đối với nhiễu đốm (speckle noise) và nhiễu muối tiêu (salt-pepper noise)
- Phương pháp: Sử dụng một bộ lọc (ma trận 3×3) quét qua lần lượt từng điểm ảnh của ảnh đầu vào input.
 - Tại vị trí mỗi điểm ảnh đang xét lấy giá trị của các điểm ảnh tương ứng trong vùng 3×3 của ảnh gốc gán giá trị vào ma trận lọc.
 - Sắp xếp các điểm ảnh trong ma trận theo thứ tự (tăng dần/ giảm dần tùy ý).
 - Gán điểm ảnh nằm chính giữa (Trung vị) của dãy giá trị điểm ảnh đã được sắp xếp cho giá trị điểm ảnh đang xét của ảnh đầu ra output.

Lưu ý: khi lập trình là với ma trận 2 chiều 3×3 nên gán tất cả các giá trị qua mảng 1 chiều gồm 9 phần tử.

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

• Bộ lọc Median - Lọc trung vị: ví dụ

12	23	50	16	35	45	120	180	211
23	43	56	33	89	120	123	245	233
34	32	46	68	56	89	45	120	180
23	43	56	33	89	120	123	124	210
34	32	46	68	56	89	45	156	219
11	24	23	43	56	33	89	120	123
23	45	34	32	46	68	56	89	45
24	45	23	43	56	33	89	120	123

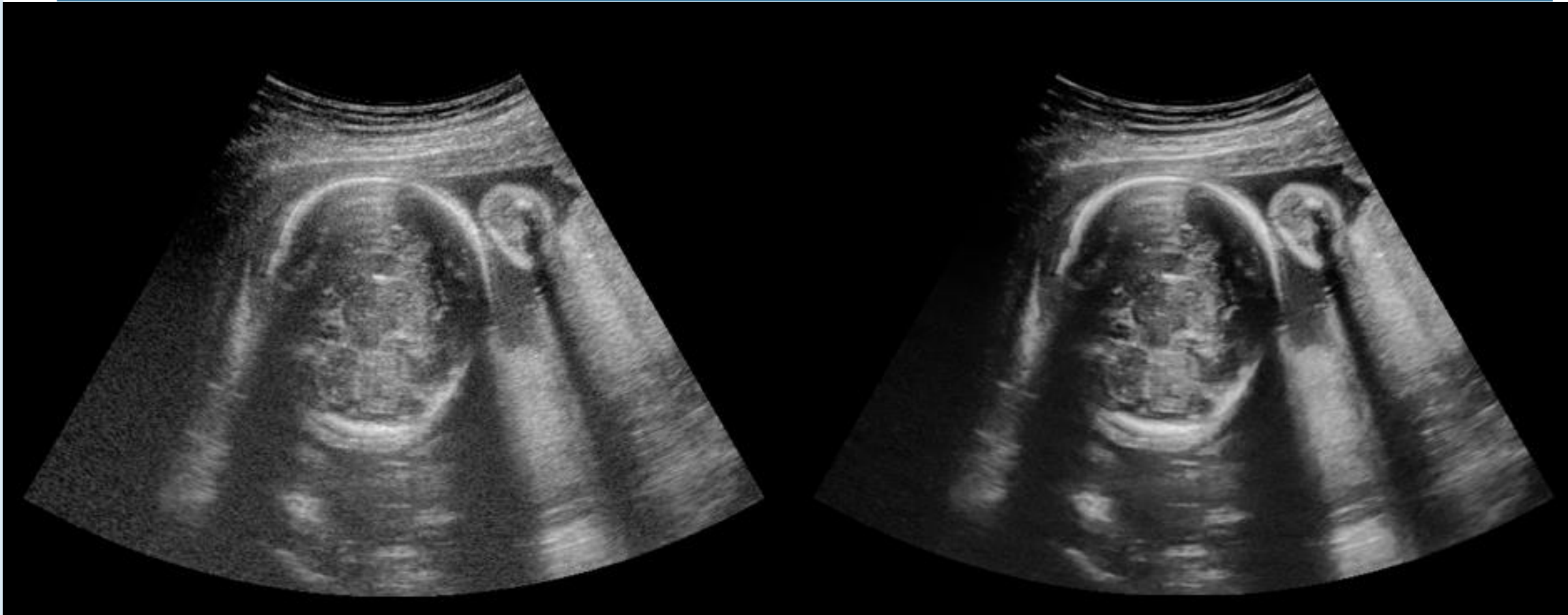
12	23	50
23	43	56
34	32	46

Sắp xếp dãy

12	23	23	32	34	43	46	50	56
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Giá trị trung vị

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN



- Bộ lọc Median (lọc trung vị): khá hiệu quả đối với nhiễu đốm (speckle noise) và nhiễu muối tiêu (salt-pepper noise)



CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG MIỀN TẦN SỐ

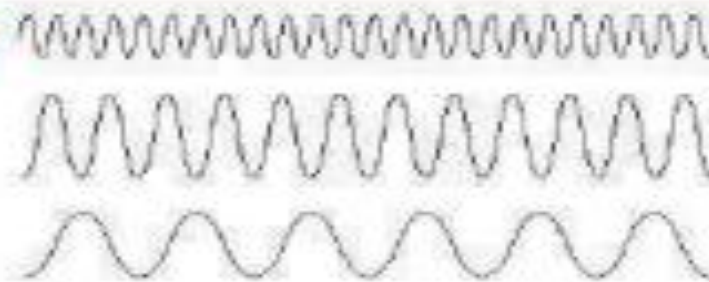


CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG TẦN SỐ

- Được sử dụng trong giảm nhiễu, làm nét ảnh, phát hiện biên cạnh, biên ảnh...
- Các phép lọc ảnh tần số:
 - Lọc thông thấp: giữ lại tần số thấp loại bỏ tần số cao → mịn ảnh, khử nhiễu.
 - Lọc thông cao: giữ lại tần số cao loại bỏ tần số thấp → phát hiện biên ảnh.

CÁC PHÉP XỬ LÝ ẢNH TRONG TẦN SỐ

Tần số cao



...

Tần số thấp

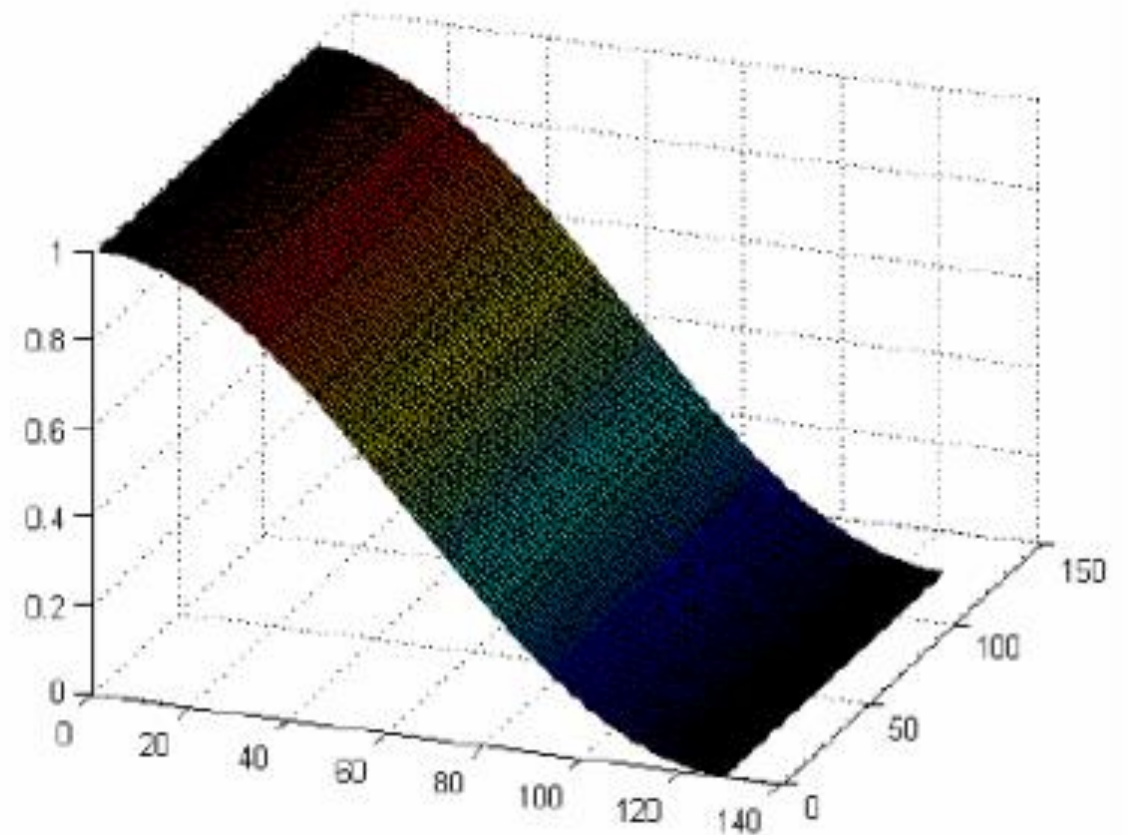
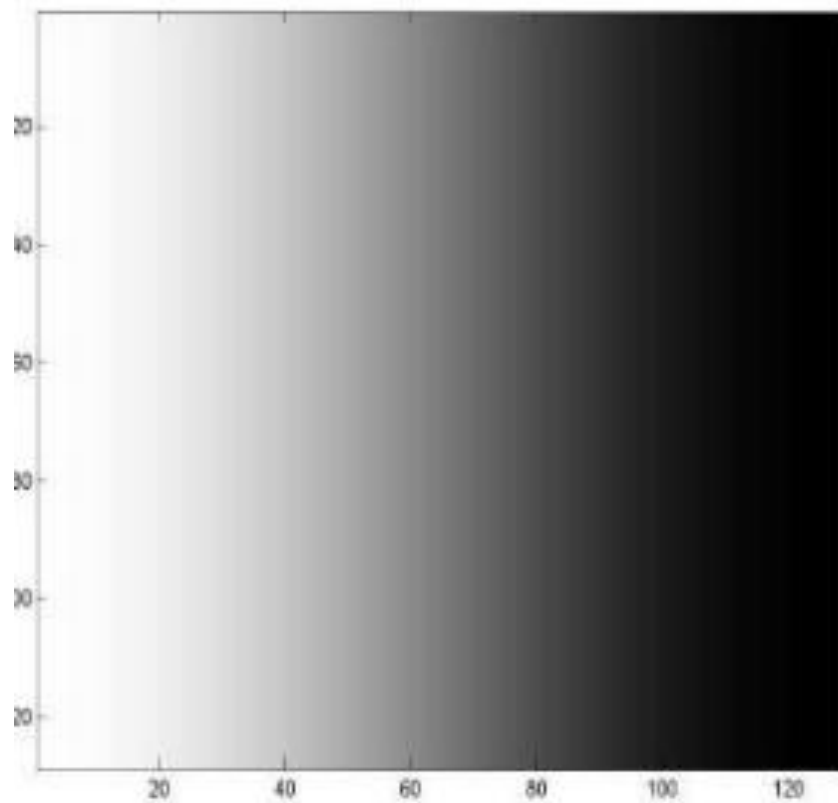


**Tổng hợp
của 4 tần số**



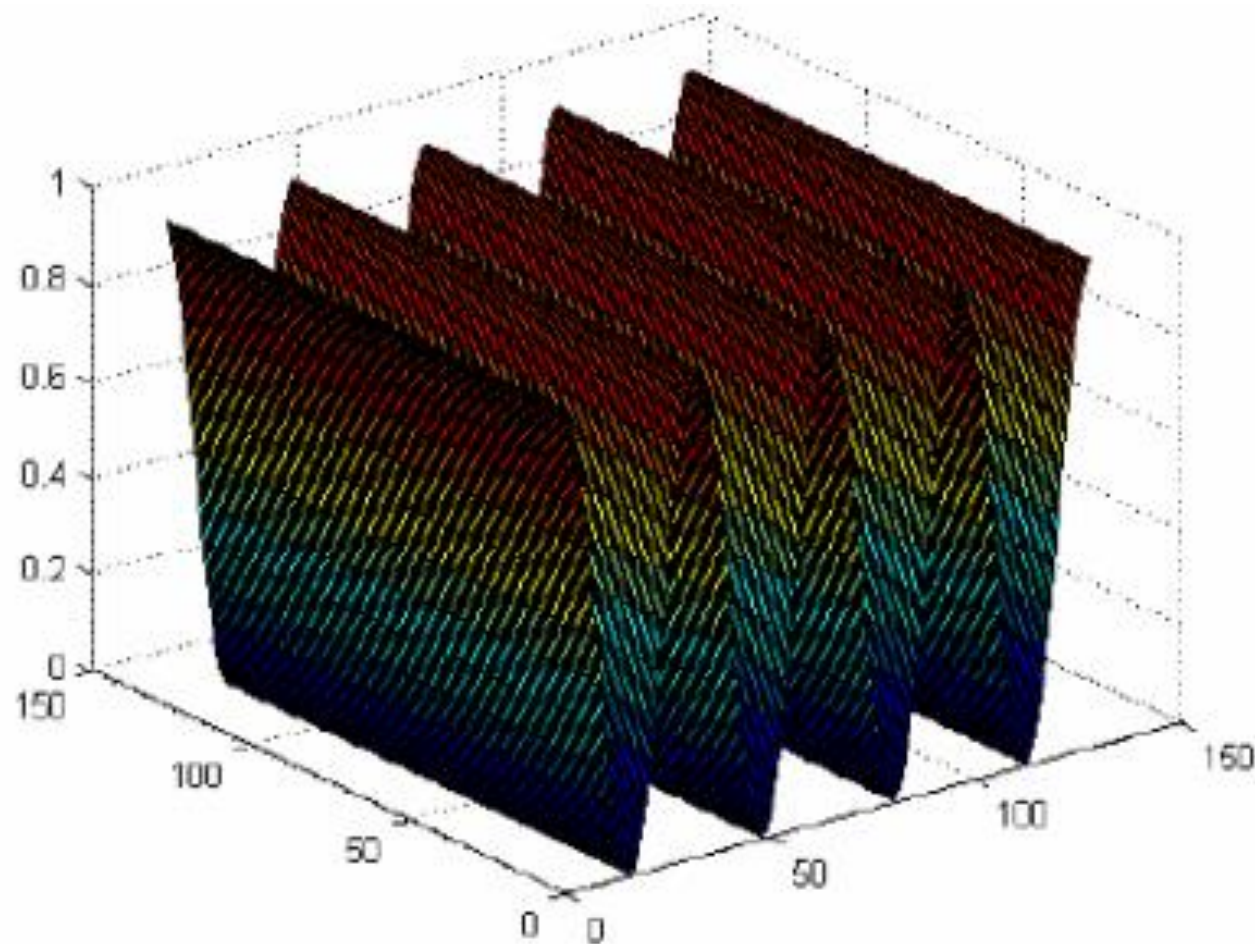
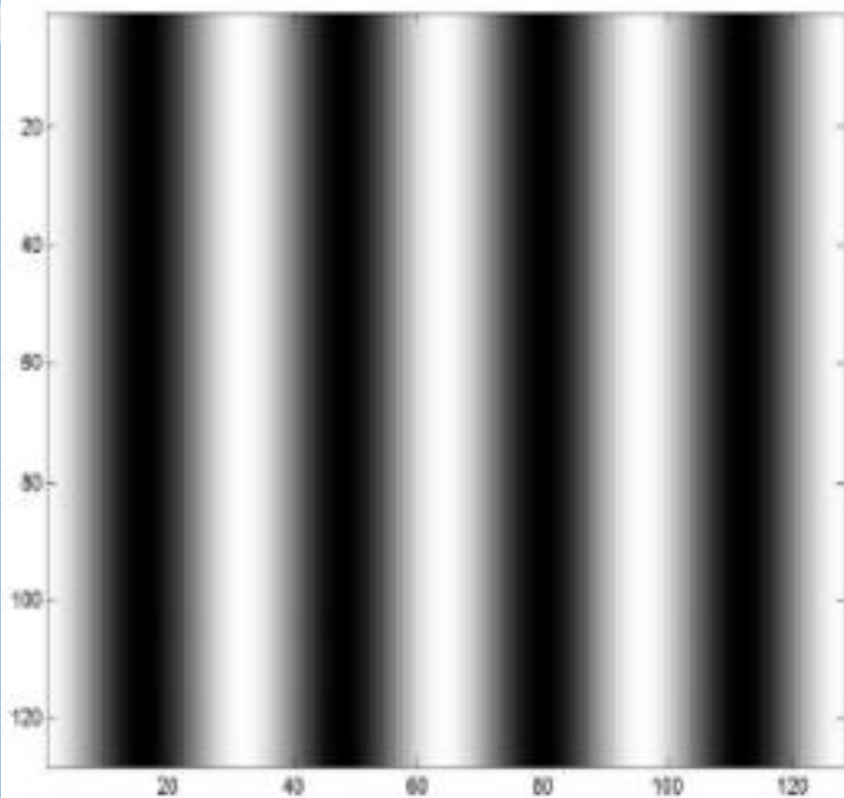
TẦN SỐ TRONG ẢNH

- **Tần số thấp:** ảnh có sự thay đổi chậm về độ sáng.



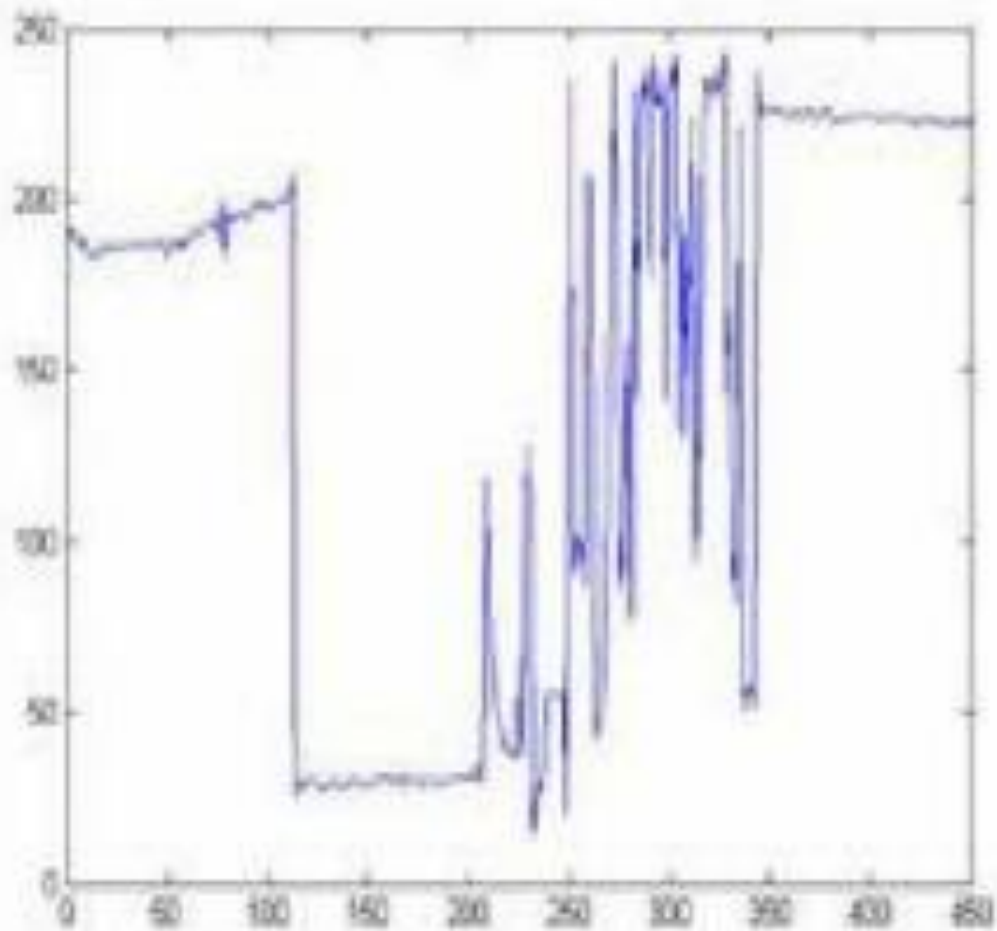
TẦN SỐ TRONG ẢNH

- **Tần số cao:** ảnh có sự thay đổi liên tục hay đột ngột về độ sáng.





TẦN SỐ TRONG ẢNH





TẦN SỐ TRONG ẢNH

- **Tần số thấp:** các vùng đồng nhất.
- **Tần số cao:** biên, nhiễu



Tần số thấp

Tần số cao

TẦN SỐ TRONG ẢNH

● **Về bản chất:** ảnh số là một dạng tín hiệu số

→ Áp dụng các kỹ thuật xử lý tín hiệu (rời rạc) để phân tích ảnh. Để phân tích, cần tạo ra một tổ chức đồ mới để biểu diễn tần số của ảnh.

Phép biến đổi được sử dụng: Fourier rời rạc (DFT – Discrete Fourier Transform).

Lưu ý: các phân tích ảnh sử dụng tần số gọi là các phép biến đổi ảnh trong miền tần số.

BỘ LỌC GAUSSIAN

- Bộ lọc Gaussian (*Low-pass filter*): là một bộ lọc bỏ tần số cao, chỉ giữ lại các tần số thấp.
- Là phương pháp làm mờ mịn như hiệu ứng hình ảnh được đặt dưới một lớp màn trong suốt bị mờ





BỘ LỌC GAUSSIAN

- Giá trị mặt nạ chập biểu diễn cho một bộ lọc tuyến tính khác nhau
- Tùy vào tính chất của mặt nạ chập sẽ cho ra các ảnh khác nhau, chia làm 2 loại:
 - *Low-pass filter*: giữ lại những thành phần tần số thấp → mất nhiều và chi tiết ảnh → làm trơn hoặc khử ảnh
 - *High-pass filter*: giữ lại những thành phần tần số cao → nổi rõ chi tiết và đường biên → tìm biên của ảnh.

BỘ LỘC GAUSSIAN



smoothing



sharpening



BIẾN ĐỔI FOURIER

- Phép biến đổi xuôi từ miền không gian sang miền tần số:

$$F(u, v) = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) e^{-2\pi i(xu/N + yv/M)}$$

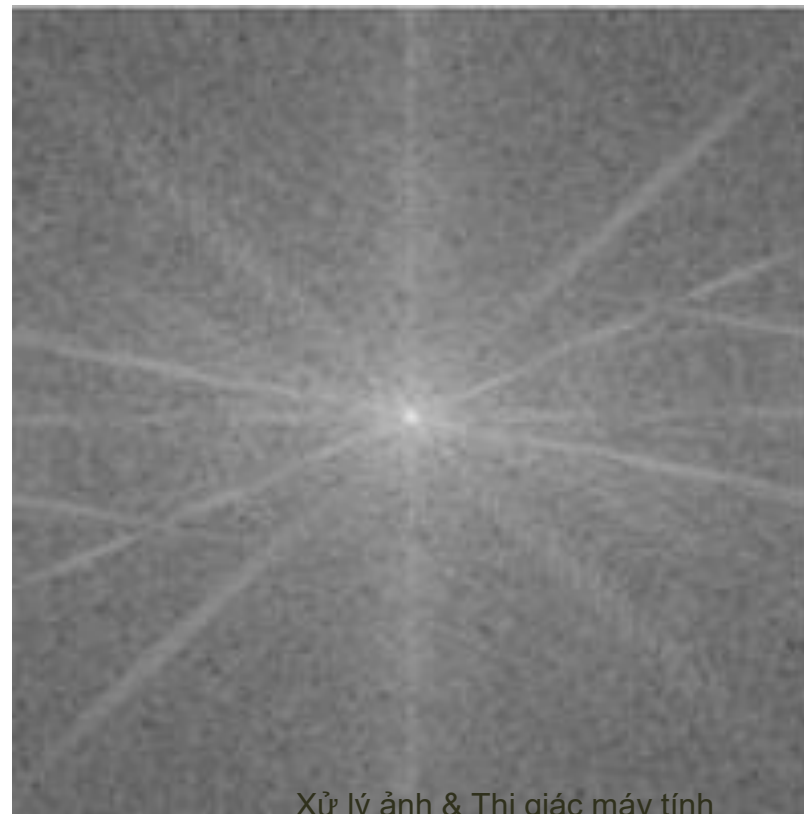
- Phép biến đổi ngược từ miền tần số sang miền không gian :

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{M-1} F(u, v) e^{2\pi i(xu/N + yv/M)}$$

BIẾN ĐỔI FOURIER

● Qua biến đổi Fourier:

- Tần số cao: nằm xa gốc tọa độ
- Tần số thấp: gần gốc tọa độ (tần số 0: trung bình mức xám của ảnh)



BIẾN ĐỔI FOURIER

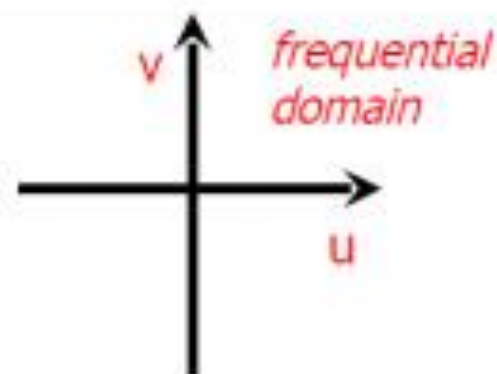
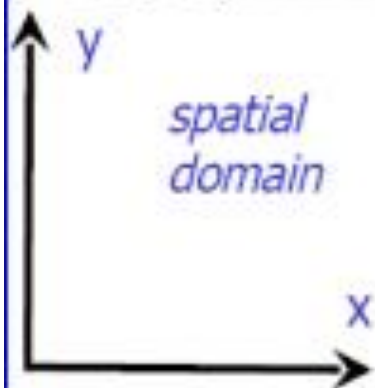
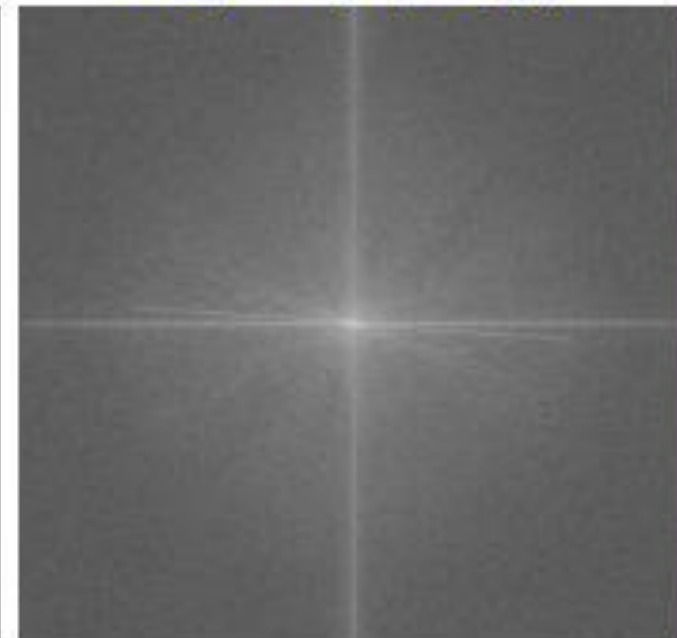
Ảnh gốc



Phổ Fourier
 $|F(u,v)|$



Phổ Fourier nâng cao
 $\log(1 + |F(u,v)|)$





BIẾN ĐỔI FOURIER

- Biến đổi Fourier từ một hàm số thực sẽ tạo ra một hàm số phức (gồm phần thực và phần ảo).
- Biểu diễn biến đổi Fourier bởi độ lớn:

$$|F(u, v)| = \sqrt{Real^2 + Img^2}$$

BIẾN ĐỔI FOURIER

● Biến đổi

Ảnh gốc (mức xám)

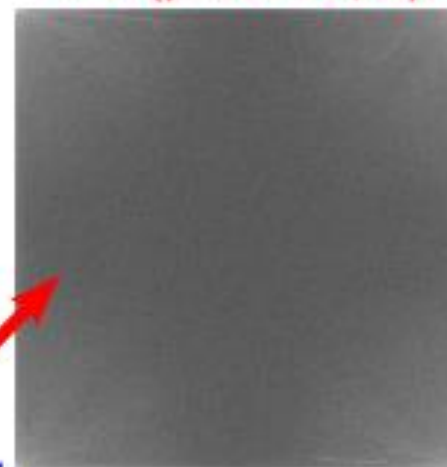


Biến đổi kích thước để có X và Y là lũy thừa của 2 (đặt giá trị 0 cho phần nói rộng ra)

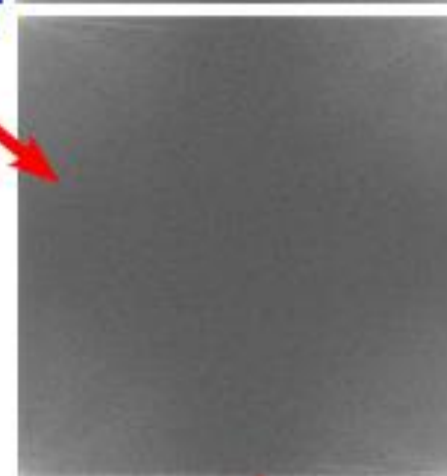


DFT

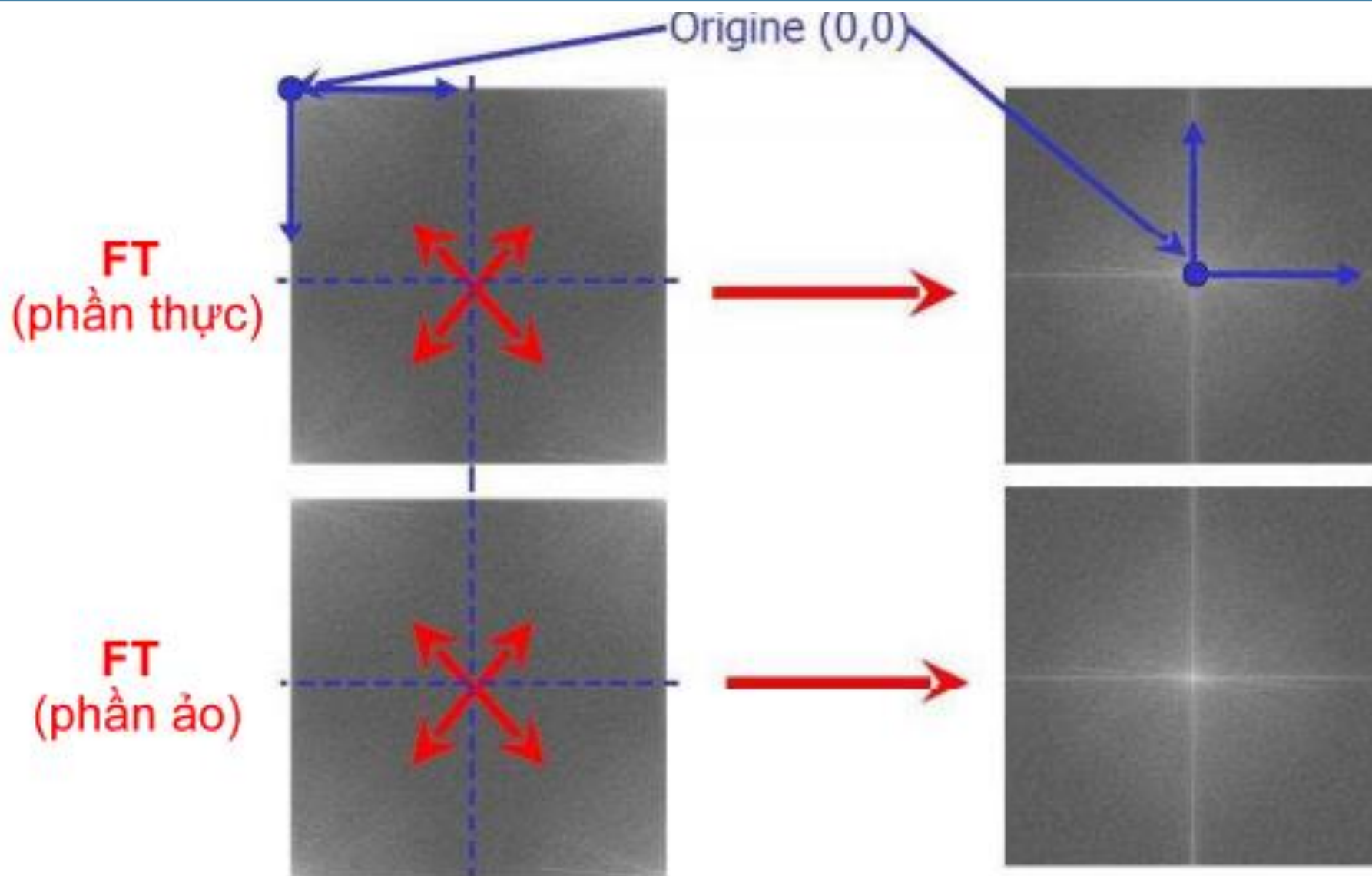
FT (phần thực)



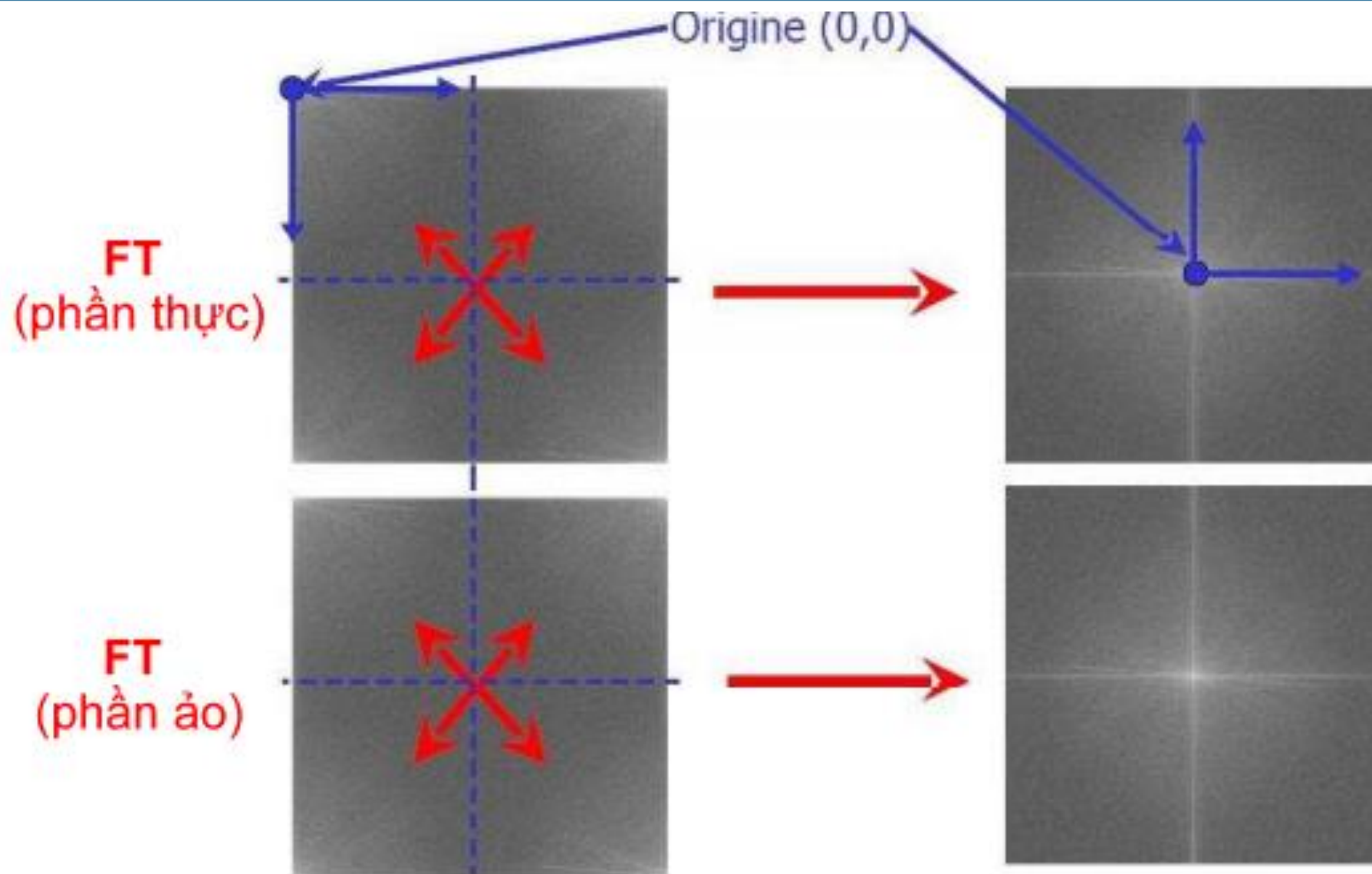
FT (phần ảo)



BIẾN ĐỔI FOURIER



BIẾN ĐỔI FOURIER



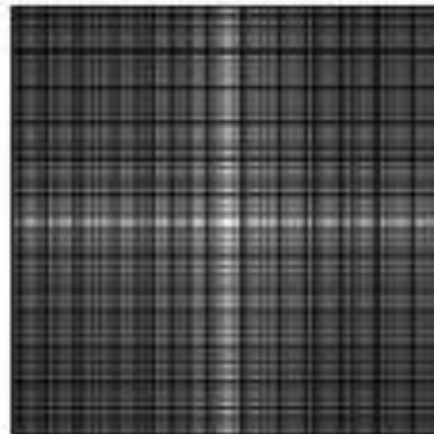
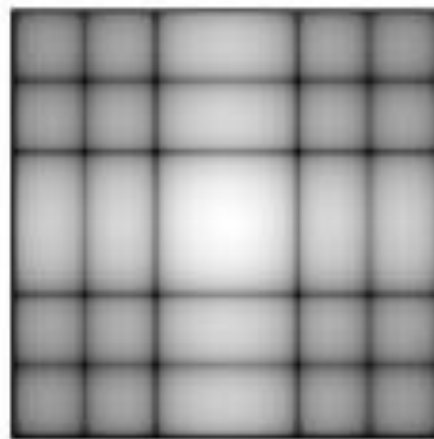
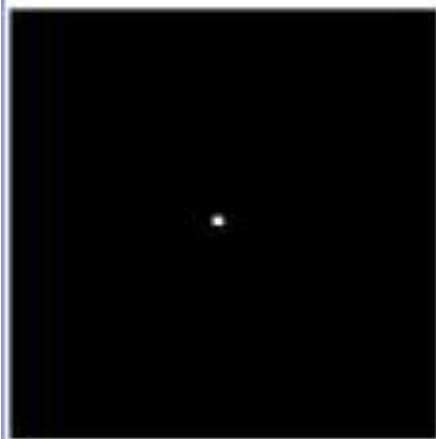


BIẾN ĐỔI FOURIER

- Trong lập trình: sử dụng biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform) để tăng tốc độ tính toán.
- 2 phương pháp cài đặt cho biến đổi FFT:
 - Numerical Recipies
 - FFTW (thư viện)

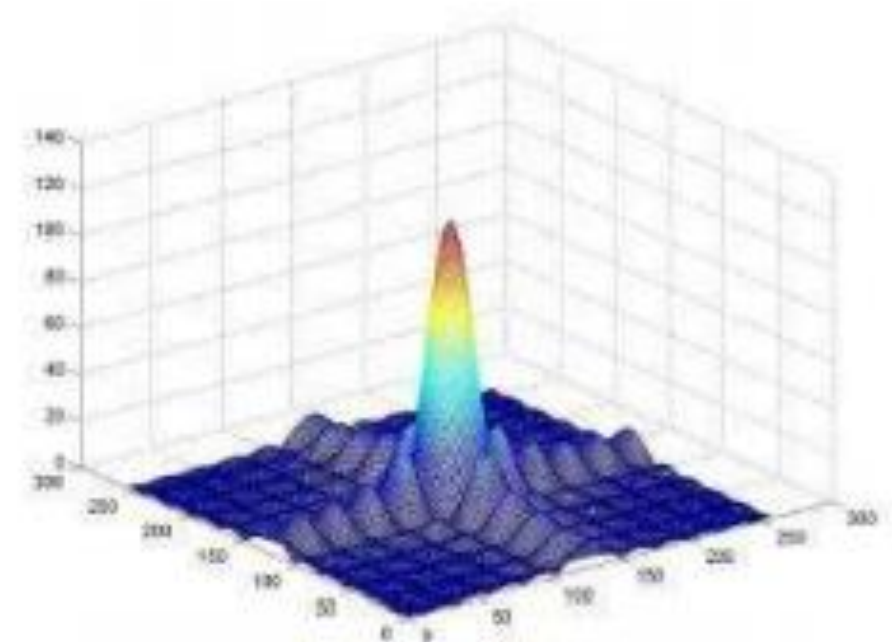
Được hỗ trợ trong các thư viện lập trình xử lý ảnh.

MỘT SỐ BIẾN ĐỔI FOURIER CƠ BẢN



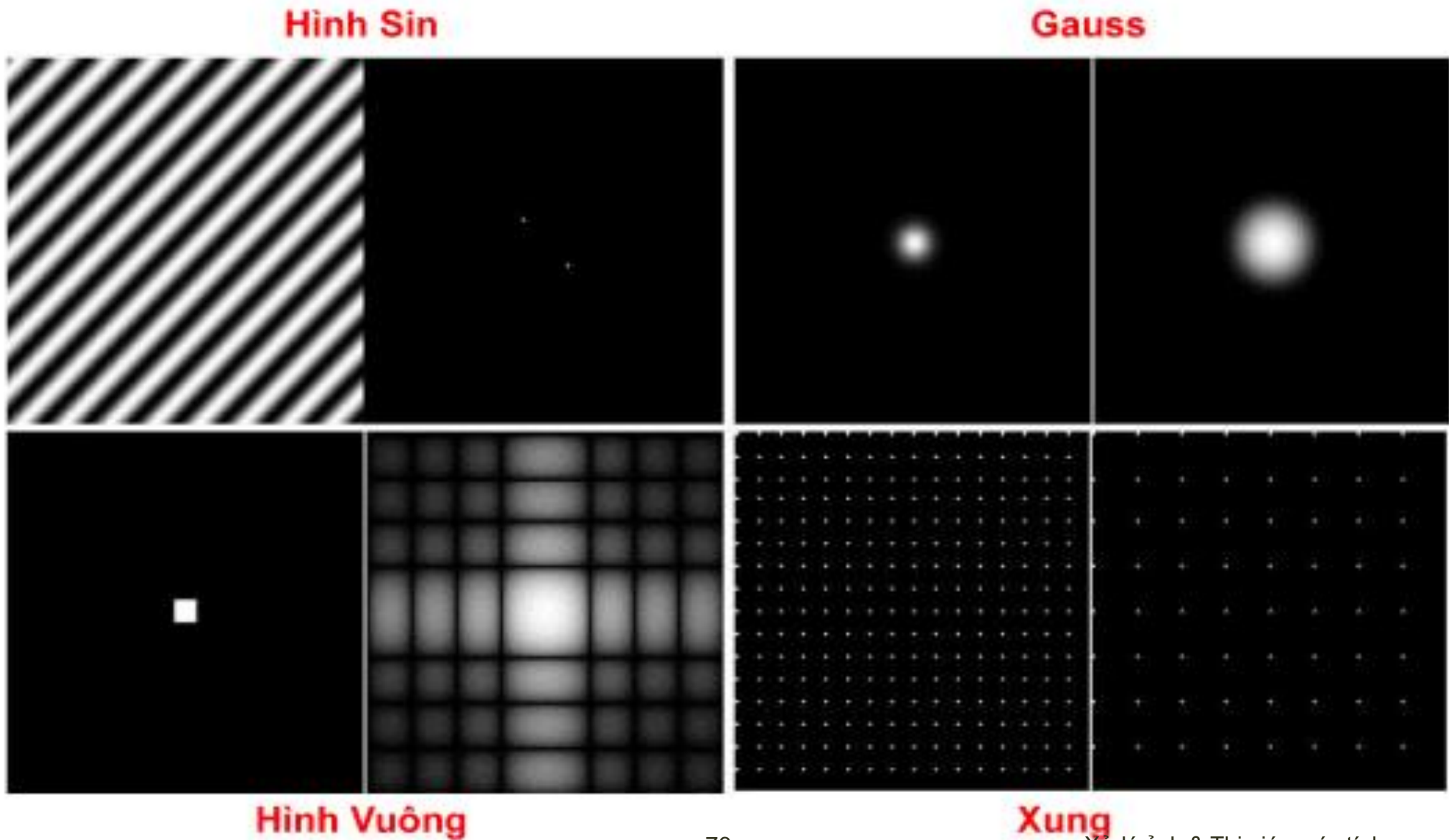
Ảnh gốc

FT

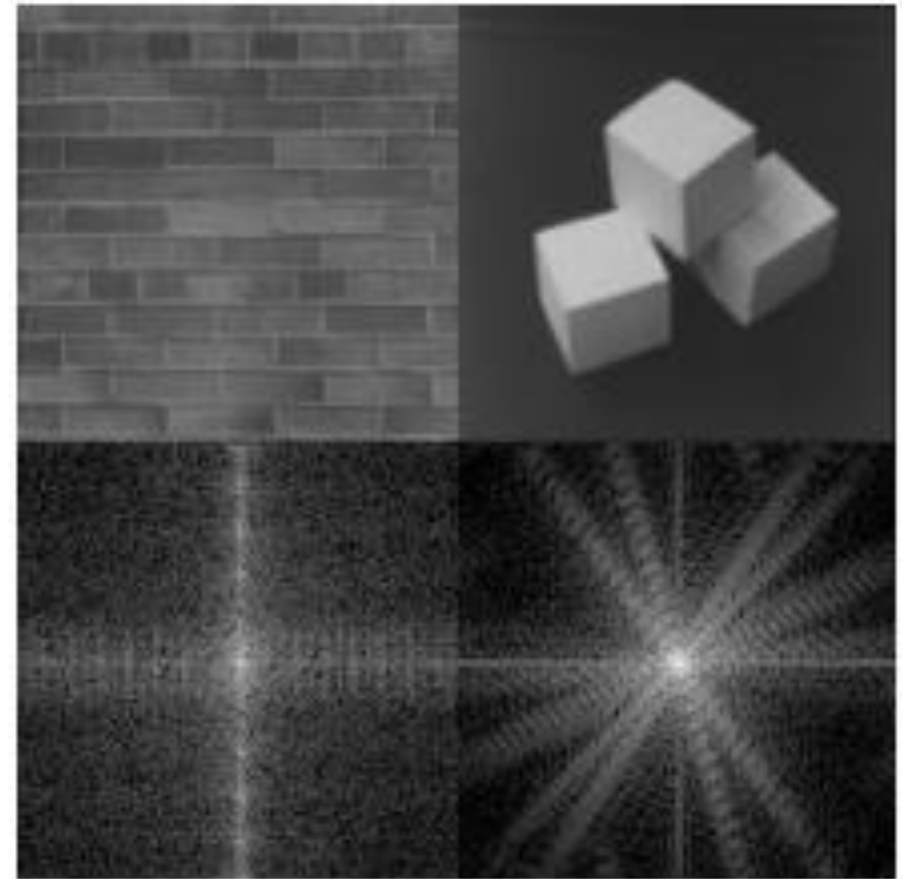
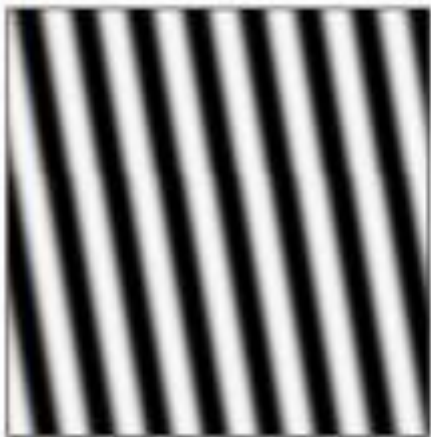
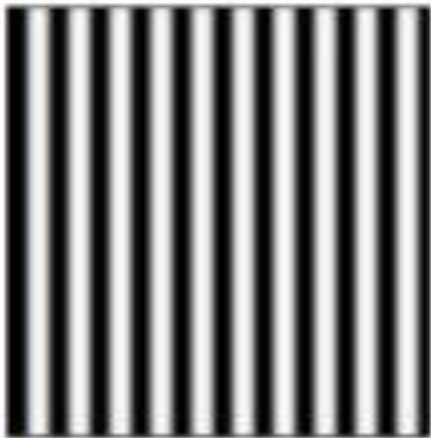


Đồ thị 3 chiều của FT

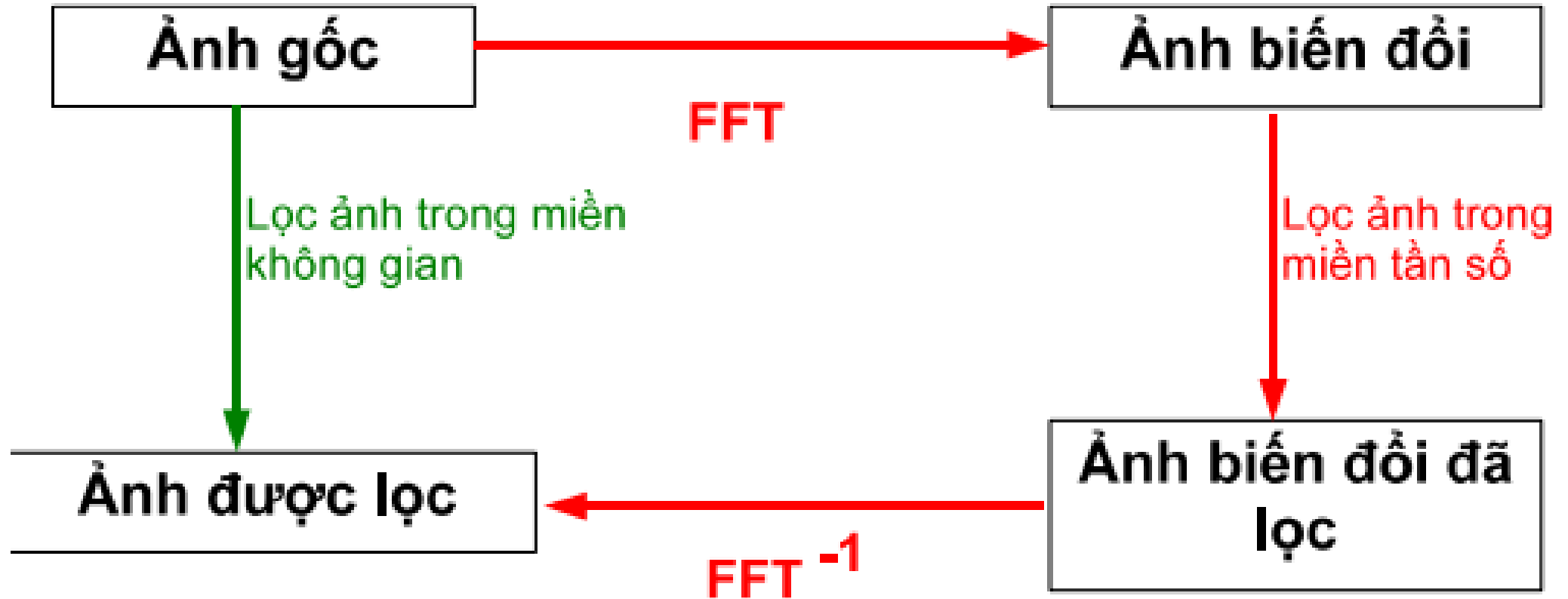
MỘT SỐ BIẾN ĐỔI FOURIER CƠ BẢN



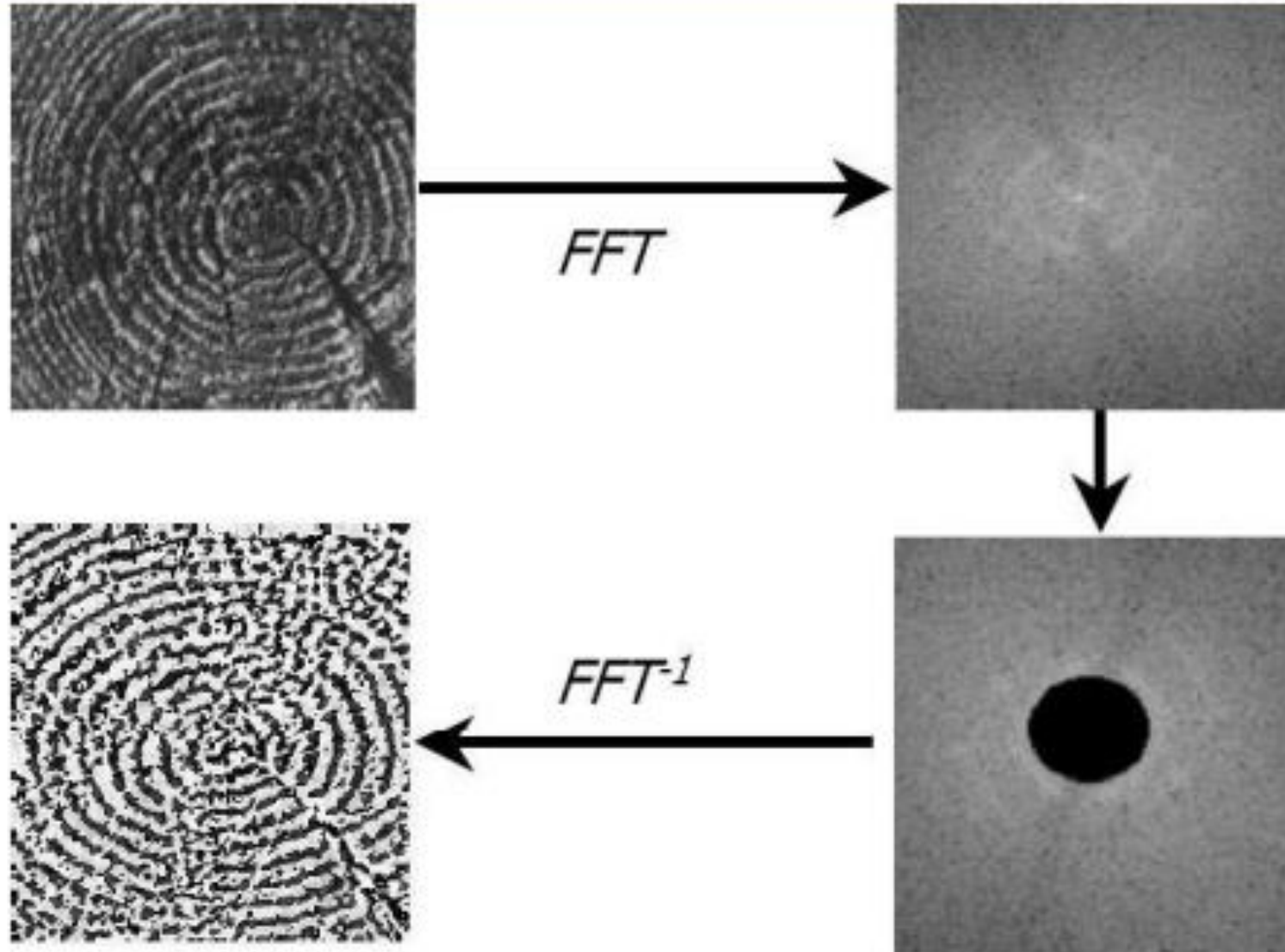
MỘT SỐ BIẾN ĐỔI FOURIER CƠ BẢN



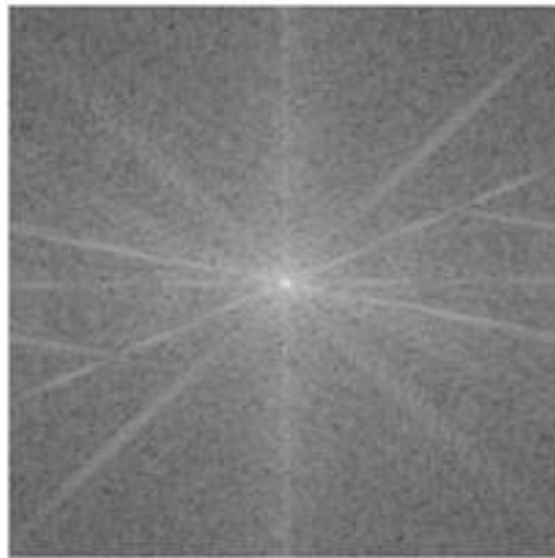
LỌC ẢNH TRONG MIỀN TẦN SỐ



LỌC ẢNH TRONG MIỀN TẦN SỐ

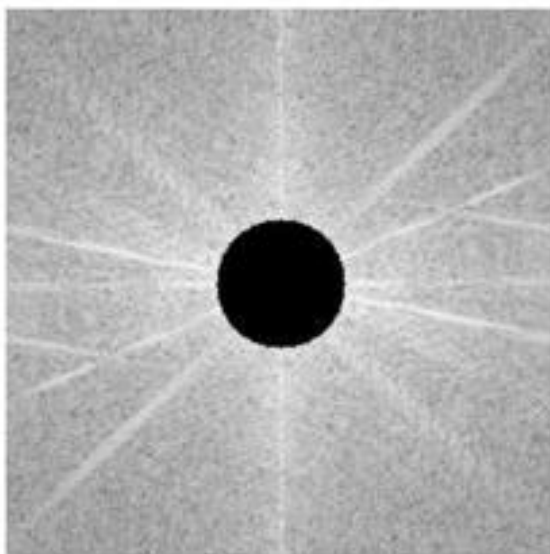
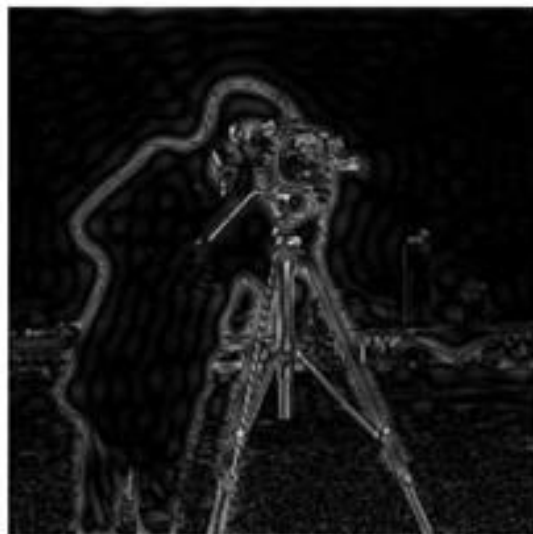
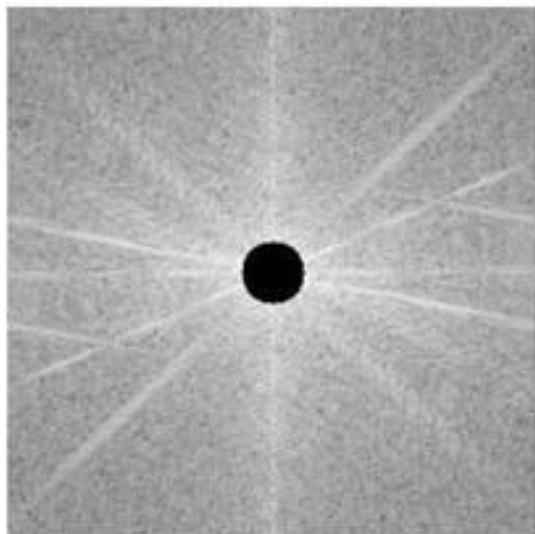


LỘC HẠ THÔNG

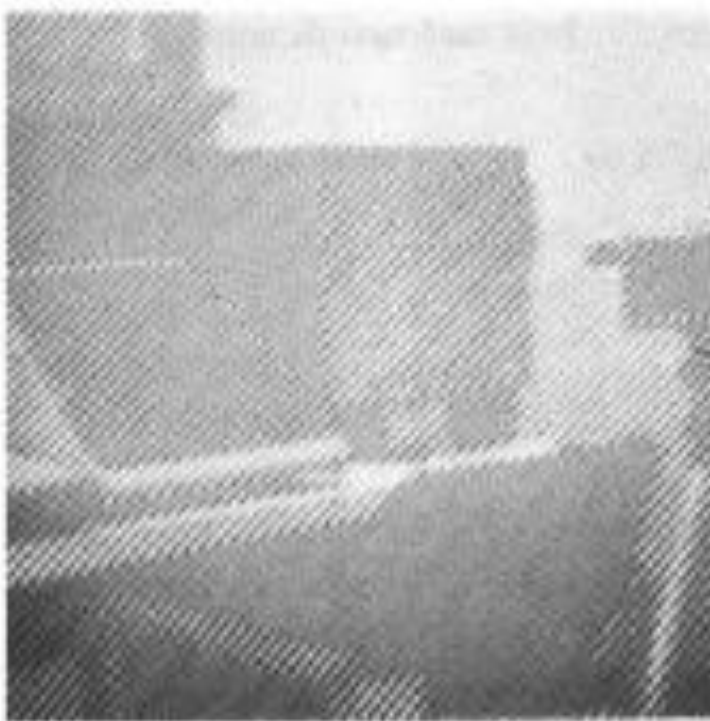




LỘC THƯỢNG THÔNG



KHỬ NHIỄU



Ảnh gốc



Biến đổi Fourier



Ảnh đã lọc nhiễu



Thanks for your attending!
Q&A