

# Xử lý ảnh

## Chương 3: Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

Biên soạn: Phạm Văn Sư

Bộ môn Xử lý tín hiệu và Truyền thông  
Khoa Kỹ thuật Điện tử |  
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

ver.17a



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

- Tổng quan chung



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

- Tổng quan chung
- Tăng cường chất lượng ảnh



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

- Tổng quan chung
- Tăng cường chất lượng ảnh
  - ▶ Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

- Tổng quan chung
- Tăng cường chất lượng ảnh
  - ▶ Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
  - ▶ Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

- Tổng quan chung
- Tăng cường chất lượng ảnh
  - ▶ Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
  - ▶ Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số
- Khôi phục ảnh số



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thế nào là tăng cường chất lượng ảnh số?



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thế nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thế nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.

- ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thế nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thế nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

- Thể nào là khôi phục ảnh số?



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- **Thế nào là tăng cường chất lượng ảnh số?**

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thế nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

- **Thế nào là khôi phục ảnh số?**

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

- Thể nào là khôi phục ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh
  - ★ Có phần bao trùm với tăng cường



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

- Thể nào là khôi phục ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh
  - ★ Có phần bao trùm với tăng cường
- ▶ Là quá trình có tính khách quan: dựa trên các mô hình toán học, xác suất thống kê của sự suy giảm ảnh



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thế nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thế nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

- Thế nào là khôi phục ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh
  - ★ Có phần bao trùm với tăng cường
- ▶ Là quá trình có tính khách quan: dựa trên các mô hình toán học, xác suất thống kê của sự suy giảm ảnh
  - ★ Công thức hóa các tiêu chuẩn về chất lượng để đạt được kết quả mong muốn một cách tối ưu



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

- Thể nào là khôi phục ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh
  - ★ Có phần bao trùm với tăng cường
- ▶ Là quá trình có tính khách quan: dựa trên các mô hình toán học, xác suất thống kê của sự suy giảm ảnh
  - ★ Công thức hóa các tiêu chuẩn về chất lượng để đạt được kết quả mong muốn một cách tối ưu

- Mục tiêu:



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

### • Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

### • Thể nào là khôi phục ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh
  - ★ Có phần bao trùm với tăng cường
- ▶ Là quá trình có tính khách quan: dựa trên các mô hình toán học, xác suất thống kê của sự suy giảm ảnh
  - ★ Công thức hóa các tiêu chuẩn về chất lượng để đạt được kết quả mong muốn một cách tối ưu

### • Mục tiêu:

- ▶ Làm nổi bật những chi tiết, khía cạnh cần quan tâm trong bức ảnh



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

- Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

- Thể nào là khôi phục ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh
  - ★ Có phần bao trùm với tăng cường
- ▶ Là quá trình có tính khách quan: dựa trên các mô hình toán học, xác suất thống kê của sự suy giảm ảnh
  - ★ Công thức hóa các tiêu chuẩn về chất lượng để đạt được kết quả mong muốn một cách tối ưu

- Mục tiêu:

- ▶ Làm nổi bật những chi tiết, khía cạnh cần quan tâm trong bức ảnh
- ▶ Loại bỏ nhiễu



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

## Tổng quan chung

### • Thể nào là tăng cường chất lượng ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên một ảnh số sao cho ảnh kết quả phù hợp hơn với mục đích/yêu cầu cụ thể so với ảnh gốc.
  - ★ Mục đích/yêu cầu cụ thể: quyết định đầu ra mà các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh hướng đến
- ▶ Là quá trình có tính chủ quan : chủ yếu dựa trên những ưa thích của con người để quyết định thể nào là kết quả tốt
  - ★ Khai thác khía cạnh sinh lý của hệ thống thị giác

### • Thể nào là khôi phục ảnh số?

- ▶ Là quá trình thao tác trên ảnh số làm thay đổi diện mạo của bức ảnh
  - ★ Có phần bao trùm với tăng cường
- ▶ Là quá trình có tính khách quan: dựa trên các mô hình toán học, xác suất thống kê của sự suy giảm ảnh
  - ★ Công thức hóa các tiêu chuẩn về chất lượng để đạt được kết quả mong muốn một cách tối ưu

### • Mục tiêu:

- ▶ Làm nổi bật những chi tiết, khía cạnh cần quan tâm trong bức ảnh
- ▶ Loại bỏ nhiễu
- ▶ Làm cho bức ảnh trở nên hấp dẫn hơn về mặt trực giác

# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

Một số ví dụ (1)



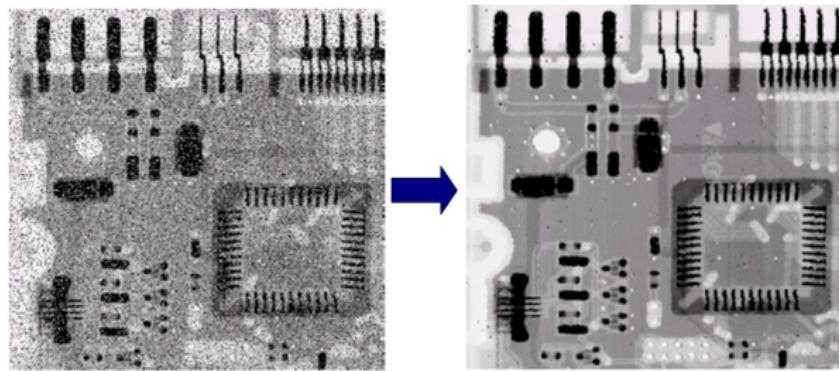
# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

Một số ví dụ (2)



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

Một số ví dụ (3)



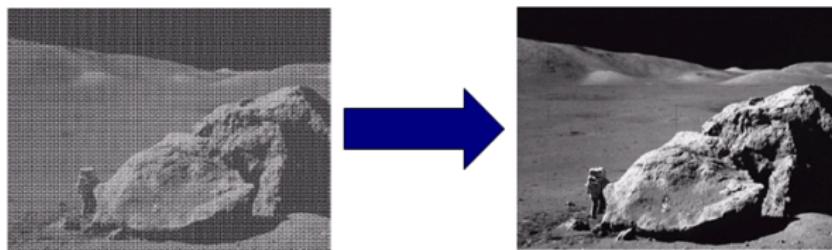
# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

Một số ví dụ (4)



# Xử lý nâng cao chất lượng ảnh số

Một số ví dụ (5)



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Tăng cường chất lượng ảnh

Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)



# Tăng cường chất lượng ảnh

## Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)
  - ▶ Sử dụng các phương pháp xử lý trực tiếp trên các điểm ảnh



# Tăng cường chất lượng ảnh

## Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)
  - ▶ Sử dụng các phương pháp xử lý trực tiếp trên các điểm ảnh
    - ★ Thao tác trên từng điểm ảnh riêng lẻ



# Tăng cường chất lượng ảnh

## Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)
  - ▶ Sử dụng các phương pháp xử lý trực tiếp trên các điểm ảnh
    - ★ Thao tác trên từng điểm ảnh riêng lẻ
    - ★ Thao tác trên vùng ảnh liền kề



# Tăng cường chất lượng ảnh

## Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)
  - ▶ Sử dụng các phương pháp xử lý trực tiếp trên các điểm ảnh
    - ★ Thao tác trên từng điểm ảnh riêng lẻ
    - ★ Thao tác trên vùng ảnh liền kề
    - ★ Thao tác chuyển đổi không gian hình học



# Tăng cường chất lượng ảnh

## Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)
  - ▶ Sử dụng các phương pháp xử lý trực tiếp trên các điểm ảnh
    - ★ Thao tác trên từng điểm ảnh riêng lẻ
    - ★ Thao tác trên vùng ảnh liền kề
    - ★ Thao tác chuyển đổi không gian hình học
  - ▶ Gồm hai nhóm chính: Chuyển đổi mức cường độ sáng (mức xám), Lọc trong miền không gian



# Tăng cường chất lượng ảnh

## Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)
  - ▶ Sử dụng các phương pháp xử lý trực tiếp trên các điểm ảnh
    - ★ Thao tác trên từng điểm ảnh riêng lẻ
    - ★ Thao tác trên vùng ảnh liền kề
    - ★ Thao tác chuyển đổi không gian hình học
  - ▶ Gồm hai nhóm chính: Chuyển đổi mức cường độ sáng (mức xám), Lọc trong miền không gian
- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền chuyển đổi (transform domain)



# Tăng cường chất lượng ảnh

## Tổng quan về tăng cường ảnh

Các kỹ thuật tăng cường ảnh có thể chia làm hai nhóm:

- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian (spatial domain)
  - ▶ Sử dụng các phương pháp xử lý trực tiếp trên các điểm ảnh
    - ★ Thao tác trên từng điểm ảnh riêng lẻ
    - ★ Thao tác trên vùng ảnh liền kề
    - ★ Thao tác chuyển đổi không gian hình học
  - ▶ Gồm hai nhóm chính: Chuyển đổi mức cường độ sáng (mức xám), Lọc trong miền không gian
- Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền chuyển đổi (transform domain)
  - ▶ Sử dụng các phép biến đổi (DFT, Wavelets, ...) chuyển ảnh về miền chuyển đổi, sau khi xử lý, chuyển ngược kết quả về miền không gian



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$ 
    - ★ Tác động trên một ảnh (ảnh tĩnh) hoặc một dãy các ảnh (video)

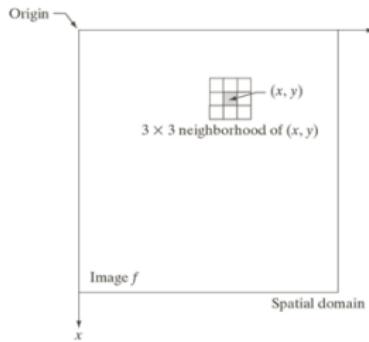


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$ 
    - ★ Tác động trên một ảnh (ảnh tĩnh) hoặc một dãy các ảnh (video)

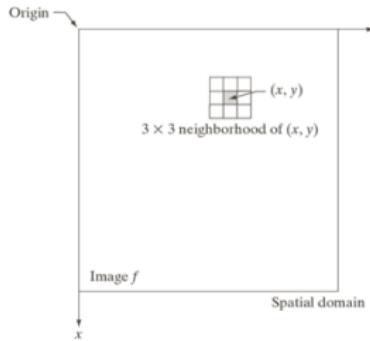


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$ 
    - ★ Tác động trên một ảnh (ảnh tĩnh) hoặc một dãy các ảnh (video)



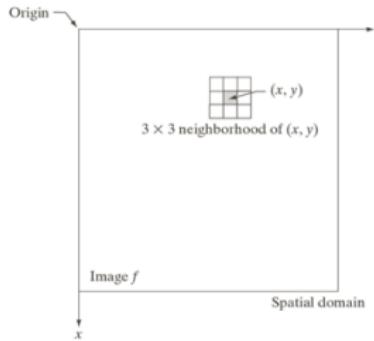
- Kích thước vùng lân cận  $(x, y)$  là  $1 \times 1$ :  $T \equiv$  toán tử điểm ảnh hay hàm biến đổi mức xám

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian

Xử lý ảnh trong miền không gian:

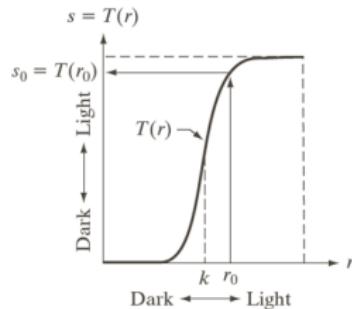
- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$ 
    - Tác động trên một ảnh (ảnh tĩnh) hoặc một dãy các ảnh (video)



- Kích thước vùng lân cận  $(x, y)$  là  $1 \times 1$ :  $T \equiv$  toán tử điểm ảnh hay hàm biến đổi mức xám
  - $\Rightarrow s = T(r)$  ( $s, r$ : mức xám tương ứng của  $g, f$  tại  $(x, y)$ )

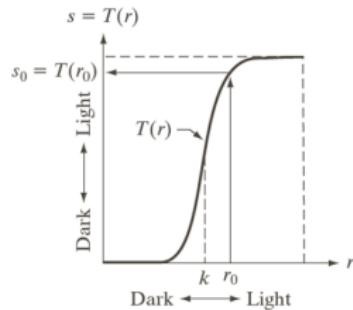
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian - Ví dụ minh họa



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

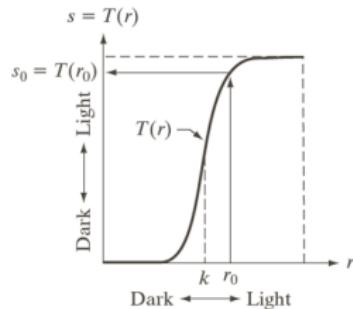
## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian - Ví dụ minh họa



- $T(r)$  cho phép tăng độ tương phản ảnh (giãn độ tương phản):

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

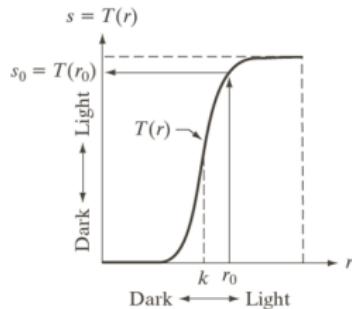
## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian - Ví dụ minh họa



- $T(r)$  cho phép tăng độ tương phản ảnh (giãn độ tương phản):
  - ▶ Làm tối hơn các mức xám có giá trị  $< k$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian - Ví dụ minh họa

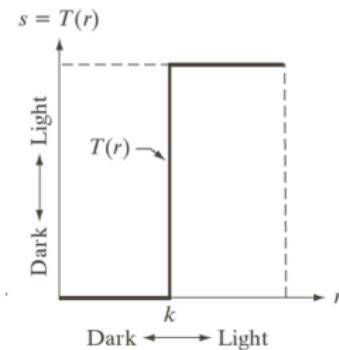
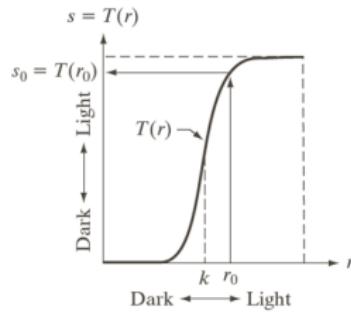


- $T(r)$  cho phép tăng độ tương phản ảnh (giãn độ tương phản):

- ▶ Làm tối hơn các mức xám có giá trị  $< k$
- ▶ Làm sáng hơn các mức xám có giá trị  $> k$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian - Ví dụ minh họa

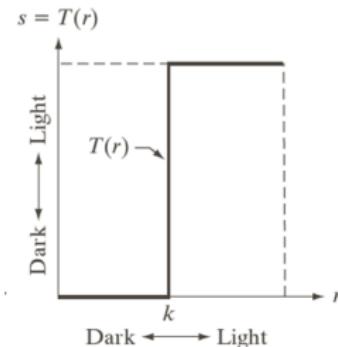
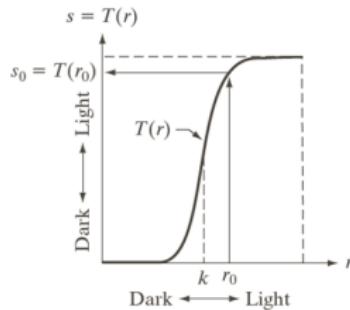


- $T(r)$  cho phép tăng độ tương phản ảnh (giãn độ tương phản):

- ▶ Làm tối hơn các mức xám có giá trị  $< k$
- ▶ Làm sáng hơn các mức xám có giá trị  $> k$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian - Ví dụ minh họa



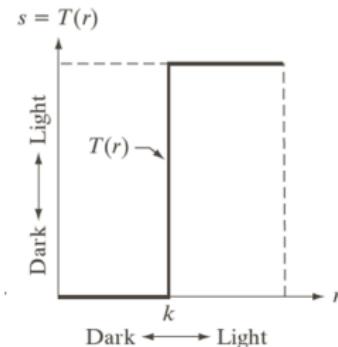
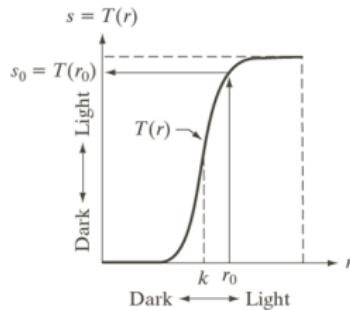
- $T(r)$  cho phép tăng độ tương phản ảnh (giãn độ tương phản):

- ▶ Làm tối hơn các mức xám có giá trị  $< k$
- ▶ Làm sáng hơn các mức xám có giá trị  $> k$

- $T(r)$  cho phép phân ngưỡng (tách ngưỡng):

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Cơ sở xử lý ảnh trong miền không gian - Ví dụ minh họa



- $T(r)$  cho phép tăng độ tương phản ảnh (giãn độ tương phản):

- ▶ Làm tối hơn các mức xám có giá trị  $< k$
- ▶ Làm sáng hơn các mức xám có giá trị  $> k$

- $T(r)$  cho phép phân ngưỡng (tách ngưỡng):

- ▶ Tạo ra ảnh chỉ với 2 mức xám (ảnh nhị phân)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Toán tử điểm ảnh

Ánh xạ (biên đổi) giá trị mức xám  $r$  của điểm ảnh vào thành giá trị mức xám  $s$  của điểm ảnh ra theo luật  $T$ :

$$s = T(r)$$

với  $s, r \in [0, L - 1]$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Toán tử điểm ảnh

Ánh xạ (biên đổi) giá trị mức xám  $r$  của điểm ảnh vào thành giá trị mức xám  $s$  của điểm ảnh ra theo luật  $T$ :

$$s = T(r)$$

với  $s, r \in [0, L - 1]$

Ba loại hàm biến đổi mức xám cơ bản thường sử dụng để tăng cường ảnh:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Toán tử điểm ảnh

Ánh xạ (biên đổi) giá trị mức xám  $r$  của điểm ảnh vào thành giá trị mức xám  $s$  của điểm ảnh ra theo luật  $T$ :

$$s = T(r)$$

với  $s, r \in [0, L - 1]$

Ba loại hàm biến đổi mức xám cơ bản thường sử dụng để tăng cường ảnh:

- Tuyến tính (biên đổi âm bản, biến đổi identity)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Toán tử điểm ảnh

Ánh xạ (biên đổi) giá trị mức xám  $r$  của điểm ảnh vào thành giá trị mức xám  $s$  của điểm ảnh ra theo luật  $T$ :

$$s = T(r)$$

với  $s, r \in [0, L - 1]$

Ba loại hàm biến đổi mức xám cơ bản thường sử dụng để tăng cường ảnh:

- Tuyến tính (biên đổi âm bản, biến đổi identity)
- Lô-ga-rít (biên đổi lô-ga-rít và lô-ga-rít ngược)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Toán tử điểm ảnh

Ánh xạ (biên đổi) giá trị mức xám  $r$  của điểm ảnh vào thành giá trị mức xám  $s$  của điểm ảnh ra theo luật  $T$ :

$$s = T(r)$$

với  $s, r \in [0, L - 1]$

Ba loại hàm biến đổi mức xám cơ bản thường sử dụng để tăng cường ảnh:

- Tuyến tính (biên đổi  $\xrightarrow{\text{bản}} \text{biên đổi identity}$ )
- Lô-ga-rít (biên đổi lô-ga-rít và lô-ga-rít ngược)
- Luật mũ (biên đổi hàm số mũ, biến đổi căn)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Toán tử điểm ảnh

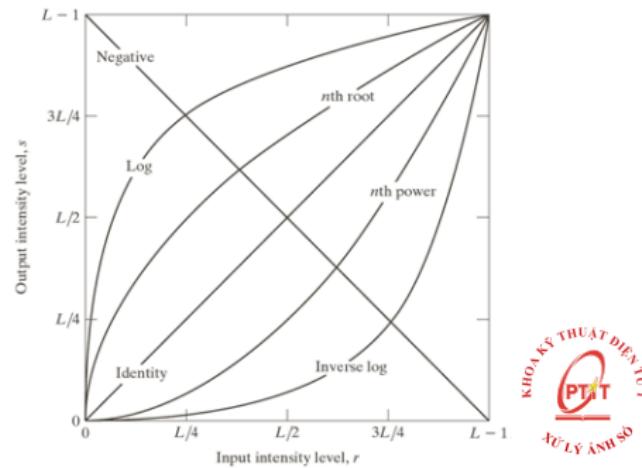
Ảnh xạ (biên đổi) giá trị mức xám  $r$  của điểm ảnh vào thành giá trị mức xám  $s$  của điểm ảnh ra theo luật  $T$ :

$$s = T(r)$$

với  $s, r \in [0, L - 1]$

Ba loại hàm biến đổi mức xám cơ bản thường sử dụng để tăng cường ảnh:

- Tuyến tính (biên đổi âm bản, biến đổi identity)
- Lô-ga-rít (biên đổi lô-ga-rít và lô-ga-rít ngược)
- Luật mũ (biên đổi hàm số mũ, biến đổi căn)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Ảnh âm bản

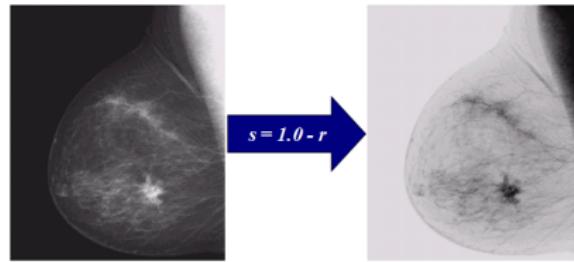
$$s = \text{intensity}_{\max} - r$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Ảnh âm bản

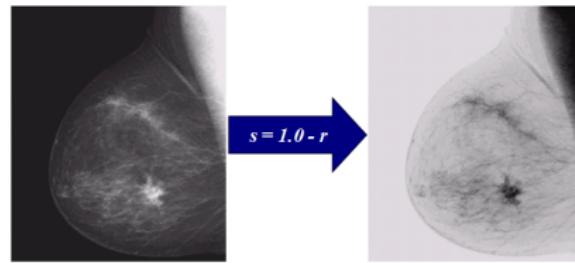
$$s = \text{intensity}_{\max} - r$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Ảnh âm bản

$$s = \text{intensity}_{\max} - r$$



- Đặc biệt thích hợp với việc tăng cường chi tiết trắng hoặc xám trong một nền chủ yếu tối.

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

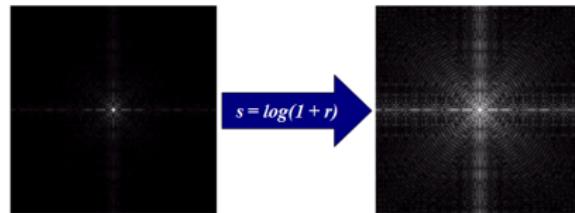
$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

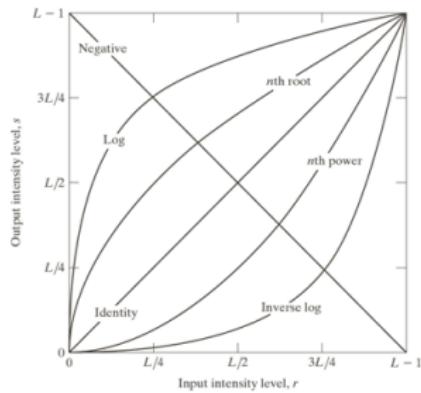
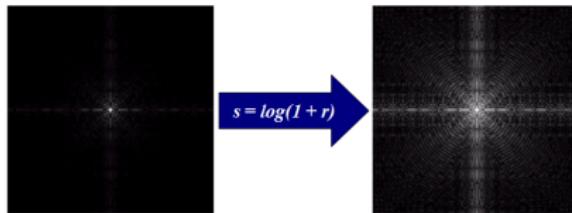
$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

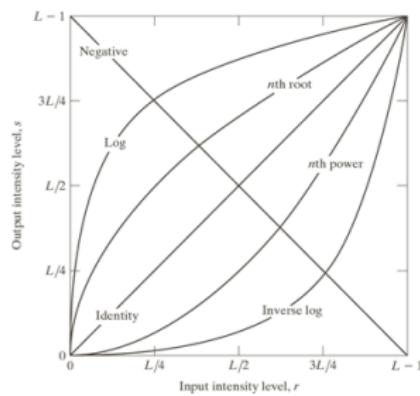
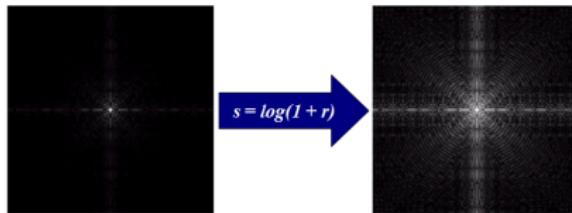
$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$

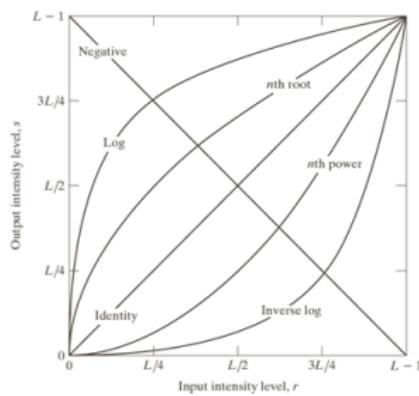
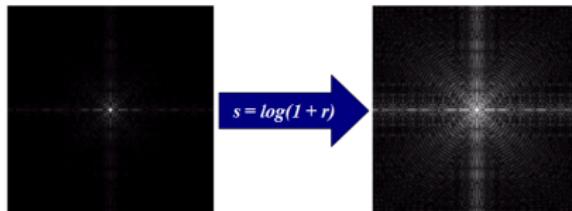


- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$

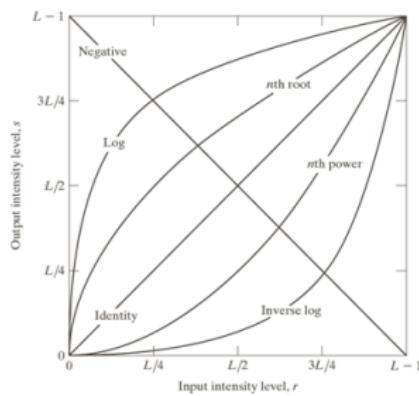
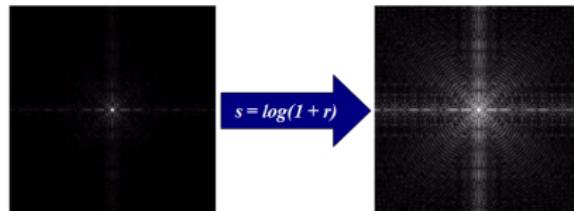


- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn
  - ↑ dải động cho vùng mức xám thấp

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$

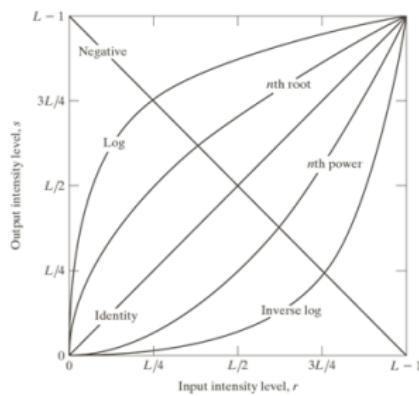
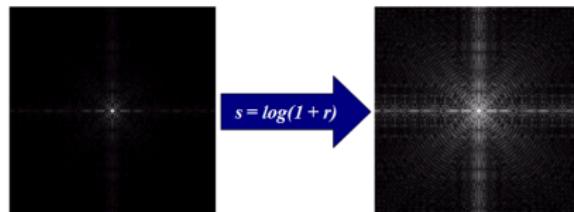


- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn
  - ▶ ↑ dải động cho vùng mức xám thấp
  - ▶ ≡ ↑ độ tương phản ở vùng tối

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$

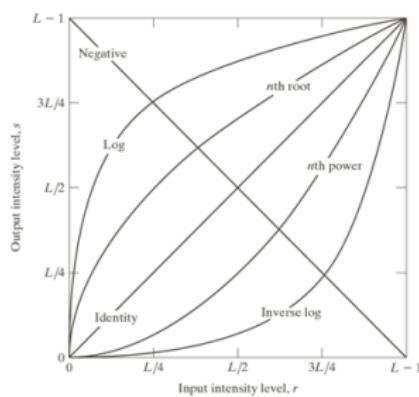
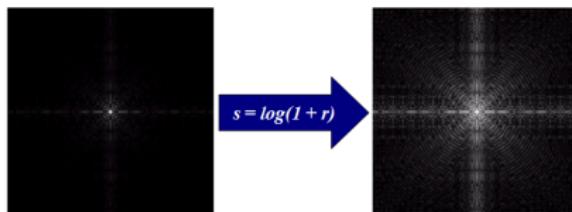


- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn
  - ▶ ↑ dải động cho vùng mức xám thấp
  - ▶ ≡ ↑ độ tương phản ở vùng tối
- Dải mức xám cao rộng → hẹp

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$

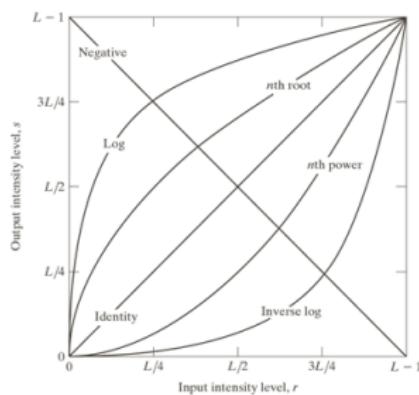
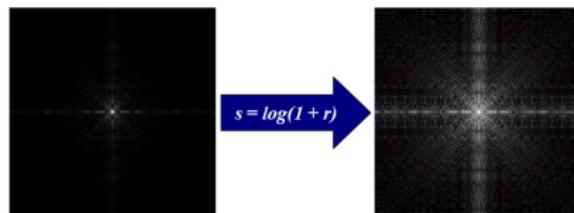


- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn
  - ▶ ↑ dải động cho vùng mức xám thấp
  - ▶ ≡ ↑ độ tương phản ở vùng tối
- Dải mức xám cao rộng → hẹp
  - ▶ ≡ ↓ độ tương phản ở vùng sáng

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$

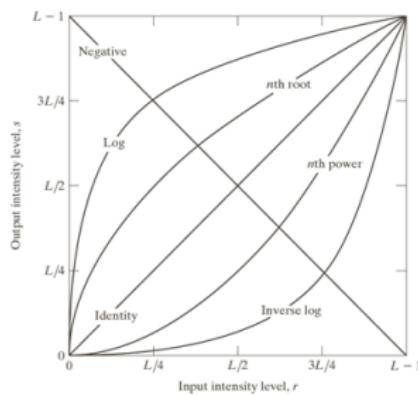
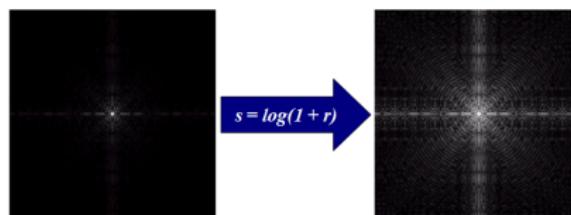


- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn
  - ▶ ↑ dải động cho vùng mức xám thấp
  - ▶ ≡ ↑ độ tương phản ở vùng tối
- Dải mức xám cao rộng → hẹp
  - ▶ ≡ ↓ độ tương phản ở vùng sáng
- Biến đổi lô-ga-rít ngược thực hiện điều ngược lại

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$



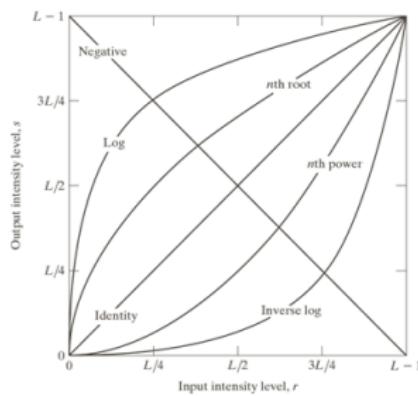
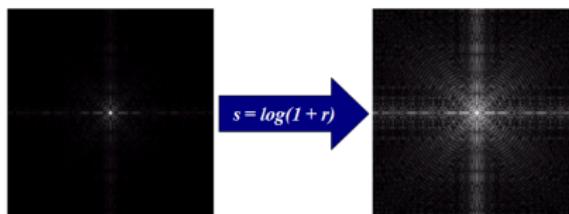
- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn
  - ▶ ↑ dải động cho vùng mức xám thấp
  - ▶ ≡ ↑ độ tương phản ở vùng tối
- Dải mức xám cao rộng → hẹp
  - ▶ ≡ ↓ độ tương phản ở vùng sáng
- Biến đổi lô-ga-rít ngược thực hiện điều ngược lại

- **Chú ý:** Mọi hàm có dạng tương tự hàm lô-ga-rít đều có hiệu ứng tương tự

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi lô-ga-rít

$$s = c \times \log(1 + r) \text{ trong đó } c: \text{hằng số}; r \geq 0$$



- Dải mức xám thấp hẹp → rộng hơn
  - ▶ ↑ dải động cho vùng mức xám thấp
  - ▶ ≡ ↑ độ tương phản ở vùng tối
- Dải mức xám cao rộng → hẹp
  - ▶ ≡ ↓ độ tương phản ở vùng sáng
- Biến đổi lô-ga-rít ngược thực hiện điều ngược lại

- **Chú ý:** Mọi hàm có dạng tương tự hàm lô-ga-rít đều có hiệu ứng tương tự

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽm đến độ lệch (offset)} s = c(r + \epsilon)^\gamma$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$s = cr^\gamma$  hoặc có kẽ đến độ lệch (offset)  $s = c(r + \epsilon)^\gamma$

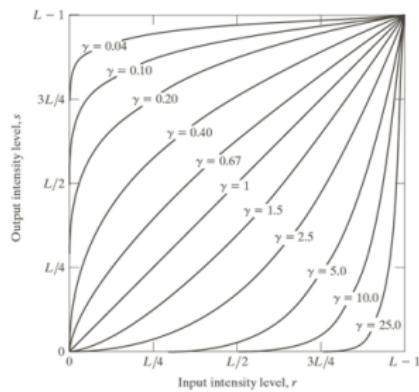
- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vân đề cân chỉnh hiển thị)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)



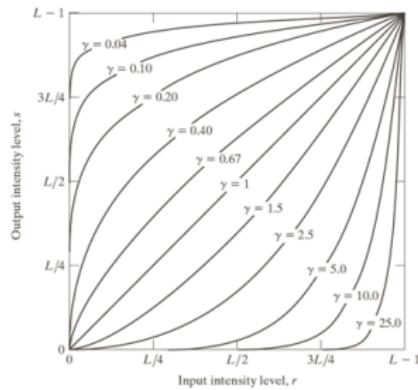
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

- $c$ ,  $\gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)

- $\gamma < 1$ :



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

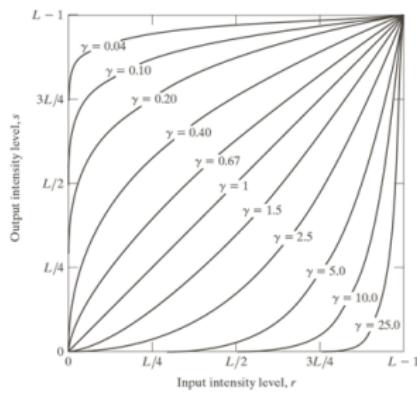
Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)

- $\gamma < 1$ :

- ▶ Tăng dải động cho vùng mức xám thấp, giảm dải động cho vùng xám mức cao



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

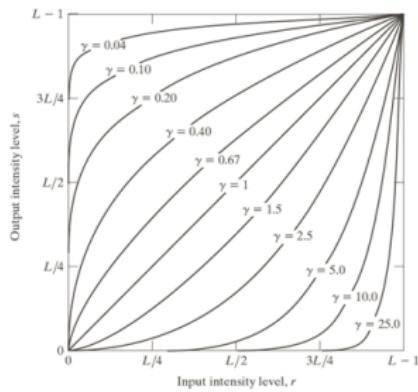
$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)

- $\gamma < 1$ :

- ▶ Tăng dải động cho vùng mức xám thấp, giảm dải động cho vùng xám mức cao

- ★ Tăng theo hàm mũ



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

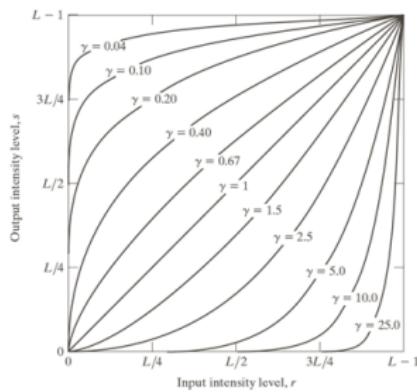
- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)

- $\gamma < 1$ :

- ▶ Tăng dải động cho vùng mức xám thấp, giảm dải động cho vùng xám mức cao

- ★ Tăng theo hàm mũ

- $\gamma > 1$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)

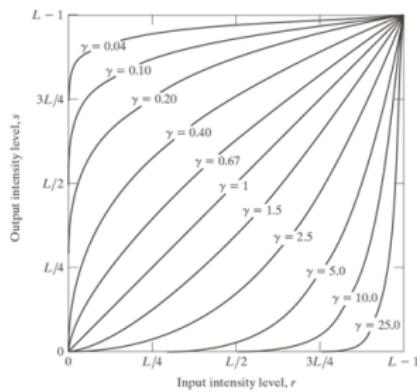
- $\gamma < 1$ :

- ▶ Tăng dải động cho vùng mức xám thấp, giảm dải động cho vùng xám mức cao

★ Tăng theo hàm mũ

- $\gamma > 1$

- ▶ Hiệu ứng ngược lại với trường hợp  $\gamma < 1$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)

- $\gamma < 1$ :

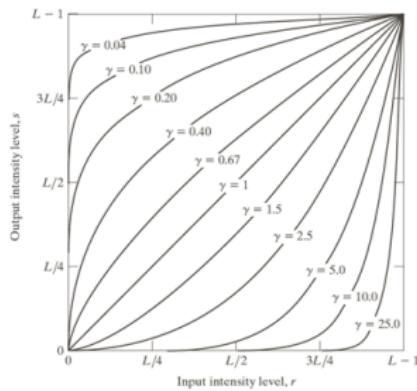
- ▶ Tăng dải động cho vùng mức xám thấp, giảm dải động cho vùng xám mức cao

- ★ Tăng theo hàm mũ

- $\gamma > 1$

- ▶ Hiệu ứng ngược lại với trường hợp  $\gamma < 1$

- $\gamma$  thay đổi để có các dạng đặc tuyến mong muốn khác nhau



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma)

$$s = cr^\gamma \text{ hoặc có kẽ đến độ lệch (offset) } s = c(r + \epsilon)^\gamma$$

- $c, \gamma$ : hằng số dương;  $\epsilon$ : độ lệch (do vấn đề cân chỉnh hiển thị)

- $\gamma < 1$ :

- ▶ Tăng dải động cho vùng mức xám thấp, giảm dải động cho vùng xám mức cao

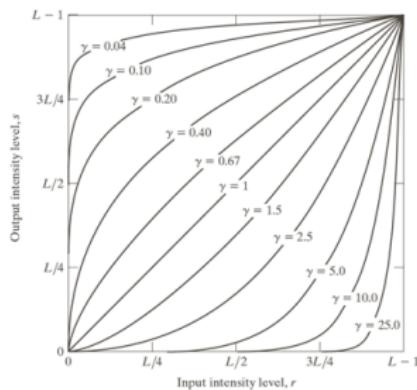
- ★ Tăng theo hàm mũ

- $\gamma > 1$

- ▶ Hiệu ứng ngược lại với trường hợp  $\gamma < 1$

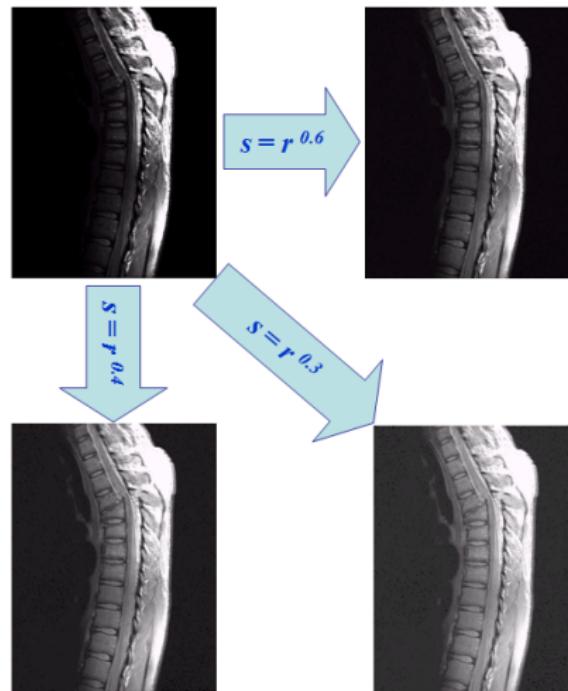
- $\gamma$  thay đổi để có các dạng đặc tuyến mong muốn khác nhau

- $c = \gamma = 1$ : Không có sự thay đổi giữa ảnh vào - ra (identity transformation)



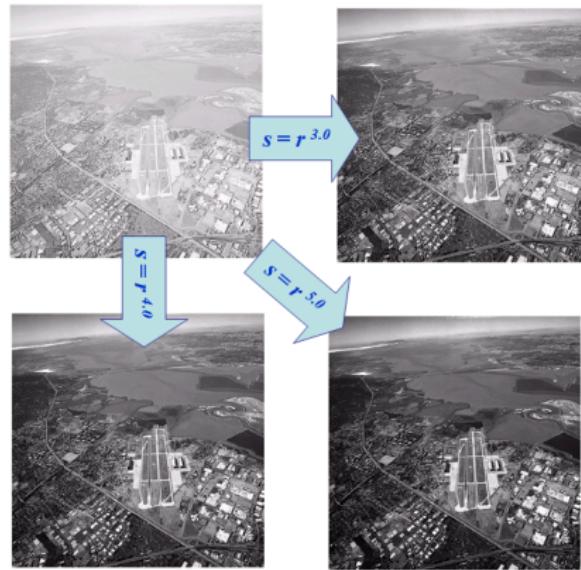
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma) - Minh họa (1)



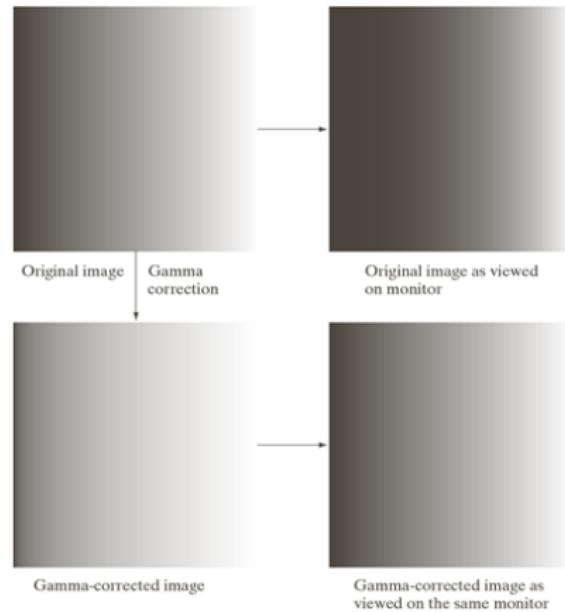
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma) - Minh họa (2)



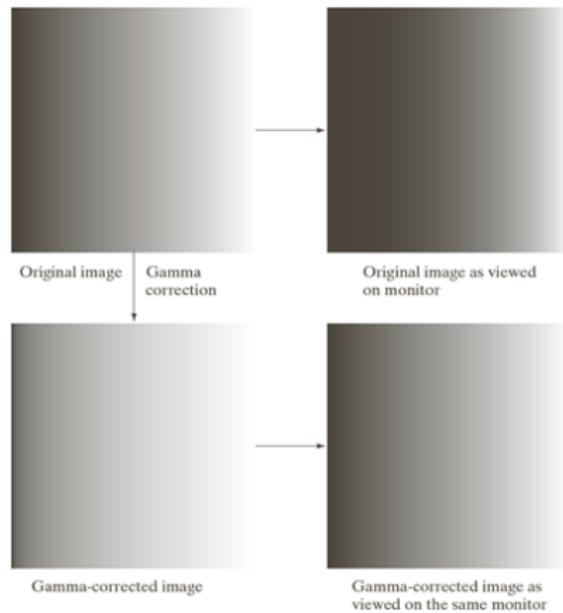
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma) - Gamma correction



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Biến đổi hàm mũ (Biến đổi Gamma) - Gamma correction



- Sử dụng biến đổi hàm mũ hoặc biến đổi lô-ga-rít để hiệu chỉnh bù trước khi hiển thị

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Phân ngưỡng

$$s = \begin{cases} intensity_{max} & \text{nếu } r \geq T \\ intensity_{min} & \text{nếu } r < T \end{cases} \quad \text{hoặc} \quad s = \{r \geq T?intensity_{max} : intensity_{min}\}$$

với  $T$  là ngưỡng.

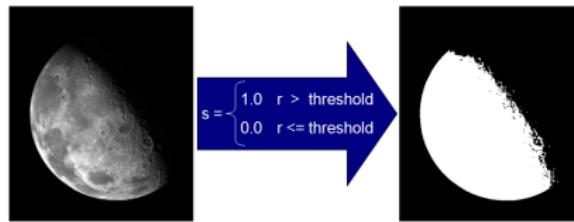


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Phân ngưỡng

$$s = \begin{cases} intensity_{max} & \text{nếu } r \geq T \\ intensity_{min} & \text{nếu } r < T \end{cases} \quad \text{hoặc} \quad s = \{r \geq T? intensity_{max} : intensity_{min}\}$$

với  $T$  là ngưỡng.

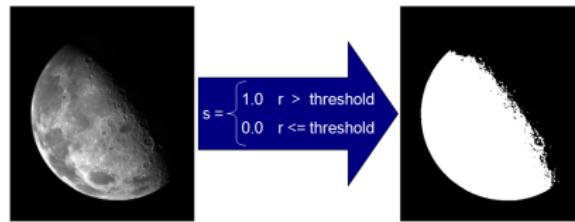


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Phân ngưỡng

$$s = \begin{cases} intensity_{max} & \text{nếu } r \geq T \\ intensity_{min} & \text{nếu } r < T \end{cases} \quad \text{hoặc} \quad s = \{r \geq T? intensity_{max} : intensity_{min}\}$$

với  $T$  là ngưỡng.



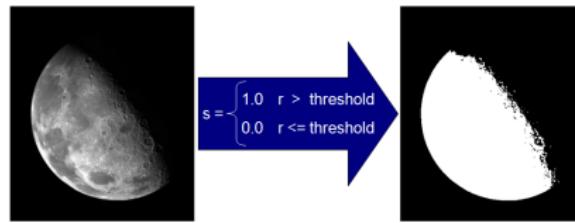
- Nếu  $T = const$ ,  $intensity_{min} = 0$ ,  $intensity_{max} = 1(255)$ : Ảnh thu được là ảnh nhị phân

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Phân ngưỡng

$$s = \begin{cases} intensity_{max} & \text{nếu } r \geq T \\ intensity_{min} & \text{nếu } r < T \end{cases} \quad \text{hoặc} \quad s = \{r \geq T? intensity_{max} : intensity_{min}\}$$

với  $T$  là ngưỡng.



- Nếu  $T = const$ ,  $intensity_{min} = 0$ ,  $intensity_{max} = 1(255)$ : Ảnh thu được là ảnh nhị phân
- Rất hữu ích trong phân vùng ảnh trong đó cần tách đối tượng quan tâm khỏi nền

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Tăng giảm độ sáng

$$s = r + c$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Tăng giảm độ sáng

$$s = r + c$$

- $c > 0$ : ảnh sáng lên;  $c < 0$ : ảnh tối đi



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Tăng giảm độ sáng

$$s = r + c$$

- $c > 0$ : ảnh sáng lên;  $c < 0$ : ảnh tối đi

$$s = c \times r$$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Tăng giảm độ sáng

$$s = r + c$$

- $c > 0$ : ảnh sáng lên;  $c < 0$ : ảnh tối đi

$$s = c \times r$$

- Hệ số  $c > 0$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Tăng giảm độ sáng

$$s = r + c$$

- $c > 0$ : ảnh sáng lên;  $c < 0$ : ảnh tối đi

$$s = c \times r$$

- Hệ số  $c > 0$
- $c > 1$ : ảnh sáng lên;  $c < 1$ : ảnh tối đi

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính

- Có thể sử dụng hàm bất kỳ tự định nghĩa làm hàm biến đổi



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính

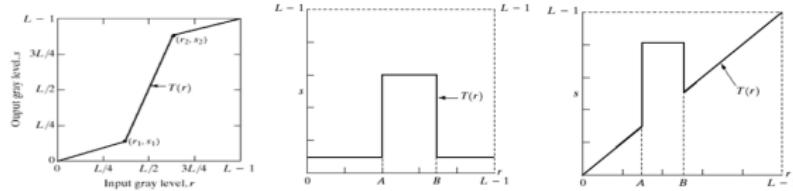
- Có thể sử dụng hàm bất kỳ tự định nghĩa làm hàm biến đổi
  - ▶ Có thể sử dụng các hàm toán học khác nhau trên các phân đoạn khác nhau để đạt được mong muốn



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

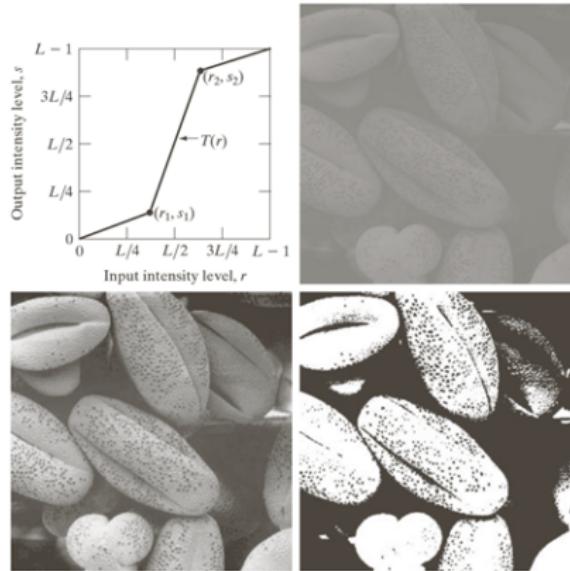
Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính

- Có thể sử dụng hàm bất kỳ tự định nghĩa làm hàm biến đổi
  - ▶ Có thể sử dụng các hàm toán học khác nhau trên các phân đoạn khác nhau để đạt được mong muốn



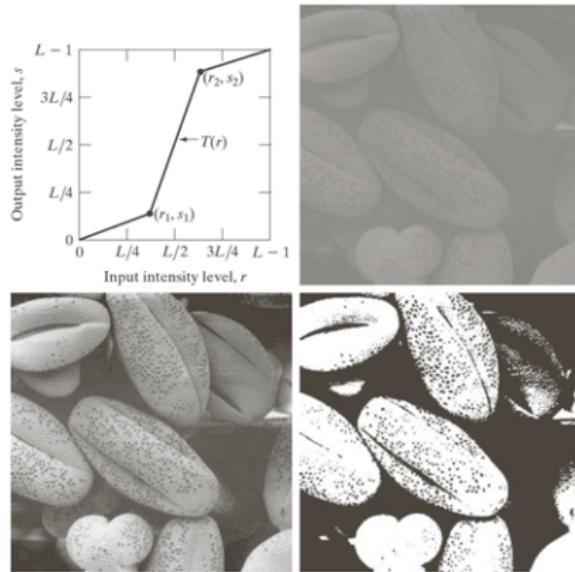
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Tăng giảm độ tương phản



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

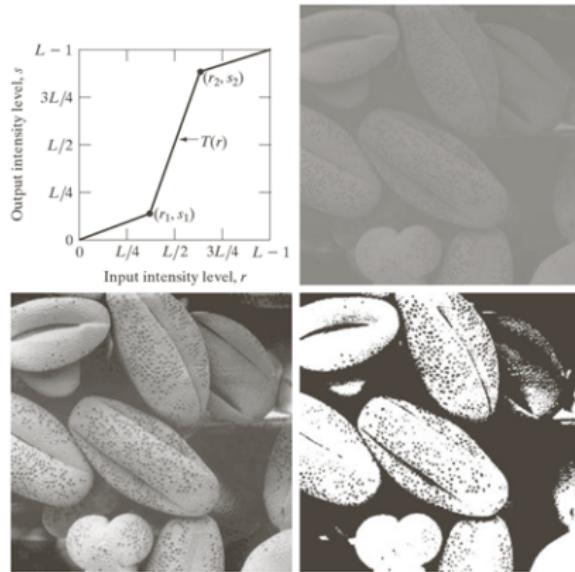
Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Tăng giảm độ tương phản



- Các điểm  $(r_1, s_1)$  và  $(r_2, s_2)$  quyết định định dạng của hàm chuyển đổi

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

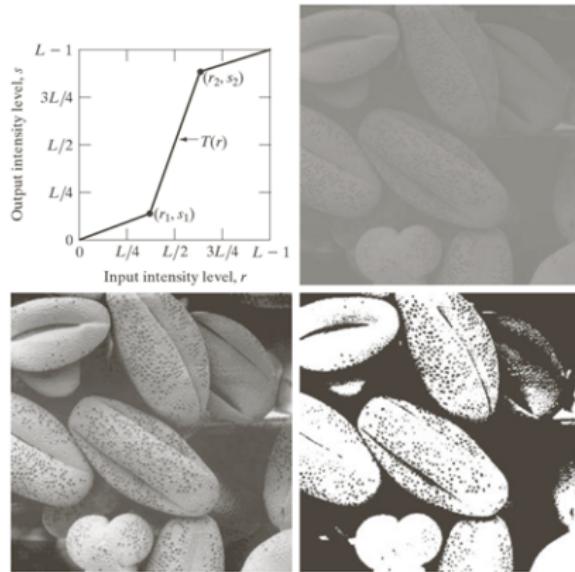
Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Tăng giảm độ tương phản



- Các điểm  $(r_1, s_1)$  và  $(r_2, s_2)$  quyết định định dạng của hàm chuyển đổi
  - ▶ Nếu  $r_1 \equiv r_2$  và  $s_1 = 0, s_2 = \text{intensity}_{\max}$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

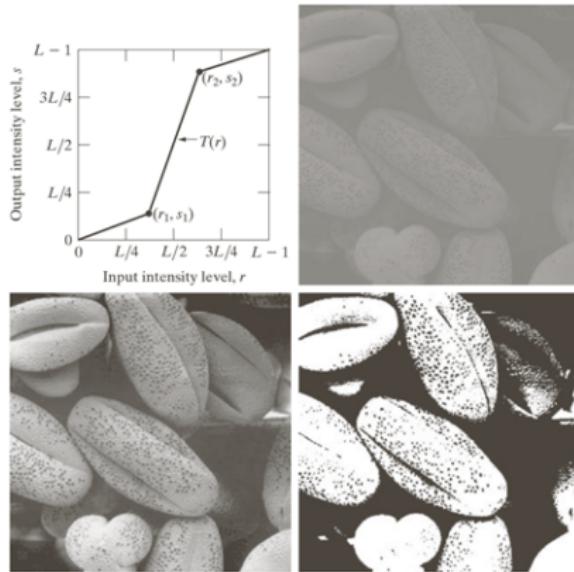
Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Tăng giảm độ tương phản



- Các điểm  $(r_1, s_1)$  và  $(r_2, s_2)$  quyết định định dạng của hàm chuyển đổi
  - ▶ Nếu  $r_1 \equiv r_2$  và  $s_1 = 0, s_2 = \text{intensity}_{\max} \Rightarrow$  Hàm tách ngưỡng

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Tăng giảm độ tương phản



- Các điểm  $(r_1, s_1)$  và  $(r_2, s_2)$  quyết định định dạng của hàm chuyển đổi
  - ▶ Nếu  $r_1 \equiv r_2$  và  $s_1 = 0, s_2 = intensity_{max} \Rightarrow$  Hàm tách ngưỡng
  - ▶ Điều kiện:  $r_1 \leq r_2, s_1 \leq s_2$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mức cường độ sáng

- Làm nổi bật một dải mức xám cụ thể



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mức cường độ sáng

- Làm nổi bật một dải mức xám cụ thể
  - ▶ Giữ nguyên hoặc nén các mức xám khác.



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mức cường độ sáng

- Làm nổi bật một dải mức xám cụ thể

- ▶ Giữ nguyên hoặc nén các mức xám khác.
- ▶ Rất hữu ích cho việc làm nổi bật các đặc trưng trong ảnh

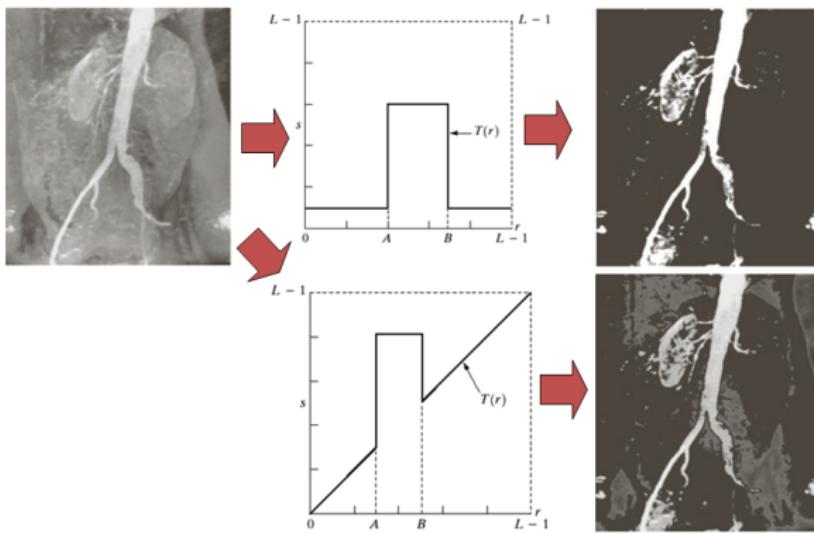


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mức cường độ sáng

- Làm nổi bật một dải mức xám cụ thể

- ▶ Giữ nguyên hoặc nén các mức xám khác.
- ▶ Rất hữu ích cho việc làm nổi bật các đặc trưng trong ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít

- Giá trị (mức xám) của các điểm ảnh là giá trị số: tổ hợp các bit



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít

- Giá trị (mức xám) của các điểm ảnh là giá trị số: tổ hợp các bít
  - ▶ Mỗi bít có vai trò nhất định đến biểu hiện toàn bộ của bức ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít

- Giá trị (mức xám) của các điểm ảnh là giá trị số: tổ hợp các bít
  - ▶ Mỗi bít có vai trò nhất định đến biểu hiện toàn bộ của bức ảnh
    - ★ Các bít bậc cao thường mang hầu hết những thông tin quan trọng mà mắt thường dễ nhận thấy



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít

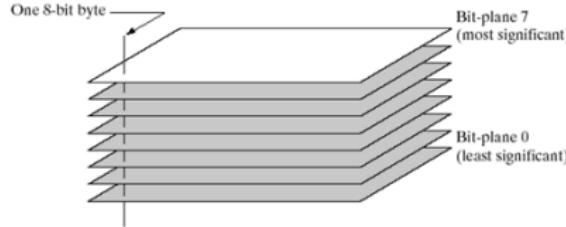
- Giá trị (mức xám) của các điểm ảnh là giá trị số: tổ hợp các bít
  - ▶ Mỗi bít có vai trò nhất định đến biểu hiện toàn bộ của bức ảnh
    - ★ Các bít bậc cao thường mang hầu hết những thông tin quan trọng mà mắt thường dễ nhận thấy
    - ★ Các bít bậc thấp mang các thông tin về các chi tiết khó quan sát



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

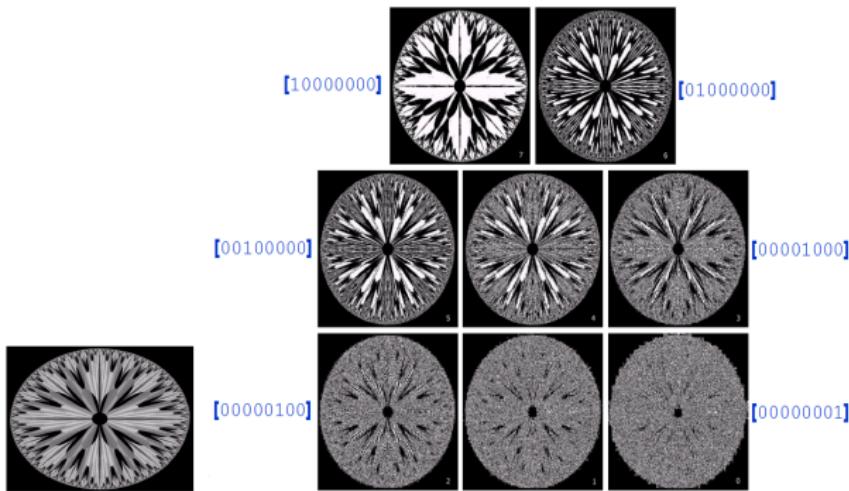
Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít

- Giá trị (mức xám) của các điểm ảnh là giá trị số: tổ hợp các bít
  - Mỗi bít có vai trò nhất định đến biểu hiện toàn bộ của bức ảnh
    - Các bít bậc cao thường mang hầu hết những thông tin quan trọng mà mắt thường dễ nhận thấy
    - Các bít bậc thấp mang các thông tin về các chi tiết khó quan sát



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít - Minh họa (1)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít - Minh họa (2)



(a) Gốc



(b) 8



(c) 7



(d) 6



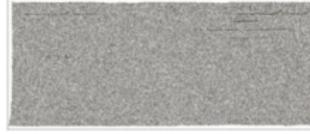
(e) 5



(f) 4



(g) 3



(h) 2



(i) 1

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Toán tử điểm ảnh: Sử dụng hàm biến đổi phân đoạn tuyến tính - Phân chia mặt phẳng bít - Minh họa (3)



(a) Gốc



(b) 7 và 8



(c) 6, 7 và 8



(d) 5, 6, 7 và 8

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ;



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ;



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ; số điểm ảnh có giá trị  $r_k$ :  $n_k$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ; số điểm ảnh có giá trị  $r_k$ :  $n_k$
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác suất  $p(r_k)$  của giá trị mức xám  $r_k$ :  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ; số điểm ảnh có giá trị  $r_k$ :  $n_k$
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác suất  $p(r_k)$  của giá trị mức xám  $r_k$ :  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$
  - ▶  $h(r_k) = n_k$ : lược đồ xám (histogram), hay biểu đồ tần xuất mức xám



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

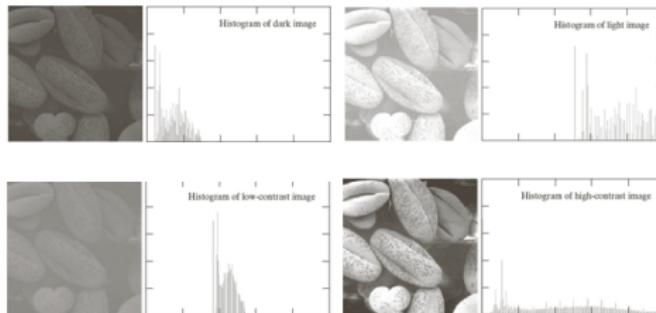
- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ; số điểm ảnh có giá trị  $r_k$ :  $n_k$
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác suất  $p(r_k)$  của giá trị mức xám  $r_k$ :  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$
  - ▶  $h(r_k) = n_k$ : lược đồ xám (histogram), hay biểu đồ tần xuất mức xám
  - ▶  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$ : lược đồ xám chuẩn hóa



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

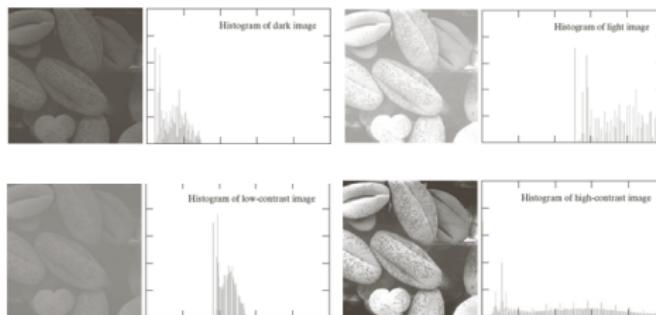
- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ; số điểm ảnh có giá trị  $r_k$ :  $n_k$
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác suất  $p(r_k)$  của giá trị mức xám  $r_k$ :  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$
  - ▶  $h(r_k) = n_k$ : lược đồ xám (histogram), hay biểu đồ tần xuất mức xám
  - ▶  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$ : lược đồ xám chuẩn hóa



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ; số điểm ảnh có giá trị  $r_k$ :  $n_k$
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác suất  $p(r_k)$  của giá trị mức xám  $r_k$ :  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$
  - ▶  $h(r_k) = n_k$ : lược đồ xám (histogram), hay biểu đồ tần xuất mức xám
  - ▶  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$ : lược đồ xám chuẩn hóa

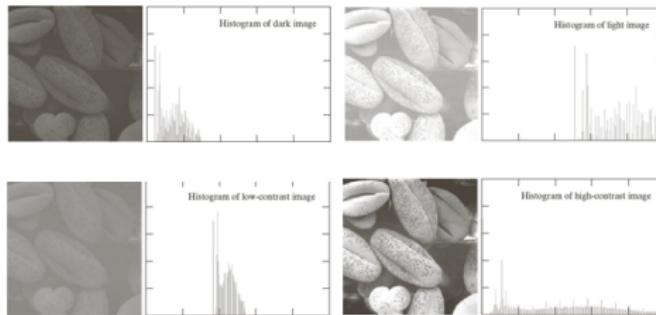


- Lược đồ xám mô tả tổng thể phân bố mức xám trong ảnh

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám?

- Coi các giá trị mức xám của một bức ảnh là một đại lượng ngẫu nhiên  $r_k$ 
  - ▶  $r_k \in \{0, \dots, L - 1\}$ ; với ảnh  $M \times N$ : có  $MN$  giá trị  $r_k$ ; số điểm ảnh có giá trị  $r_k$ :  $n_k$
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác suất  $p(r_k)$  của giá trị mức xám  $r_k$ :  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$
  - ▶  $h(r_k) = n_k$ : lược đồ xám (histogram), hay biểu đồ tần xuất mức xám
  - ▶  $p(r_k) = \frac{n_k}{MN}$ : lược đồ xám chuẩn hóa



- Lược đồ xám mô tả tổng thể phân bố mức xám trong ảnh
  - ▶ Là cơ sở của nhiều kỹ thuật xử lý ảnh trong miền không gian



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám - Minh họa tính toán

Tính lược đồ xám cho một ảnh (vùng ảnh) sau (giả sử ảnh có 8 mức xám):

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 7 \\ 2 & 2 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám - Minh họa tính toán

Tính lược đồ xám cho một ảnh (vùng ảnh) sau (giả sử ảnh có 8 mức xám):

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 7 \\ 2 & 2 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Theo dữ kiện ta có  $r_k \in \{0, \dots, 7\}$ . Bằng cách đếm lần lược số mức xám có giá trị là  $0, 1, \dots, 7$ , ta có



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Lược đồ xám - Minh họa tính toán

Tính lược đồ xám cho một ảnh (vùng ảnh) sau (giả sử ảnh có 8 mức xám):

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 7 \\ 2 & 2 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Theo dữ kiện ta có  $r_k \in \{0, \dots, 7\}$ . Bằng cách đếm lần lược số mức xám có giá trị là  $0, 1, \dots, 7$ , ta có

$r_k$	0	1	2	4	7
$h(r_k)$	5	7	5	2	1



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố đều (uniform)}$$

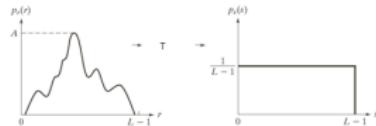


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố đều (uniform)}$$

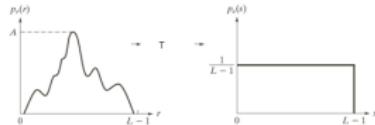


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố đều (uniform)}$$



$$\hat{s}_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

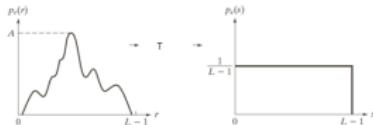
$$s_k = \text{round}(\hat{s}_k) \quad \text{với } k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố đều (uniform)}$$



$$\begin{aligned}\hat{s}_k &= T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j \\ s_k &= \text{round}(\hat{s}_k) \quad \text{với } k = 0, 1, 2, \dots, L-1\end{aligned}$$

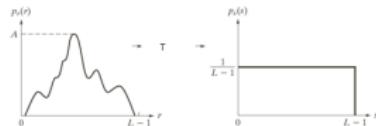
- Ảnh cân bằng lý tưởng là ảnh có  $p_s(s_k) = p_s(s_m) \forall s_k, s_m$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố đều (uniform)}$$



$$\hat{s}_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

$$s_k = \text{round}(\hat{s}_k) \quad \text{với } k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

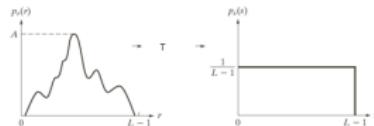
- Ảnh cân bằng lý tưởng là ảnh có  $p_s(s_k) = p_s(s_m) \forall s_k, s_m \Rightarrow n_k = n_m \forall k \neq m$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố đều (uniform)}$$



$$\hat{s}_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

$$s_k = \text{round}(\hat{s}_k) \quad \text{với } k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

- **Ảnh cân bằng lý tưởng** là ảnh có  $p_s(s_k) = p_s(s_m) \forall s_k, s_m \Rightarrow n_k = n_m \forall k \neq m$
- **Ảnh sau cân bằng chưa chắc đã là ảnh lý tưởng**

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-1)

Một ảnh  $I$  ( $64 \times 64$ ), trong đó mỗi điểm ảnh có mức xám được biểu diễn bởi 3 bít ( $L = 8$ ) gồm các giá trị  $\in [0, 1, \dots, 7]$  với phân bố cho trong bảng và minh họa như hình vẽ. Thực hiện cân bằng lược đồ xám (còn gọi là tuyến tính hóa lược đồ xám) cho ảnh  $I$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-1)

Một ảnh  $I$  ( $64 \times 64$ ), trong đó mỗi điểm ảnh có mức xám được biểu diễn bởi 3 bít ( $L = 8$ ) gồm các giá trị  $\in [0, 1, \dots, 7]$  với phân bố cho trong bảng và minh họa như hình vẽ. Thực hiện cân bằng lược đồ xám (còn gọi là tuyến tính hóa lược đồ xám) cho ảnh  $I$

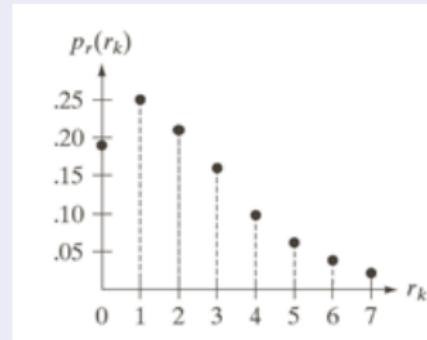
$r_k$	$n_k$	$p_r(r_k) = n_k / MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-1)

Một ảnh  $I$  ( $64 \times 64$ ), trong đó mỗi điểm ảnh có mức xám được biểu diễn bởi 3 bít ( $L = 8$ ) gồm các giá trị  $\in [0, 1, \dots, 7]$  với phân bố cho trong bảng và minh họa như hình vẽ. Thực hiện cân bằng lược đồ xám (còn gọi là tuyến tính hóa lược đồ xám) cho ảnh  $I$

$r_k$	$n_k$	$p_r(r_k) = n_k / MN$
$r_0 = 0$	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



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j)$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$
- Tương tự cho các giá trị còn lại



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$
- Tương tự cho các giá trị còn lại
  - ▶  $r_0 = 0 \rightarrow s_0 = 1, r_1 = 1 \rightarrow s_1 = 3, r_2 = 2 \rightarrow s_2 = 5,$   
 $\{r_3 = 3, r_4 = 4\} \rightarrow s_3 = s_4 = 6, \{r_5 = 5, r_6 = 6, r_7 = 7\} \rightarrow s_5 = s_6 = s_7 = 7$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$
- Tương tự cho các giá trị còn lại
  - ▶  $r_0 = 0 \rightarrow s_0 = 1, r_1 = 1 \rightarrow s_1 = 3, r_2 = 2 \rightarrow s_2 = 5,$   
 $\{r_3 = 3, r_4 = 4\} \rightarrow s_3 = s_4 = 6, \{r_5 = 5, r_6 = 6, r_7 = 7\} \rightarrow s_5 = s_6 = s_7 = 7$
  - ▶  $p_s(s_0 = 1) = 790/MN = p_r(r_0), \dots,$   
 $p_s(s_7 = 7) = (245 + 122 + 81)/MN = p_r(r_5) + p_r(r_6) + p_r(r_7)$

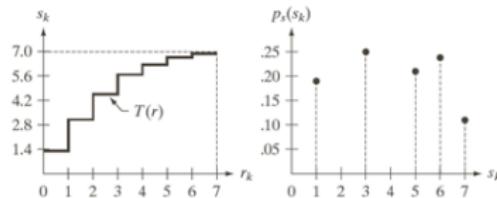


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$
- Tương tự cho các giá trị còn lại
  - ▶  $r_0 = 0 \rightarrow s_0 = 1, r_1 = 1 \rightarrow s_1 = 3, r_2 = 2 \rightarrow s_2 = 5,$   
 $\{r_3 = 3, r_4 = 4\} \rightarrow s_3 = s_4 = 6, \{r_5 = 5, r_6 = 6, r_7 = 7\} \rightarrow s_5 = s_6 = s_7 = 7$
  - ▶  $p_s(s_0 = 1) = 790/MN = p_r(r_0), \dots,$   
 $p_s(s_7 = 7) = (245 + 122 + 81)/MN = p_r(r_5) + p_r(r_6) + p_r(r_7)$

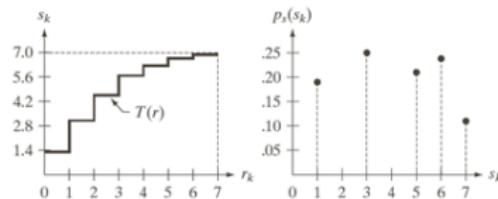


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$
- Tương tự cho các giá trị còn lại
  - ▶  $r_0 = 0 \rightarrow s_0 = 1, r_1 = 1 \rightarrow s_1 = 3, r_2 = 2 \rightarrow s_2 = 5,$   
 $\{r_3 = 3, r_4 = 4\} \rightarrow s_3 = s_4 = 6, \{r_5 = 5, r_6 = 6, r_7 = 7\} \rightarrow s_5 = s_6 = s_7 = 7$
  - ▶  $p_s(s_0 = 1) = 790/MN = p_r(r_0), \dots,$   
 $p_s(s_7 = 7) = (245 + 122 + 81)/MN = p_r(r_5) + p_r(r_6) + p_r(r_7)$



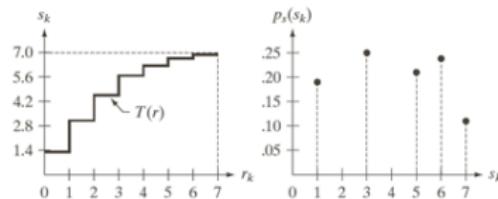
- Ảnh kết quả có số mức xám phân biệt giảm ( $0 \rightarrow 5$ )

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$
- Tương tự cho các giá trị còn lại
  - ▶  $r_0 = 0 \rightarrow s_0 = 1, r_1 = 1 \rightarrow s_1 = 3, r_2 = 2 \rightarrow s_2 = 5,$   
 $\{r_3 = 3, r_4 = 4\} \rightarrow s_3 = s_4 = 6, \{r_5 = 5, r_6 = 6, r_7 = 7\} \rightarrow s_5 = s_6 = s_7 = 7$
  - ▶  $p_s(s_0 = 1) = 790/MN = p_r(r_0), \dots,$   
 $p_s(s_7 = 7) = (245 + 122 + 81)/MN = p_r(r_5) + p_r(r_6) + p_r(r_7)$



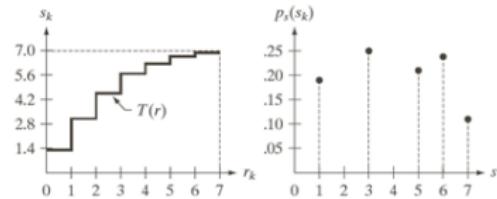
- Ảnh kết quả có số mức xám phân biệt giảm ( $0 \rightarrow 5$ )
- Lược đồ xám ảnh ra không thực sự phân bố đều

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

Theo công thức ta có:

- $\hat{s}_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33 \rightarrow s_0 = 1$
- $\hat{s}_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08 \rightarrow s_1 = 3$
- Tương tự cho các giá trị còn lại
  - ▶  $r_0 = 0 \rightarrow s_0 = 1, r_1 = 1 \rightarrow s_1 = 3, r_2 = 2 \rightarrow s_2 = 5,$   
 $\{r_3 = 3, r_4 = 4\} \rightarrow s_3 = s_4 = 6, \{r_5 = 5, r_6 = 6, r_7 = 7\} \rightarrow s_5 = s_6 = s_7 = 7$
  - ▶  $p_s(s_0 = 1) = 790/MN = p_r(r_0), \dots,$   
 $p_s(s_7 = 7) = (245 + 122 + 81)/MN = p_r(r_5) + p_r(r_6) + p_r(r_7)$



- Ảnh kết quả có số mức xám phân biệt giảm ( $0 \rightarrow 5$ )
- Lược đồ xám ảnh ra không thực sự phân bố đều mặc dù trải rộng và đều hơn so với ảnh gốc

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $n$ : số mức xám mới của ảnh sau cân bằng (thường bằng số mức xám của ảnh gốc)

**Output:** Ảnh cân bằng  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $n$ : số mức xám mới của ảnh sau cân bằng (thường bằng số mức xám của ảnh gốc)

**Output:** Ảnh cân bằng  $I'$

- ① Tính số điểm ảnh trung bình của mỗi mức xám sau khi cân bằng:  $TB = \frac{MN}{n}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $n$ : số mức xám mới của ảnh sau cân bằng (thường bằng số mức xám của ảnh gốc)

**Output:** Ảnh cân bằng  $I'$

- ① Tính số điểm ảnh trung bình của mỗi mức xám sau khi cân bằng:  $TB = \frac{MN}{n}$
- ② Lặp cho đến hết các giá trị mức xám có trong ảnh gốc:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $n$ : số mức xám mới của ảnh sau cân bằng (thường bằng số mức xám của ảnh gốc)

**Output:** Ảnh cân bằng  $I'$

- ① Tính số điểm ảnh trung bình của mỗi mức xám sau khi cân bằng:  $TB = \frac{MN}{n}$
- ② Lặp cho đến hết các giá trị mức xám có trong ảnh gốc:
  - ①  $P_k = \sum_{j=0}^k h(r_j)$  (tổng tần xuất các giá trị mức xám  $\leq r_k$ )



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $n$ : số mức xám mới của ảnh sau cân bằng (thường bằng số mức xám của ảnh gốc)

**Output:** Ảnh cân bằng  $I'$

① Tính số điểm ảnh trung bình của mỗi mức xám sau khi cân bằng:  $TB = \frac{MN}{n}$

② Lặp cho đến hết các giá trị mức xám có trong ảnh gốc:

$$\textcircled{1} \quad P_k = \sum_{j=0}^k h(r_j) \quad (\text{tổng tần xuất các giá trị mức xám } \leq r_k)$$

$$\textcircled{2} \quad s_k = \max\left(0, \text{round}\left(\frac{P_k}{TB}\right) - 1\right)$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định: Minh họa tính toán

Thực hiện cân bằng ảnh / cho như sau với số mức xám mới  $n = 4$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định: Minh họa tính toán

Thực hiện cân bằng ảnh / cho như sau với số mức xám mới  $n = 4$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$r_k$	1	2	3	4	5	6	7	9
$h(r_k)$	5	5	1	3	1	2	2	1
$P_k$	5	10	11	14	15	17	19	20
$s_k$	0	1	1	2	2	2	3	3



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định: Minh họa tính toán

Thực hiện cân bằng ảnh  $I$  cho như sau với số mức xám mới  $n = 4$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$r_k$	1	2	3	4	5	6	7	9
$h(r_k)$	5	5	1	3	1	2	2	1
$P_k$	5	10	11	14	15	17	19	20
$s_k$	0	1	1	2	2	2	3	3

$$I' = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Cân bằng lược đồ xám (2) - Số mức xám ra xác định: Minh họa tính toán

Thực hiện cân bằng ảnh / cho như sau với số mức xám mới  $n = 4$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$r_k$	1	2	3	4	5	6	7	9
$h(r_k)$	5	5	1	3	1	2	2	1
$P_k$	5	10	11	14	15	17	19	20
$s_k$	0	1	1	2	2	2	3	3

$$I' = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Ảnh kết quả chưa phải là ảnh cân bằng lý tưởng

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố mong muốn}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đối sánh lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố mong muốn}$$

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $h(z_k)$ ,  $p(z_k)$ : lược đồ xám mong muốn của ảnh đầu ra

**Output:** Hàm biến đổi, và ảnh  $I'$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đối sánh lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố mong muốn}$$

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $h(z_k)$ ,  $p(z_k)$ : lược đồ xám mong muốn của ảnh đầu ra

**Output:** Hàm biến đổi, và ảnh  $I'$

- ① Tính  $p_r(r_k)$ , sử dụng phương pháp cân bằng lược đồ xám tìm  $s_k \in [0, 1, \dots, L - 1]$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đối sánh lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố mong muốn}$$

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $h(z_k)$ ,  $p(z_k)$ : lược đồ xám mong muốn của ảnh đầu ra

**Output:** Hàm biến đổi, và ảnh  $I'$

- ① Tính  $p_r(r_k)$ , sử dụng phương pháp cân bằng lược đồ xám tìm  $s_k \in [0, 1, \dots, L - 1]$
- ② Tính tất cả các giá trị của hàm biến đổi  $G$ :  $\hat{G}(z_q) = (L - 1) \sum_{j=0}^q p_z(z_k)$  với  $q = 0, 1, \dots, L - 1$ .  $\hat{G}(z_q) \xrightarrow{\text{làm tròn}} G(z_q) \in [0, 1, \dots, L - 1]$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đối sánh lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố mong muốn}$$

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $h(z_k)$ ,  $p(z_k)$ : lược đồ xám mong muốn của ảnh đầu ra

**Output:** Hàm biến đổi, và ảnh  $I'$

- ① Tính  $p_r(r_k)$ , sử dụng phương pháp cân bằng lược đồ xám tìm  $s_k \in [0, 1, \dots, L - 1]$
- ② Tính tất cả các giá trị của hàm biến đổi  $G$ :  $\hat{G}(z_q) = (L - 1) \sum_{j=0}^q p_z(z_k)$  với  $q = 0, 1, \dots, L - 1$ .  $\hat{G}(z_q) \xrightarrow{\text{làm tròn}} G(z_q) \in [0, 1, \dots, L - 1]$
- ③ Với mỗi  $s_k$  ( $k = 0, 1, \dots, L - 1$ ), tìm các giá trị tương ứng của  $z_q$  sao cho  $G(z_q) \approx s_k$ . Lưu các ánh xạ  $s_k \rightarrow z_q$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đối sánh lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố mong muốn}$$

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $h(z_k)$ ,  $p(z_k)$ : lược đồ xám mong muốn của ảnh đầu ra

**Output:** Hàm biến đổi, và ảnh  $I'$

- ① Tính  $p_r(r_k)$ , sử dụng phương pháp cân bằng lược đồ xám tìm  $s_k \in [0, 1, \dots, L - 1]$
- ② Tính tất cả các giá trị của hàm biến đổi  $G$ :  $\hat{G}(z_q) = (L - 1) \sum_{j=0}^q p_z(z_k)$  với  $q = 0, 1, \dots, L - 1$ .  $\hat{G}(z_q) \xrightarrow{\text{làm tròn}} G(z_q) \in [0, 1, \dots, L - 1]$
- ③ Với mỗi  $s_k$  ( $k = 0, 1, \dots, L - 1$ ), tìm các giá trị tương ứng của  $z_q$  sao cho  $G(z_q) \approx s_k$ . Lưu các ánh xạ  $s_k \rightarrow z_q$ 
  - ▶ Nếu có nhiều hơn một giá trị  $z_q$  thỏa mãn cho một giá trị  $s_k$ : chọn  $z_q$  nhỏ nhất

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đối sánh lược đồ xám

Mục tiêu là cần tìm hàm biến đổi  $T()$ :  $s = T(r)$  sao cho:

$$p_r(r_k) \xrightarrow{T()} p_s(s_k) \quad \text{phân bố mong muốn}$$

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ),  $h(z_k)$ ,  $p(z_k)$ : lược đồ xám mong muốn của ảnh đầu ra

**Output:** Hàm biến đổi, và ảnh  $I'$

- ① Tính  $p_r(r_k)$ , sử dụng phương pháp cân bằng lược đồ xám tìm  $s_k \in [0, 1, \dots, L - 1]$
- ② Tính tất cả các giá trị của hàm biến đổi  $G$ :  $\hat{G}(z_q) = (L - 1) \sum_{j=0}^q p_z(z_k)$  với  $q = 0, 1, \dots, L - 1$ .  $\hat{G}(z_q) \xrightarrow{\text{làm tròn}} G(z_q) \in [0, 1, \dots, L - 1]$
- ③ Với mỗi  $s_k$  ( $k = 0, 1, \dots, L - 1$ ), tìm các giá trị tương ứng của  $z_q$  sao cho  $G(z_q) \approx s_k$ . Lưu các ánh xạ  $s_k \rightarrow z_q$ 
  - ▶ Nếu có nhiều hơn một giá trị  $z_q$  thỏa mãn cho một giá trị  $s_k$ : chọn  $z_q$  nhỏ nhất
- ④ Tái tạo ảnh ra (với lược đồ xám mong muốn): sử dụng ánh xạ  $s_k \rightarrow z_q$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-1)

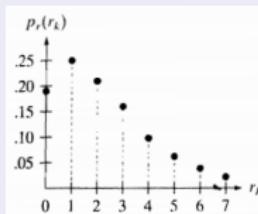
Một ảnh  $I$  ( $64 \times 64$ ), trong đó mỗi điểm ảnh có mức xám được biểu diễn bởi 3 bít ( $L = 8$ ) gồm các giá trị  $\in [0, 1, \dots, 7]$  với phân bố cho trong bảng và minh họa như hình vẽ. Người ta mong muốn ảnh thu được có lược đồ xám  $p_z(z_q)$ .

$r_k$	$n_k$	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	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

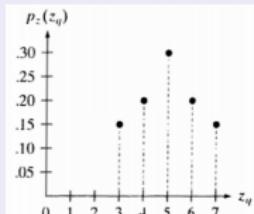
(a) Ảnh gốc

$z_q$	$p_z(z_q)$
$z_0 = 0$	0.00
$z_1 = 1$	0.00
$z_2 = 2$	0.00
$z_3 = 3$	0.15
$z_4 = 4$	0.20
$z_5 = 5$	0.30
$z_6 = 6$	0.20
$z_7 = 7$	0.15

(b) Ảnh KQ



(c) Ảnh gốc



(d) Ảnh KQ

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6, s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j)$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶  $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j)$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶  $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)]$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶  $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)] = 0.00 \rightarrow 0$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶  $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)] = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶ Một cách tương tự:  $G(z_2) = 0.00 \rightarrow 0; G(z_3) = 1.05 \rightarrow 1;$   
 $G(z_4) = 2.45 \rightarrow 2; G(z_5) = 4.55 \rightarrow 5; G(z_6) = 5.95 \rightarrow 6;$   
 $G(z_7) = 7.00 \rightarrow 7$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶  $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)] = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶ Một cách tương tự:  $G(z_2) = 0.00 \rightarrow 0; G(z_3) = 1.05 \rightarrow 1;$   
 $G(z_4) = 2.45 \rightarrow 2; G(z_5) = 4.55 \rightarrow 5; G(z_6) = 5.95 \rightarrow 6;$   
 $G(z_7) = 7.00 \rightarrow 7$

$z_q$	$G(z_q)$
$z_0 = 0$	0
$z_1 = 1$	0
$z_2 = 2$	0
$z_3 = 3$	1
$z_4 = 4$	2
$z_5 = 5$	5

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶  $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)] = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶ Một cách tương tự:  $G(z_2) = 0.00 \rightarrow 0; G(z_3) = 1.05 \rightarrow 1;$   
 $G(z_4) = 2.45 \rightarrow 2; G(z_5) = 4.55 \rightarrow 5; G(z_6) = 5.95 \rightarrow 6;$   
 $G(z_7) = 7.00 \rightarrow 7$

$z_q$	$G(z_q)$
$z_0 = 0$	0
$z_1 = 1$	0
$z_2 = 2$	0
$z_3 = 3$	1
$z_4 = 4$	2
$z_5 = 5$	5

- Tìm  $\{z_q\}_{min}$  sao cho giá trị  $G(z_q)$  gần với  $s_k$  nhất.



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6,$   
 $s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - ▶  $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶  $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)] = 0.00 \rightarrow 0$
  - ▶ Một cách tương tự:  $G(z_2) = 0.00 \rightarrow 0; G(z_3) = 1.05 \rightarrow 1;$   
 $G(z_4) = 2.45 \rightarrow 2; G(z_5) = 4.55 \rightarrow 5; G(z_6) = 5.95 \rightarrow 6;$   
 $G(z_7) = 7.00 \rightarrow 7$

$z_q$	$G(z_q)$
$z_0 = 0$	0
$z_1 = 1$	0
$z_2 = 2$	0
$z_3 = 3$	1
$z_4 = 4$	2
$z_5 = 5$	5

- Tìm  $\{z_q\}_{min}$  sao cho giá trị  $G(z_q)$  gần với  $s_k$  nhất.

▶  $s_0 = 1 \Leftrightarrow G(z_3) = 1$ : bằng đúng  
chính xác  $\Rightarrow s_0 \rightarrow z_3$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-2)

- Lặp lại tính toán cân bằng lược đồ xám ta có:  $s_0 = 1, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 6, s_4 = 6, s_5 = 7, s_6 = 7$ , và  $s_7 = 7$
- Tính các giá trị của  $G$ :
  - $G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00 \rightarrow 0$
  - $G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)] = 0.00 \rightarrow 0$
  - Một cách tương tự:  $G(z_2) = 0.00 \rightarrow 0; G(z_3) = 1.05 \rightarrow 1; G(z_4) = 2.45 \rightarrow 2; G(z_5) = 4.55 \rightarrow 5; G(z_6) = 5.95 \rightarrow 6; G(z_7) = 7.00 \rightarrow 7$

$z_q$	$G(z_q)$
$z_0 = 0$	0
$z_1 = 1$	0
$z_2 = 2$	0
$z_3 = 3$	1
$z_4 = 4$	2
$z_5 = 5$	5

- Tìm  $\{z_q\}_{min}$  sao cho giá trị  $G(z_q)$  gần với  $s_k$  nhất.

►  $s_0 = 1 \leftrightarrow G(z_3) = 1$ : bằng đúng chính xác  $\Rightarrow s_0 \rightarrow z_3$

$s_k$	$\longrightarrow$	$z_q$
1	$\longrightarrow$	3
3	$\longrightarrow$	4
5	$\longrightarrow$	5



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-3)

- Lược đồ xám của ảnh kết quả:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-3)

- Lược đồ xám của ảnh kết quả:

- ▶ Ta có ánh xạ  $s = 0 \rightarrow z = 3$ ; mà  $s = 1$  có 790 điểm  $\Rightarrow p_z(z_3) = 790/4096 = 0.19$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-3)

- Lược đồ xám của ảnh kết quả:

- ▶ Ta có ánh xạ  $s = 0 \rightarrow z = 3$ ; mà  $s = 1$  có 790 điểm  $\Rightarrow p_z(z_3) = 790/4096 = 0.19$

$z_q$	Specified $p_z(z_q)$	Actual $p_z(z_k)$
$z_0 = 0$	0.00	0.00
$z_1 = 1$	0.00	0.00
$z_2 = 2$	0.00	0.00
$z_3 = 3$	0.15	0.19
$z_4 = 4$	0.20	0.25
$z_5 = 5$	0.30	0.21
$z_6 = 6$	0.20	0.24
$z_7 = 7$	0.15	0.11



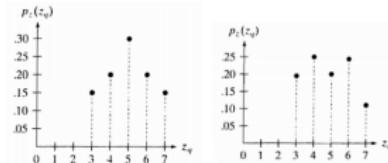
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-3)

- Lược đồ xám của ảnh kết quả:

- ▶ Ta có ánh xạ  $s = 0 \rightarrow z = 3$ ; mà  $s = 1$  có 790 điểm  $\Rightarrow p_z(z_3) = 790/4096 = 0.19$

<b>Specified</b> $z_q$	<b>Actual</b> $p_z(z_q)$
$z_0 = 0$	0.00
$z_1 = 1$	0.00
$z_2 = 2$	0.00
$z_3 = 3$	0.15
$z_4 = 4$	0.20
$z_5 = 5$	0.30
$z_6 = 6$	0.20
$z_7 = 7$	0.15



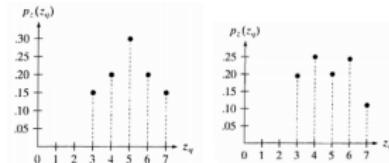
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-3)

- Lược đồ xám của ảnh kết quả:

- ▶ Ta có ánh xạ  $s = 0 \rightarrow z = 3$ ; mà  $s = 1$  có 790 điểm  $\Rightarrow p_z(z_3) = 790/4096 = 0.19$

<b>Specified</b> $p_z(z_q)$	<b>Actual</b> $p_z(z_k)$
$z_0 = 0$	0.00
$z_1 = 1$	0.00
$z_2 = 2$	0.00
$z_3 = 3$	0.15
$z_4 = 4$	0.20
$z_5 = 5$	0.30
$z_6 = 6$	0.20
$z_7 = 7$	0.15



(a) Mong (b) Ảnh KQ  
muốn

- Lược đồ xám của ảnh kết quả không trùng hoàn toàn với lược đồ mong muốn

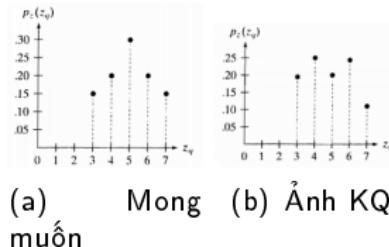
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đôi sánh lược đồ xám - Minh họa tính toán (1-3)

- Lược đồ xám của ảnh kết quả:

- ▶ Ta có ánh xạ  $s = 0 \rightarrow z = 3$ ; mà  $s = 1$  có 790 điểm  $\Rightarrow p_z(z_3) = 790/4096 = 0.19$

<b>Specified</b> $p_z(z_q)$	<b>Actual</b> $p_z(z_k)$
$z_0 = 0$	0.00
$z_1 = 1$	0.00
$z_2 = 2$	0.00
$z_3 = 3$	0.15
$z_4 = 4$	0.20
$z_5 = 5$	0.30
$z_6 = 6$	0.20
$z_7 = 7$	0.15

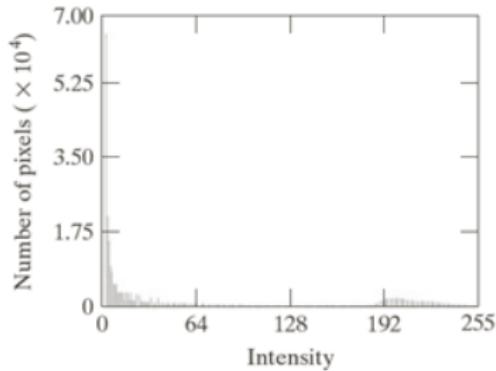


- Lược đồ xám của ảnh kết quả không trùng hoàn toàn với lược đồ mong muốn

- ▶ Dạng thức chung phân bố các mức xám tương đối giống nhau.

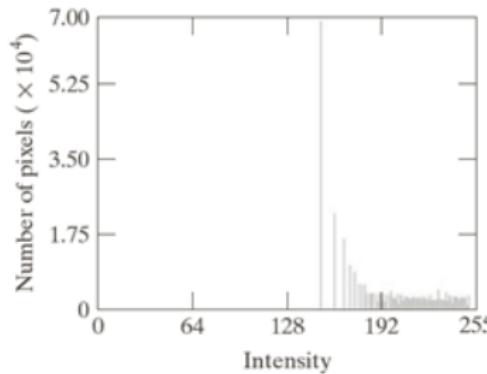
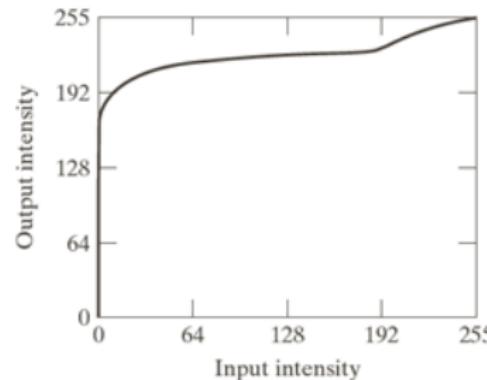
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đôi sánh lược đồ xám - Minh họa (2-1)



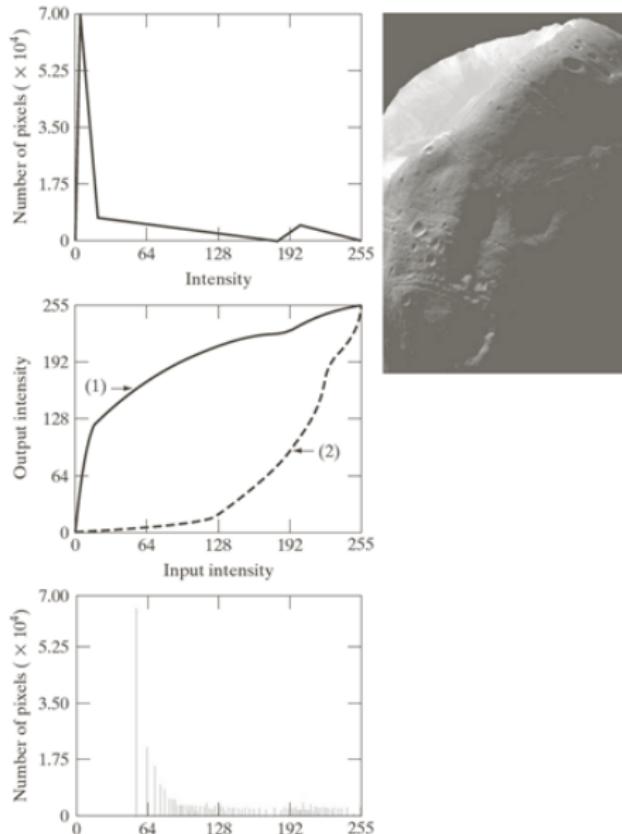
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa (2-2)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Đổi sánh lược đồ xám - Minh họa (2-3)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý lược đồ xám cục bộ

- Xử lý lược đồ xám toàn cục:

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý lược đồ xám cục bộ

- Xử lý lược đồ xám toàn cục:

- ▶ Hàm biến đổi  $T()$  dựa trên phân bố mức xám trên toàn bộ ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý lược đồ xám cục bộ

- Xử lý lược đồ xám toàn cục:

- ▶ Hàm biến đổi  $T()$  dựa trên phân bố mức xám trên toàn bộ ảnh
- ▶ Các phương pháp đã nghiên cứu trong các phần trước thuộc lớp này



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý lược đồ xám cục bộ

- Xử lý lược đồ xám toàn cục:

- ▶ Hàm biến đổi  $T()$  dựa trên phân bố mức xám trên toàn bộ ảnh
- ▶ Các phương pháp đã nghiên cứu trong các phần trước thuộc lớp này

- Xử lý lược đồ xám cục bộ:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý lược đồ xám cục bộ

- Xử lý lược đồ xám toàn cục:

- ▶ Hàm biến đổi  $T()$  dựa trên phân bố mức xám trên toàn bộ ảnh
  - ▶ Các phương pháp đã nghiên cứu trong các phần trước thuộc lớp này

- Xử lý lược đồ xám cục bộ:

- ▶ Xác định hàm biến đổi  $T()$  dựa trên phân bố mức xám trong một vùng nhỏ lân cận điểm ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

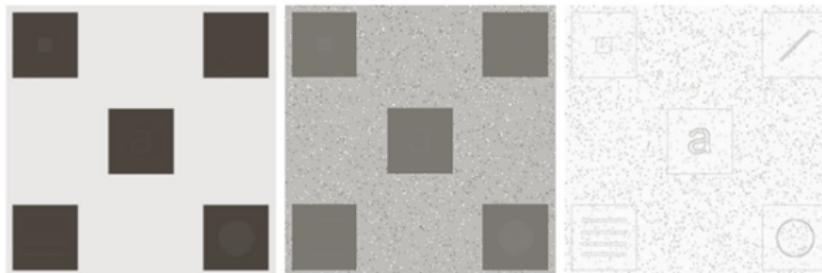
Xử lý lược đồ xám: Xử lý lược đồ xám cục bộ

- Xử lý lược đồ xám toàn cục:

- ▶ Hàm biến đổi  $T()$  dựa trên phân bố mức xám trên toàn bộ ảnh
- ▶ Các phương pháp đã nghiên cứu trong các phần trước thuộc lớp này

- Xử lý lược đồ xám cục bộ:

- ▶ Xác định hàm biến đổi  $T()$  dựa trên phân bố mức xám trong một vùng nhỏ lân cận điểm ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thông kê lược đồ xám tăng cường ảnh

- Đặc trưng thông kê toàn cục:

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

- Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:

$$m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j) \text{ hoặc tính trực tiếp từ ảnh } m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

- Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:

$$m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j) \text{ hoặc tính trực tiếp từ ảnh } m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$$

- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

- Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

- Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

- Đặc trưng thống kê cục bộ:

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

- Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

- Đặc trưng thống kê cục bộ:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám trong một vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $m_{S_{xy}} = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh:  
 $m_{S_{xy}} = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} f(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

## • Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

## • Đặc trưng thống kê cục bộ:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám trong một vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $m_{S_{xy}} = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh:  
 $m_{S_{xy}} = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} f(x, y)$ 
  - ★  $p_{S_{xy}}$ : lược đồ xám của vùng  $S_{xy}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

## • Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

## • Đặc trưng thống kê cục bộ:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám trong một vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $m_{S_{xy}} = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh:  
 $m_{S_{xy}} = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} f(x, y)$ 
  - ★  $p_{S_{xy}}$ : lược đồ xám của vùng  $S_{xy}$
- ▶ Phương sai mức xám trong vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m_{S_{xy}})^2 p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} [f(x, y) - m]^2$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

## • Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

## • Đặc trưng thống kê cục bộ:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám trong một vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $m_{S_{xy}} = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh:  
 $m_{S_{xy}} = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} f(x, y)$ 
  - ★  $p_{S_{xy}}$ : lược đồ xám của vùng  $S_{xy}$
- ▶ Phương sai mức xám trong vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m_{S_{xy}})^2 p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} [f(x, y) - m]^2$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

## • Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

## • Đặc trưng thống kê cục bộ:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám trong một vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $m_{S_{xy}} = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh:  
 $m_{S_{xy}} = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} f(x, y)$ 
  - ★  $p_{S_{xy}}$ : lược đồ xám của vùng  $S_{xy}$
- ▶ Phương sai mức xám trong vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m_{S_{xy}})^2 p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} [f(x, y) - m]^2$

## • Kỳ vọng (giá trị trung bình): đo lường giá trị trung bình mức xám của ảnh (vùng ảnh)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh

## • Đặc trưng thống kê toàn cục:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám (mean, average intensity) của ảnh:  
 $m = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $m = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$
- ▶ Moment bậc  $n$  quanh giá trị trung bình:  $\mu_n(r) = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^n p(r_j)$ 
  - ★ Moment bậc 2 hay phương sai:  $\mu_2(r) = \sigma^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m)^2 p(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ ảnh  $\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$

## • Đặc trưng thống kê cục bộ:

- ▶ Giá trị trung bình mức xám trong một vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $m_{S_{xy}} = \sum_{j=0}^{L-1} r_j p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh:  
 $m_{S_{xy}} = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} f(x, y)$ 
  - ★  $p_{S_{xy}}$ : lược đồ xám của vùng  $S_{xy}$
- ▶ Phương sai mức xám trong vùng lân cận  $S_{xy}$  của điểm  $(x, y)$ :  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (r_j - m_{S_{xy}})^2 p_{S_{xy}}(r_j)$  hoặc tính trực tiếp từ vùng ảnh  
 $\sigma_{S_{xy}}^2 = \frac{1}{|S_{xy}|} \sum_{x \in S_{xy}} \sum_{y \in S_{xy}} [f(x, y) - m]^2$

- Kỳ vọng (giá trị trung bình): đo lường giá trị trung bình mức xám của ảnh (vùng ảnh)
- Phương sai (độ lệch chuẩn): đo lường độ tương phản của ảnh (vùng ảnh)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...
  - ▶  $\Rightarrow p(r_0) = \frac{6}{25} = 0.24, \dots$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...
  - ▶  $\Rightarrow p(r_0) = \frac{6}{25} = 0.24, \dots$
- Giá trị trung bình  $m = \sum_{j=0}^3 r_j p(r_j)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...
  - ▶  $\Rightarrow p(r_0) = \frac{6}{25} = 0.24, \dots$
- Giá trị trung bình  $m = \sum_{j=0}^3 r_j p(r_j)$   
 $= 0 \times 0.24 + 1 \times 0.28 + 2 \times 0.28 + 3 \times 0.20$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...
  - ▶  $\Rightarrow p(r_0) = \frac{6}{25} = 0.24, \dots$
- Giá trị trung bình  $m = \sum_{j=0}^3 r_j p(r_j)$   
 $= 0 \times 0.24 + 1 \times 0.28 + 2 \times 0.28 + 3 \times 0.20 = 1.44$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...
  - ▶  $\Rightarrow p(r_0) = \frac{6}{25} = 0.24, \dots$
- Giá trị trung bình  $m = \sum_{j=0}^3 r_j p(r_j)$   
 $= 0 \times 0.24 + 1 \times 0.28 + 2 \times 0.28 + 3 \times 0.20 = 1.44$
- Hoặc tính trực tiếp từ ảnh:  $m = \frac{1}{25} \sum_{x=0}^4 \sum_{y=0}^4 f(x, y)$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...
  - ▶  $\Rightarrow p(r_0) = \frac{6}{25} = 0.24, \dots$
- Giá trị trung bình  $m = \sum_{j=0}^3 r_j p(r_j)$   
 $= 0 \times 0.24 + 1 \times 0.28 + 2 \times 0.28 + 3 \times 0.20 = 1.44$
- Hoặc tính trực tiếp từ ảnh:  $m = \frac{1}{25} \sum_{x=0}^4 \sum_{y=0}^4 f(x, y) = 1.44$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thống kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ tính toán đặc trưng thống kê

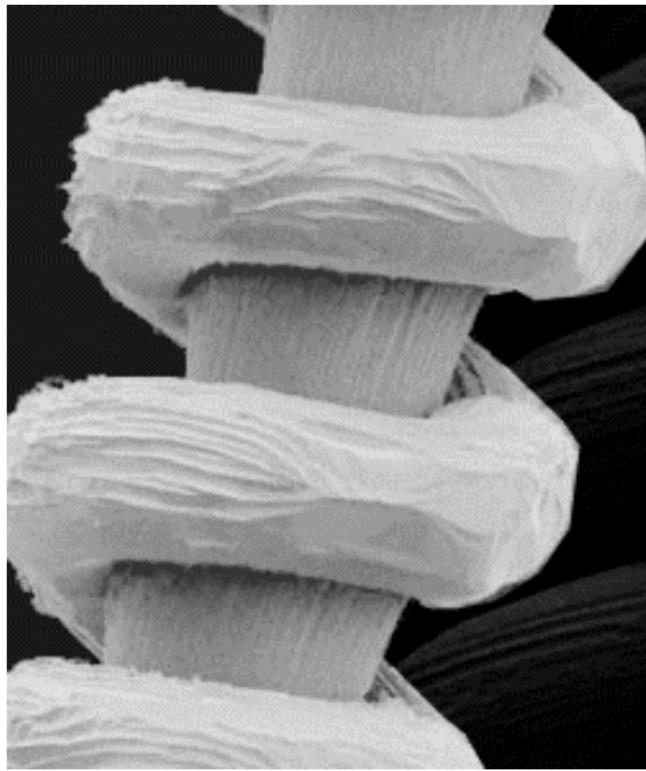
Xét một ảnh 2-bit kích thước  $5 \times 5$  như sau, tìm các đặc trưng thống kê của ảnh.

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

- Vì ảnh 2-bít  $\Rightarrow L = 4 \Rightarrow$  mức xám  $\in [0, 3]$
- Ảnh có tổng cộng  $5 \times 5 = 25$  điểm ảnh; bằng cách đếm ta có số điểm ảnh có mức xám  $r_0 = 0$  là 6, ...
  - ▶  $\Rightarrow p(r_0) = \frac{6}{25} = 0.24, \dots$
- Giá trị trung bình  $m = \sum_{j=0}^3 r_j p(r_j)$   
 $= 0 \times 0.24 + 1 \times 0.28 + 2 \times 0.28 + 3 \times 0.20 = 1.44$
- Hoặc tính trực tiếp từ ảnh:  $m = \frac{1}{25} \sum_{x=0}^4 \sum_{y=0}^4 f(x, y) = 1.44$
- Một cách tương tự  $\sigma^2 = 1.1264$

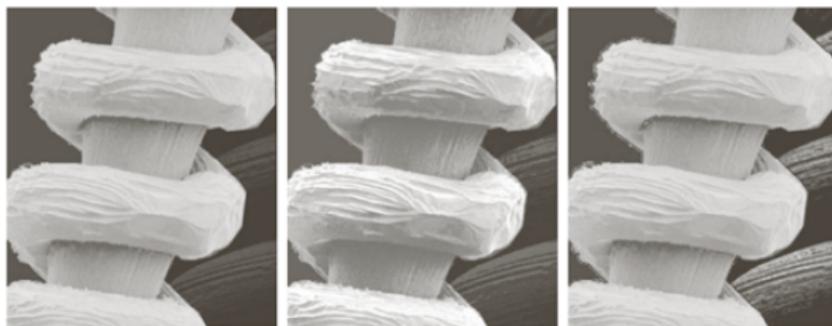
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thông kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ minh họa (1/2)



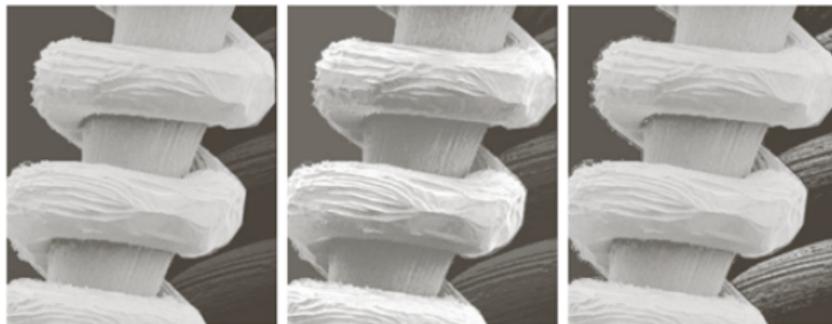
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thông kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ minh họa (2/2)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thông kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ minh họa (2/2)

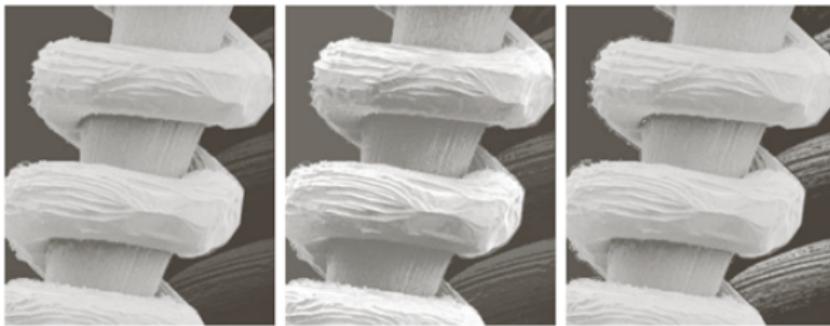


- Với các điểm ảnh  $(x, y)$  và vùng lân cận của nó  $S_{xy}$ , điểm ảnh của ảnh đầu ra:

$$g(x, y) = \begin{cases} E \times f(x, y) & \text{nếu } m_{S_{xy}} \leq k_0 m \text{ VÀ } k_1 \sigma \leq \sigma_{S_{xy}} \leq k_2 \sigma \\ f(x, y) & \text{trường hợp còn lại} \end{cases}$$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Sử dụng đặc trưng thông kê lược đồ xám tăng cường ảnh - Ví dụ minh họa (2/2)



- Với các điểm ảnh  $(x, y)$  và vùng lân cận của nó  $S_{xy}$ , điểm ảnh của ảnh đầu ra:

$$g(x, y) = \begin{cases} E \times f(x, y) & \text{nếu } m_{S_{xy}} \leq k_0 m \text{ VÀ } k_1 \sigma \leq \sigma_{S_{xy}} \leq k_2 \sigma \\ f(x, y) & \text{trường hợp còn lại} \end{cases}$$

- Các hằng số  $E, k_0, k_1, k_2$ : được lựa chọn dựa trên thực nghiệm và đặc trưng riêng của mỗi ảnh

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm

- Thực hiện giảm số mức xám của ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm

- Thực hiện giảm số mức xám của ảnh : nhóm các mức xám có giá trị gần nhau thành một nhóm (một cụm)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm

- Thực hiện giảm số mức xám của ảnh : nhóm các mức xám có giá trị gần nhau thành một nhóm (một cụm)
  - ▶ Thường có nhiều nhóm, kích thước mỗi nhóm là khác nhau



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm

- Thực hiện giảm số mức xám của ảnh : nhóm các mức xám có giá trị gần nhau thành một nhóm (một cụm)
  - ▶ Thường có nhiều nhóm, kích thước mỗi nhóm là khác nhau
    - ★ Nếu có 2 nhóm  $\Rightarrow$  Tách ngưỡng



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm

- Thực hiện giảm số mức xám của ảnh : nhóm các mức xám có giá trị gần nhau thành một nhóm (một cụm)
  - ▶ Thường có nhiều nhóm, kích thước mỗi nhóm là khác nhau
    - ★ Nếu có 2 nhóm  $\Rightarrow$  Tách ngưỡng
  - ▶ Để đơn giản: kích thước các nhóm được lấy bằng nhau =  $Bsize$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm

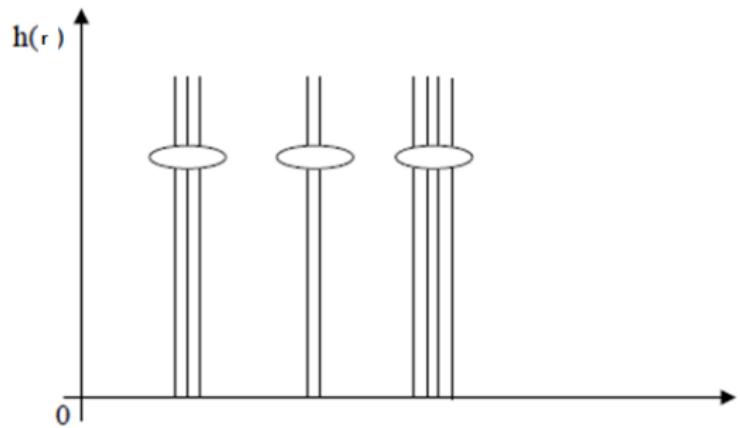
- Thực hiện giảm số mức xám của ảnh : nhóm các mức xám có giá trị gần nhau thành một nhóm (một cụm)
  - ▶ Thường có nhiều nhóm, kích thước mỗi nhóm là khác nhau
    - ★ Nếu có 2 nhóm  $\Rightarrow$  Tách ngưỡng
  - ▶ Để đơn giản: kích thước các nhóm được lấy bằng nhau =  $Bsize$ 
    - ★  $g(x, y) = \lfloor \frac{f(x, y)}{Bsize} \rfloor \times Bsize$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm

- Thực hiện giảm số mức xám của ảnh : nhóm các mức xám có giá trị gần nhau thành một nhóm (một cụm)

- Thường có nhiều nhóm, kích thước mỗi nhóm là khác nhau
  - Nếu có 2 nhóm  $\Rightarrow$  Tách ngưỡng
- Để đơn giản: kích thước các nhóm được lấy bằng nhau =  $Bsize$ 
  - $g(x, y) = \lfloor \frac{f(x, y)}{Bsize} \rfloor \times Bsize$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm - Ví dụ minh họa

Thực hiện xử lý bó cụm cho ảnh sau, biết kích thước nhóm  $Bsize = 3$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm - Ví dụ minh họa

Thực hiện xử lý bó cụm cho ảnh sau, biết kích thước nhóm  $Bsize = 3$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

- Ảnh gốc cho có 10 mức xám, với việc chia nhóm có kích thước  $Bsize = 3$ :



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm - Ví dụ minh họa

Thực hiện xử lý bó cụm cho ảnh sau, biết kích thước nhóm  $Bsize = 3$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

- Ảnh gốc cho có 10 mức xám, với việc chia nhóm có kích thước  $Bsize = 3$ :  
 $(0, 1, 2), (3, 4, 5), (6, 7, 8), (9)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm - Ví dụ minh họa

Thực hiện xử lý bó cụm cho ảnh sau, biết kích thước nhóm  $Bsize = 3$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

- Ảnh gốc cho có 10 mức xám, với việc chia nhóm có kích thước  $Bsize = 3$ :  $(0, 1, 2), (3, 4, 5), (6, 7, 8), (9)$
- Áp dụng công thức  $g(x, y) = \lfloor \frac{f(x, y)}{Bsize} \rfloor \times Bsize$  cho các điểm ảnh ta có ảnh kết quả  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Xử lý bó cụm - Ví dụ minh họa

Thực hiện xử lý bó cụm cho ảnh sau, biết kích thước nhóm  $Bsize = 3$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 2 & 6 & 9 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

- Ảnh gốc cho có 10 mức xám, với việc chia nhóm có kích thước  $Bsize = 3$ :  $(0, 1, 2), (3, 4, 5), (6, 7, 8), (9)$
- Áp dụng công thức  $g(x, y) = \lfloor \frac{f(x, y)}{Bsize} \rfloor \times Bsize$  cho các điểm ảnh ta có ảnh kết quả  $I'$

$$I' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3 & 6 & 6 \\ 0 & 0 & 3 & 3 & 3 \\ 6 & 0 & 6 & 9 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ảnh  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ảnh  $I'$   $\Rightarrow$  lược đồ xám của ảnh biến đổi

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ảnh  $I'$   $\Rightarrow$  lược đồ xám của ảnh biến đổi
- Thực tế, cho: lược đồ xám của ảnh  $I$  và hàm biến đổi  $T()$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ảnh  $I'$   $\Rightarrow$  lược đồ xám của ảnh biến đổi
- Thực tế, cho: lược đồ xám của ảnh  $I$  và hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ?? lược đồ xám  
của ảnh biến đổi



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ảnh  $I'$   $\Rightarrow$  lược đồ xám của ảnh biến đổi
- Thực tế, cho: lược đồ xám của ảnh  $I$  và hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  **?? lược đồ xám của ảnh biến đổi**

**Input:** Lược đồ xám của ảnh  $I$ :  $h(r)$ ; Hàm biến đổi  $T()$

**Output:** Lược đồ xám ảnh kết quả  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ảnh  $I'$   $\Rightarrow$  lược đồ xám của ảnh biến đổi
- Thực tế, cho: lược đồ xám của ảnh  $I$  và hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  **?? lược đồ xám của ảnh biến đổi**

**Input:** Lược đồ xám của ảnh  $I$ :  $h(r)$ ; Hàm biến đổi  $T()$

**Output:** Lược đồ xám ảnh kết quả  $I'$

- Các mức xám của ảnh kết quả  $I'$ :  $s_j = T(r_j)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể

- Cho: ảnh  $I$ , hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  ảnh  $I'$   $\Rightarrow$  lược đồ xám của ảnh biến đổi
- Thực tế, cho: lược đồ xám của ảnh  $I$  và hàm biến đổi  $T()$   $\Rightarrow$  **?? lược đồ xám của ảnh biến đổi**

**Input:** Lược đồ xám của ảnh  $I$ :  $h(r)$ ; Hàm biến đổi  $T()$

**Output:** Lược đồ xám ảnh kết quả  $I'$

- 1 Các mức xám của ảnh kết quả  $I'$ :  $s_j = T(r_j)$
- 2 Lược đồ xám của ảnh kết quả:  $h(s_j) = \sum_{r_j \in T^{-1}(s_j)} h(r_j)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-1)

Tìm lược đồ xám của ảnh thu được từ một ảnh có lược đồ xám cho dưới đây với hàm biến đổi  $T()$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-1)

Tìm lược đồ xám của ảnh thu được từ một ảnh có lược đồ xám cho dưới đây với hàm biến đổi  $T()$

Lược đồ xám ảnh gốc:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-1)

Tìm lược đồ xám của ảnh thu được từ một ảnh có lược đồ xám cho dưới đây với hàm biến đổi  $T()$

Lược đồ xám ảnh gốc:

$r_i$	1	2	3	4
$h(r_i)$	4	2	1	2



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-1)

Tìm lược đồ xám của ảnh thu được từ một ảnh có lược đồ xám cho dưới đây với hàm biến đổi  $T()$

Lược đồ xám ảnh gốc:

$r_i$	1	2	3	4
$h(r_i)$	4	2	1	2

Hàm biến đổi:

$$T(r_i) = \begin{cases} r_i + 1 & \text{nếu } r_i \leq 2 \\ r_i & \text{nếu } r_i = 3 \\ r_i - 1 & \text{nếu } r_i > 3 \end{cases}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-2)

- Tính toán các mức xám của ảnh kết quả dựa trên hàm biến đổi đã cho  $T()$

$r_i$	1	2	3	4
$s_i = T(r_i)$	2	3	3	3



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biên đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-2)

- Tính toán các mức xám của ảnh kết quả dựa trên hàm biên đổi đã cho  $T()$

$r_i$	1	2	3	4
$s_i = T(r_i)$	2	3	3	3

- Ảnh kết quả chỉ còn lại các mức xám  $\in \{2, 3\}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biên đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-2)

- Tính toán các mức xám của ảnh kết quả dựa trên hàm biên đổi đã cho  $T()$

$r_i$	1	2	3	4
$s_i = T(r_i)$	2	3	3	3

- Ảnh kết quả chỉ còn lại các mức xám  $\in \{2, 3\}$ 
  - ▶ Mức xám  $s_1 = 1$  không có điểm nào  $\Rightarrow h(s_1) = 0$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biên đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-2)

- Tính toán các mức xám của ảnh kết quả dựa trên hàm biên đổi đã cho  $T()$

$r_i$	1	2	3	4
$s_i = T(r_i)$	2	3	3	3

- Ảnh kết quả chỉ còn lại các mức xám  $\in \{2, 3\}$

- Mức xám  $s_1 = 1$  không có điểm nào  $\Rightarrow h(s_1) = 0$
- Mức xám  $s_2 = 2$  gồm có 4 điểm (do  $r_1 = 1 \rightarrow s_2$ )  $\Rightarrow h(s_2) = 4$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-2)

- Tính toán các mức xám của ảnh kết quả dựa trên hàm biến đổi đã cho  $T()$

$r_i$	1	2	3	4
$s_i = T(r_i)$	2	3	3	3

- Ảnh kết quả chỉ còn lại các mức xám  $\in \{2, 3\}$

- Mức xám  $s_1 = 1$  không có điểm nào  $\Rightarrow h(s_1) = 0$        $h(s=2) = h(r=1) = 4$
- Mức xám  $s_2 = 2$  gồm có 4 điểm (do  $r_1 = 1 \rightarrow s_2$ )  $\Rightarrow h(s_2) = 4$
- Mức xám  $s_3 = 3$  gồm có 5 điểm (do  $r_2 = 2, r_3 = 3, r_4 = 4 \rightarrow s_3$ )  $\Rightarrow h(s_3) = 5$

$$h(s=3) = h(r=2) + h(r=3) + h(r=4)$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Biến đổi mức xám tổng thể - Ví dụ minh họa (1-2)

- Tính toán các mức xám của ảnh kết quả dựa trên hàm biến đổi đã cho  $T()$

$r_i$	1	2	3	4
$s_i = T(r_i)$	2	3	3	3

- Ảnh kết quả chỉ còn lại các mức xám  $\in \{2, 3\}$ 
  - Mức xám  $s_1 = 1$  không có điểm nào  $\Rightarrow h(s_1) = 0$
  - Mức xám  $s_2 = 2$  gồm có 4 điểm (do  $r_1 = 1 \rightarrow s_2$ )  $\Rightarrow h(s_2) = 4$
  - Mức xám  $s_3 = 3$  gồm có 5 điểm (do  $r_2 = 2, r_3 = 3, r_4 = 4 \rightarrow s_3$ )  $\Rightarrow h(s_3) = 5$
- $\Rightarrow$  Lược đồ xám của ảnh kết quả:

$s_i$	1	2	3	4
$h(s_i)$	0	4	5	0

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động

- Xử lý lược đồ xám có thể cho phép áp dụng vào tìm tách ngưỡng tự động



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động

- Xử lý lược đồ xám có thể cho phép áp dụng vào tìm tách ngưỡng tự động
  - ▶ Theo nguyên lý trong vật lý: Một vật thể có thể tách làm 2 phần nếu tổng độ lệch trong từng phần là tối thiểu



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động

- Xử lý lược đồ xám có thể cho phép áp dụng vào tìm tách ngưỡng tự động
  - ▶ Theo nguyên lý trong vật lý: Một vật thể có thể tách làm 2 phần nếu tổng độ lệch trong từng phần là tối thiểu
- Còn gọi là thuật toán Otsu



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động

- Xử lý lược đồ xám có thể cho phép áp dụng vào tìm tách ngưỡng tự động
  - ▶ Theo nguyên lý trong vật lý: Một vật thể có thể tách làm 2 phần nếu tổng độ lệch trong từng phần là tối thiểu
- Còn gọi là thuật toán Otsu

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ ; số mức xám (kể cả mức khuyết thiêu):  $L$ ;  $P_j$ : số điểm ảnh có giá trị mức xám  $\leq r_j$

**Output:** Mức ngưỡng của ảnh

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động

- Xử lý lược đồ xám có thể cho phép áp dụng vào tìm tách ngưỡng tự động
  - ▶ Theo nguyên lý trong vật lý: Một vật thể có thể tách làm 2 phần nếu tổng độ lệch trong từng phần là tối thiểu
- Còn gọi là thuật toán Otsu

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ ; số mức xám (kể cả mức khuyết thiêu):  $L$ ;  $P_j$ : số điểm ảnh có giá trị mức xám  $\leq r_j$

**Output:** Mức ngưỡng của ảnh

- ➊ Tính moment trung bình các mức xám có giá trị  $\leq r_j$ :  $m_j = \frac{1}{P_j} \sum_{k=0}^j r_k h(r_k)$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động

- Xử lý lược đồ xám có thể cho phép áp dụng vào tìm tách ngưỡng tự động
  - ▶ Theo nguyên lý trong vật lý: Một vật thể có thể tách làm 2 phần nếu tổng độ lệch trong từng phần là tối thiểu
- Còn gọi là thuật toán Otsu

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ ; số mức xám (kể cả mức khuyết thiêu):  $L$ ;  $P_j$ : số điểm ảnh có giá trị mức xám  $\leq r_j$

**Output:** Mức ngưỡng của ảnh

- ① Tính moment trung bình các mức xám có giá trị  $\leq r_j$ :  $m_j = \frac{1}{P_j} \sum_{k=0}^j r_k h(r_k)$
- ② Tính giá trị hàm  $f : r_j \mapsto f(r_j)$ :  $f(r_j) = \frac{P_j}{MN - P_j} [m_j - m_{L-1}]^2$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động

- Xử lý lược đồ xám có thể cho phép áp dụng vào tìm tách ngưỡng tự động
  - ▶ Theo nguyên lý trong vật lý: Một vật thể có thể tách làm 2 phần nếu tổng độ lệch trong từng phần là tối thiểu
- Còn gọi là thuật toán Otsu

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ ; số mức xám (kể cả mức khuyết thiêu):  $L$ ;  $P_j$ : số điểm ảnh có giá trị mức xám  $\leq r_j$

**Output:** Mức ngưỡng của ảnh

- ① Tính moment trung bình các mức xám có giá trị  $\leq r_j$ :  $m_j = \frac{1}{P_j} \sum_{k=0}^j r_k h(r_k)$
- ② Tính giá trị hàm  $f : r_j \mapsto f(r_j)$ :  $f(r_j) = \frac{P_j}{MN - P_j} [m_j - m_{L-1}]^2$
- ③ Ngưỡng  $\theta$  được xác định sao cho  $f(\theta) = \max_{0 \leq r_j < L-1} \{f(r_j)\}$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động - Ví dụ minh họa

Thực hiện tìm ngưỡng tự động của ảnh sau (biết  $L=6$ ):

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động - Ví dụ minh họa

Thực hiện tìm ngưỡng tự động của ảnh sau (biết L=6):

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$r_j$	$h(r_j)$	$P_j$	$r_j h(r_j)$	$\sum_{k=0}^j r_k h(r_k)$	$m_j$	$f(r_j)$
0	15	15	0	0	0	1.35
1	5	20	5	5	0.25	1.66
2	4	24	8	13	0.54	1.54
3	3	27	9	22	0.81	1.10
4	2	29	8	30	1.03	0.49
5	1	30	5	35	1.16	ND



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Xử lý lược đồ xám: Áp dụng tìm tách ngưỡng tự động - Ví dụ minh họa

Thực hiện tìm ngưỡng tự động của ảnh sau (biết  $L=6$ ):

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$r_j$	$h(r_j)$	$P_j$	$r_j h(r_j)$	$\sum_{k=0}^j r_k h(r_k)$	$m_j$	$f(r_j)$
0	15	15	0	0	0	1.35
1	5	20	5	5	0.25	1.66
2	4	24	8	13	0.54	1.54
3	3	27	9	22	0.81	1.10
4	2	29	8	30	1.03	0.49
5	1	30	5	35	1.16	ND

- Giá trị max của  $f(r_j) = 1.66 \Rightarrow \theta = r_1 = 1$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$

- ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào

- ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra

- ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$

- ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào

- ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra

- ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$

- ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$ 
    - ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$
- $\Rightarrow$  giá trị mức xám tại  $(x, y)$  của ảnh đầu ra phụ thuộc vào toán tử  $T()$  và vùng lân cận bao gồm cả điểm  $(x, y)$  của ảnh gốc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$

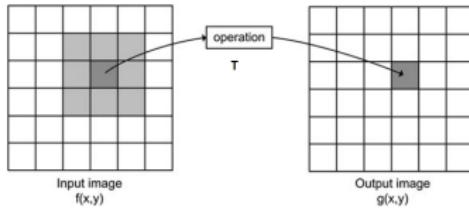
- ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào

- ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra

- ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$

- ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$

- $\Rightarrow$  giá trị mức xám tại  $(x, y)$  của ảnh đầu ra phụ thuộc vào toán tử  $T()$  và vùng lân cận bao gồm cả điểm  $(x, y)$  của ảnh gốc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$

- ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào

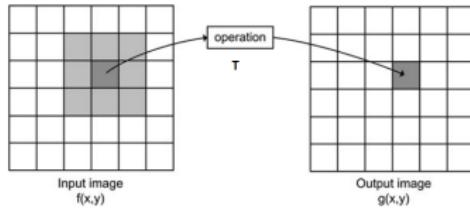
- ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra

- ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$

- ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$

- $\Rightarrow$  giá trị mức xám tại  $(x, y)$  của ảnh đầu ra phụ thuộc vào toán tử  $T()$  và vùng lân cận bao gồm cả điểm  $(x, y)$  của ảnh gốc

- Vùng lân cận thường là vùng hình chữ nhật xung quanh tâm là điểm  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$

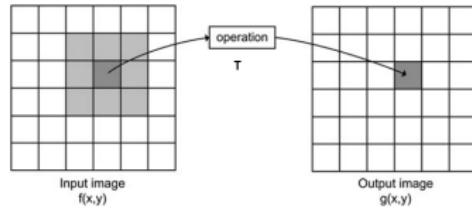
- ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào

- ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra

- ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$

- ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$

- $\Rightarrow$  giá trị mức xám tại  $(x, y)$  của ảnh đầu ra phụ thuộc vào toán tử  $T()$  và vùng lân cận bao gồm cả điểm  $(x, y)$  của ảnh gốc



- Vùng lân cận thường là vùng hình chữ nhật xung quanh tâm là điểm  $(x, y)$

- ▶ Kích thước vùng có thể bất kỳ, << kích thước ảnh

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$

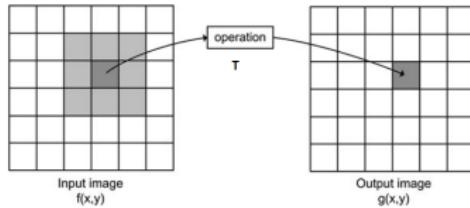
- ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào

- ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra

- ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$

- ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$

- $\Rightarrow$  giá trị mức xám tại  $(x, y)$  của ảnh đầu ra phụ thuộc vào toán tử  $T()$  và vùng lân cận bao gồm cả điểm  $(x, y)$  của ảnh gốc

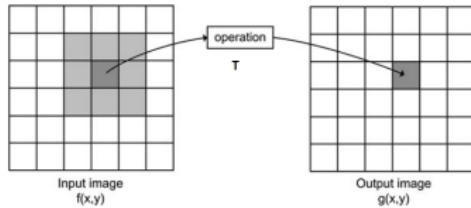


- Vùng lân cận thường là vùng hình chữ nhật xung quanh tâm là điểm  $(x, y)$ 
  - ▶ Kích thước vùng có thể bất kỳ, << kích thước ảnh
- Hoặc có thể có bất kỳ hình dạng nào đó

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$ 
    - ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$
- $\Rightarrow$  giá trị mức xám tại  $(x, y)$  của ảnh đầu ra phụ thuộc vào toán tử  $T()$  và vùng lân cận bao gồm cả điểm  $(x, y)$  của ảnh gốc



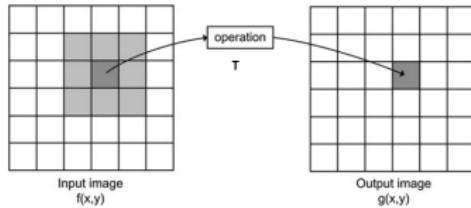
- Vùng lân cận thường là vùng hình chữ nhật xung quanh tâm là điểm  $(x, y)$ 
  - ▶ Kích thước vùng có thể bất kỳ, << kích thước ảnh
- Hoặc có thể có bất kỳ hình dạng nào đó

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) ứng dụng:

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận

- Phép toán xử lý ảnh được biểu diễn:  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ 
  - ▶  $f(x, y)$ : ảnh đầu vào
  - ▶  $g(x, y)$ : ảnh đầu ra
  - ▶  $T$ : toán tử tác động lên  $f$ , được xác định trên một vùng lân cận của điểm  $(x, y)$ 
    - ★ Tác động trên một vùng các điểm ảnh xung quanh điểm  $(x, y)$
- $\Rightarrow$  giá trị mức xám tại  $(x, y)$  của ảnh đầu ra phụ thuộc vào toán tử  $T()$  và vùng lân cận bao gồm cả điểm  $(x, y)$  của ảnh gốc

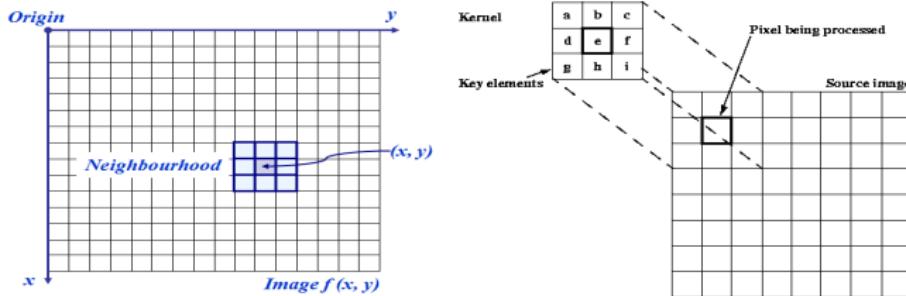


- Vùng lân cận thường là vùng hình chữ nhật xung quanh tâm là điểm  $(x, y)$ 
  - ▶ Kích thước vùng có thể bất kỳ, << kích thước ảnh
- Hoặc có thể có bất kỳ hình dạng nào đó

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) ứng dụng:
  - ▶ Biến đổi kích thước ảnh, Nắn không gian ảnh, Các phép lọc tăng cường ảnh,

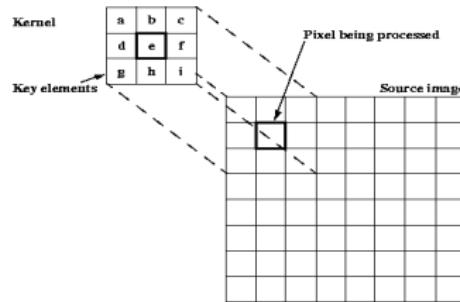
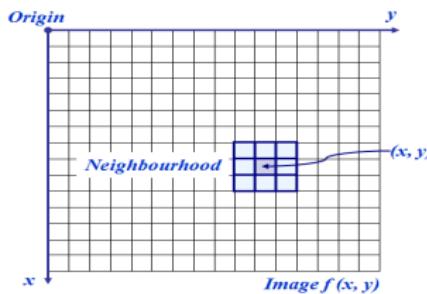
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận - Cửa sổ di chuyển



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

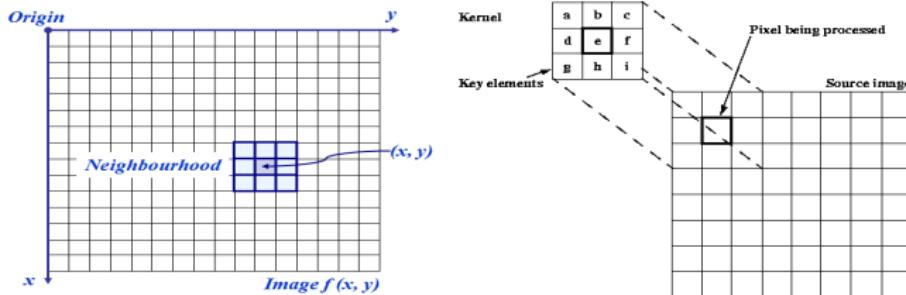
Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận - Cửa sổ di chuyển



- Vùng lân cận có tâm  $(x, y)$  xác định một "cửa sổ" trong miền không gian

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

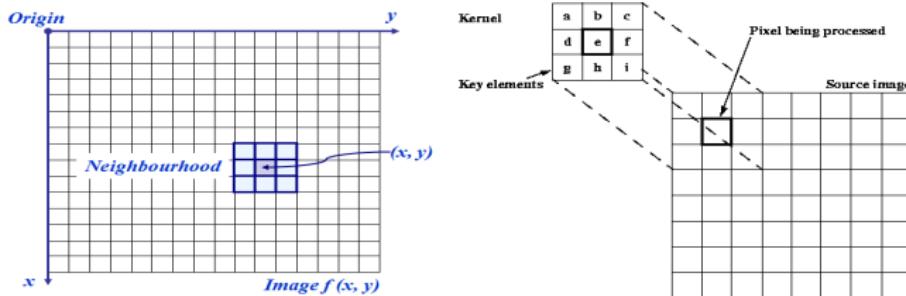
Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận - Cửa sổ di chuyển



- Vùng lân cận có tâm  $(x, y)$  xác định một "cửa sổ" trong miền không gian
- Quá trình thực hiện: các điểm tâm  $(x, y)$  di chuyển khắp các điểm ảnh gốc; toán tử  $T()$  tác động trên các điểm ảnh trong vùng xác định bởi "cửa sổ" để tạo điểm ảnh đầu ra.

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

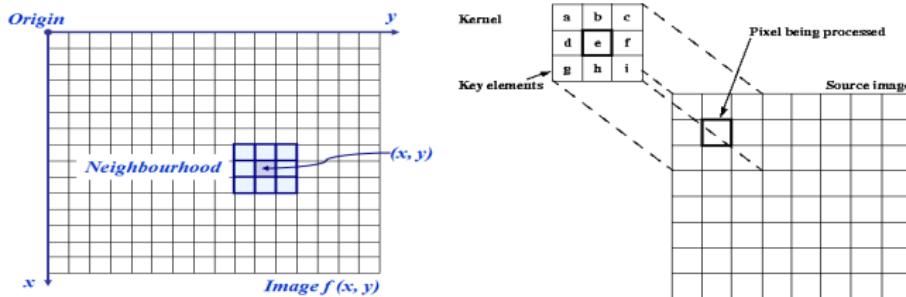
Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận - Cửa sổ di chuyển



- Vùng lân cận có tâm  $(x, y)$  xác định một "cửa sổ" trong miền không gian
- Quá trình thực hiện: các điểm tâm  $(x, y)$  di chuyển khắp các điểm ảnh gốc; toán tử  $T()$  tác động trên các điểm ảnh trong vùng xác định bởi "cửa sổ" để tạo điểm ảnh đầu ra.
  - ▶ ≡ "Cửa sổ" di chuyển khắp ảnh

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Toán tử vùng lân cận - Cửa sổ di chuyển



- Vùng lân cận có tâm  $(x, y)$  xác định một "cửa sổ" trong miền không gian
- Quá trình thực hiện: các điểm tâm  $(x, y)$  di chuyển khắp các điểm ảnh gốc; toán tử  $T()$  tác động trên các điểm ảnh trong vùng xác định bởi "cửa sổ" để tạo điểm ảnh đầu ra.
  - ▶  $\equiv$  "Cửa sổ" di chuyển khắp ảnh  $\Rightarrow$  Phép cửa sổ di chuyển, phép biến đổi cuộn

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cỗ sõi của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cỗ sõ của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc
  - ▶ Nếu  $T()$  là một hàm tuyến tính  $\Rightarrow$  phép lọc không gian tuyến tính; ngược lại  $\Rightarrow$  phép lọc không gian phi tuyến



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cỗ sõ của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc
  - ▶ Nếu  $T()$  là một hàm tuyến tính  $\Rightarrow$  phép lọc không gian tuyến tính; ngược lại  $\Rightarrow$  phép lọc không gian phi tuyến
  - ▶ "Cửa sổ" với các hệ số xác định: bộ lọc không gian, mặt nạ, nhân, mẫu

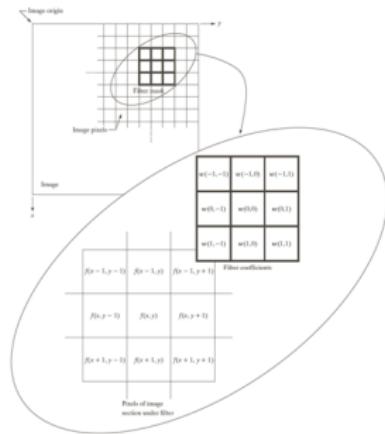


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cửa sổ của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc

- ▶ Nếu  $T()$  là một hàm tuyến tính  $\Rightarrow$  phép lọc không gian tuyến tính; ngược lại  $\Rightarrow$  phép lọc không gian phi tuyến
- ▶ "Cửa sổ" với các hệ số xác định: bộ lọc không gian, mặt nạ, nhân, mẫu

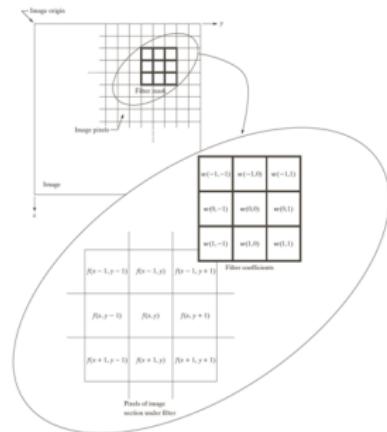


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cỗ sô của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc

- ▶ Nếu  $T()$  là một hàm tuyến tính  $\Rightarrow$  phép lọc không gian tuyến tính; ngược lại  $\Rightarrow$  phép lọc không gian phi tuyến
- ▶ "Cửa sổ" với các hệ số xác định: bộ lọc không gian, mặt nạ, nhân, mẫu



- Tại mỗi điểm  $(x, y)$ :

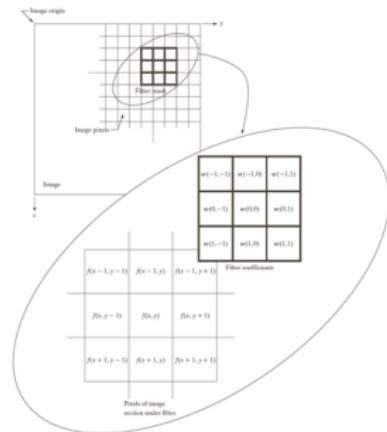
$$g(x, y) = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)$$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cỗ sô của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc

- ▶ Nếu  $T()$  là một hàm tuyến tính  $\Rightarrow$  phép lọc không gian tuyến tính; ngược lại  $\Rightarrow$  phép lọc không gian phi tuyến
- ▶ "Cửa sổ" với các hệ số xác định: bộ lọc không gian, mặt nạ, nhân, mẫu



- Tại mỗi điểm  $(x, y)$ :

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

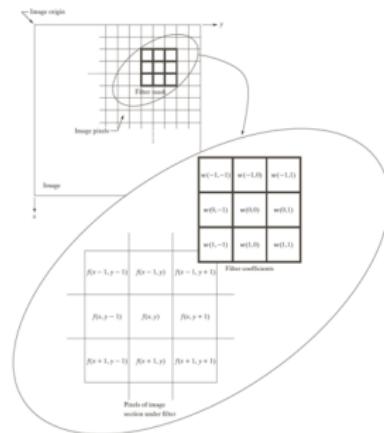
- ▶ Hệ số tâm bộ lọc  $w(0, 0)$  được xếp trùng khít điểm  $(x, y)$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cỗ sô của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc

- ▶ Nếu  $T()$  là một hàm tuyến tính  $\Rightarrow$  phép lọc không gian tuyến tính; ngược lại  $\Rightarrow$  phép lọc không gian phi tuyến
- ▶ "Cửa sổ" với các hệ số xác định: bộ lọc không gian, mặt nạ, nhân, mẫu



- Tại mỗi điểm  $(x, y)$ :  
$$g(x, y) = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)$$
- ▶ Hệ số tâm bộ lọc  $w(0, 0)$  được xếp trùng khít điểm  $(x, y)$
- $\Rightarrow g(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$

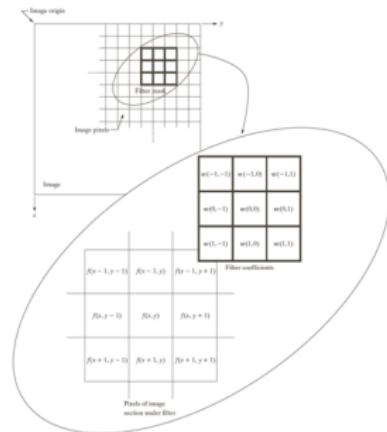
KHOA  
PTIT  
TINH TUYẾN  
VÀ  
XỬ LÝ ẢNH SỐ

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Cỗ sô của phép lọc trong miền không gian

- Toán tử vùng lân cận (còn gọi là toán tử không gian) tương tự như toán tử lọc

- ▶ Nếu  $T()$  là một hàm tuyến tính  $\Rightarrow$  phép lọc không gian tuyến tính; ngược lại  $\Rightarrow$  phép lọc không gian phi tuyến
- ▶ "Cửa sổ" với các hệ số xác định: bộ lọc không gian, mặt nạ, nhân, mẫu



- Tại mỗi điểm  $(x, y)$ :  
$$g(x, y) = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)$$
  - ▶ Hệ số tâm bộ lọc  $w(0, 0)$  được xếp trùng khít điểm  $(x, y)$
- $\Rightarrow g(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$ 
  - ▶ Kích thước cửa sổ  $m = 2a + 1$  và  $n = 2b + 1$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía cạnh ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau

$$\triangleright w(x, y) \star f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j) f(x + i, y + j)$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép nhân tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) \star f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép nhân tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía cạnh ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép nhân tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía cạnh ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép nhân tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$
- Nếu "bộ lọc" đối xứng  $\Rightarrow$  kết quả phép nhân tương quan  $\equiv$  phép nhân chập

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía cạnh ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép nhân tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$
- Nếu "bộ lọc" đối xứng  $\Rightarrow$  kết quả phép nhân tương quan  $\equiv$  phép nhân chập
- Mặc định các phép lọc ảnh trong không gian sử dụng công thức nhân tương quan



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$
- Nếu "bộ lọc" đối xứng  $\Rightarrow$  kết quả phép nhân tương quan  $\equiv$  phép nhân chập
- Mặc định các phép lọc ảnh trong không gian sử dụng công thức nhân tương quan
- Biểu diễn véc-tơ của phép lọc không gian:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$
- Nếu "bộ lọc" đối xứng  $\Rightarrow$  kết quả phép nhân tương quan  $\equiv$  phép nhân chập
- Mặc định các phép lọc ảnh trong không gian sử dụng công thức nhân tương quan
- Biểu diễn véc-tơ của phép lọc không gian:
  - ▶  $R = w_1 z_{j1} + w_2 z_{j2} + \dots + w_{mn} z_{jm_n}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$
- Nếu "bộ lọc" đối xứng  $\Rightarrow$  kết quả phép nhân tương quan  $\equiv$  phép nhân chập
- Mặc định các phép lọc ảnh trong không gian sử dụng công thức nhân tương quan
- Biểu diễn véc-tơ của phép lọc không gian:

- ▶  $R = w_1 z_{j1} + w_2 z_{j2} + \dots + w_{mn} z_{jm_n} = \sum_{k=1}^{mn} w_k z_{jk}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc"" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$
- Nếu "bộ lọc" đối xứng  $\Rightarrow$  kết quả phép nhân tương quan  $\equiv$  phép nhân chập
- Mặc định các phép lọc ảnh trong không gian sử dụng công thức nhân tương quan
- Biểu diễn véc-tơ của phép lọc không gian:
  - ▶  $R = w_1 z_{j1} + w_2 z_{j2} + \dots + w_{mn} z_{jm} = \sum_{k=1}^{mn} w_k z_{jk} = \mathbf{w}^T \mathbf{z}_j$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép nhân tương quan, nhân chập trong không gian

- Phép nhân tương quan: Thực hiện dịch "cửa sổ" trên khía cạnh ảnh, kết quả tại mỗi bước là tổng của các tích các giá trị các điểm tương ứng bao trùm nhau
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x + i, y + j)$
- Phép nhân chập: Cơ chế tương tự phép nhân tương quan, tuy nhiên trước khi thực hiện phép nhân chập, "bộ lọc" phải được lật (quay)  $180^\circ$ 
  - ▶  $w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x - i, y - j)$ 
    - ★ Dấu "-":  $f(x, y)$  được quay (lật)  $180^\circ$
- Nếu "bộ lọc" đối xứng  $\Rightarrow$  kết quả phép nhân tương quan  $\equiv$  phép nhân chập
- Mặc định các phép lọc ảnh trong không gian sử dụng công thức nhân tương quan
- Biểu diễn véc-tơ của phép lọc không gian:
  - ▶  $R = w_1 z_{j1} + w_2 z_{j2} + \dots + w_{mn} z_{jm} = \sum_{k=1}^{mn} w_k z_{jk} = \mathbf{w}^T \mathbf{z}_j$ 
    - ★  $w_k$  ( $k = 1, 2, \dots, mn$ ): các hệ số của bộ lọc không gian;  $z_{jk}$ : các giá trị xám các điểm ảnh nằm trong vùng tác động bởi bộ lọc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép tương quan, nhân chập trong không gian - Minh họa (3)

Xét một bộ lọc có hệ số cho trong bảng. Viết biểu thức véc-tơ của phép lọc không gian:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép tương quan, nhân chập trong không gian - Minh họa (3)

Xét một bộ lọc có hệ số cho trong bảng. Viết biểu thức véc-tơ của phép lọc không gian:

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép tương quan, nhân chập trong không gian - Minh họa (3)

Xét một bộ lọc có hệ số cho trong bảng. Viết biểu thức véc-tơ của phép lọc không gian:

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

- Số hệ số là 9



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép tương quan, nhân chập trong không gian - Minh họa (3)

Xét một bộ lọc có hệ số cho trong bảng. Viết biểu thức véc-tơ của phép lọc không gian:

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

- Số hệ số là 9
- $\Rightarrow R = w_1z_{j1} + w_2z_{j2} + \dots + w_9z_{j9}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép tương quan, nhân chập trong không gian - Minh họa (3)

Xét một bộ lọc có hệ số cho trong bảng. Viết biểu thức véc-tơ của phép lọc không gian:

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

- Số hệ số là 9
- $\Rightarrow R = w_1 z_{j1} + w_2 z_{j2} + \dots + w_9 z_{j9} = \sum_{k=1}^9 w_k z_{jk}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Phép tương quan, nhân chập trong không gian - Minh họa (3)

Xét một bộ lọc có hệ số cho trong bảng. Viết biểu thức véc-tơ của phép lọc không gian:

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

- Số hệ số là 9
- $\Rightarrow R = w_1 z_{j1} + w_2 z_{j2} + \dots + w_9 z_{j9} = \sum_{k=1}^9 w_k z_{jk} = \mathbf{w}^T \mathbf{z}_j$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian

- Xây dựng bộ lọc không gian tuyến tính kích thước  $m \times n$ :



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian

- Xây dựng bộ lọc không gian tuyến tính kích thước  $m \times n$ :
  - ▶ ⇒ Xác định cù thể  $m \times n$  hệ số của bộ lọc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian

- Xây dựng bộ lọc không gian tuyến tính kích thước  $m \times n$ :

- ▶ ⇒ Xác định cụ thể  $m \times n$  hệ số của bộ lọc

- ★ Các hệ số bộ lọc được lựa chọn dựa trên công việc (ứng dụng, tác vụ) cụ thể mà bộ lọc cần hướng đến để giải quyết



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian

- Xây dựng bộ lọc không gian tuyến tính kích thước  $m \times n$ :

- ▶ ⇒ Xác định cụ thể  $m \times n$  hệ số của bộ lọc
    - ★ Các hệ số bộ lọc được lựa chọn dựa trên công việc (ứng dụng, tác vụ) cụ thể mà bộ lọc cần hướng đến để giải quyết
    - ★ Ví dụ: Rời rạc hóa từ bộ lọc tương tự có cùng mục đích mong muốn



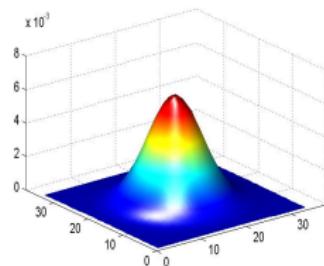
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian

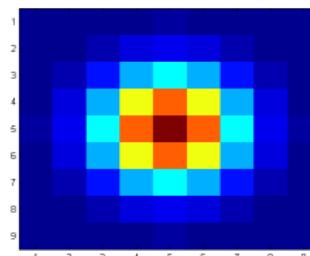
- Xây dựng bộ lọc không gian tuyến tính kích thước  $m \times n$ :

- ▶  $\Rightarrow$  Xác định cù thể  $m \times n$  hệ số của bộ lọc

- ★ Các hệ số bộ lọc được lựa chọn dựa trên công việc (ứng dụng, tác vụ) cù thể mà bộ lọc cần hướng đến để giải quyết
    - ★ Ví dụ: Rời rạc hóa từ bộ lọc tương tự có cùng mục đích mong muốn



(a) 2D Gaussian Filter



(b) Rời rạc hóa

$\frac{1}{273}$

1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

(c) 5x5 GF

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$
- Giá trị mức xám mới tại điểm  $(x, y)$  được tính là  $g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$
- Giá trị mức xám mới tại điểm  $(x, y)$  được tính là  $g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$ 
  - ▶  $\Rightarrow R = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$
- Giá trị mức xám mới tại điểm  $(x, y)$  được tính là  $g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$ 
  - ▶  $\Rightarrow R = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk} = \sum_{k=1}^9 \frac{1}{9} z_{jk}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$
- Giá trị mức xám mới tại điểm  $(x, y)$  được tính là  $g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$ 
  - ▶  $\Rightarrow R = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk} = \sum_{k=1}^9 \frac{1}{9} z_{jk} = \mathbf{w}^T \mathbf{z}_j$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$
- Giá trị mức xám mới tại điểm  $(x, y)$  được tính là  $g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$ 
  - ▶  $\Rightarrow R = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk} = \sum_{k=1}^9 \frac{1}{9} z_{jk} = \mathbf{w}^T \mathbf{z}_j$
  - ★  $w_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ): các hệ số lọc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$
- Giá trị mức xám mới tại điểm  $(x, y)$  được tính là  $g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$ 
  - ▶  $\Rightarrow R = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk} = \sum_{k=1}^9 \frac{1}{9} z_{jk} = \mathbf{w}^T \mathbf{z}_j$
  - ★  $w_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ): các hệ số lọc

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Xây dựng bộ lọc không gian - Ví dụ minh họa

Thực hiện thay thế giá trị mức xám một điểm ảnh tại  $(x, y)$  bằng giá trị trung bình cộng mức xám của một vùng lân cận  $3 \times 3$  xung quanh  $(x, y)$

- Gọi  $z_{jk}$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) là giá trị các mức xám trong vùng lân cận  $3 \times 3$  của điểm  $(x, y)$
- Giá trị mức xám mới tại điểm  $(x, y)$  được tính là  $g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk}$ 
  - ▶  $\Rightarrow R = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 z_{jk} = \sum_{k=1}^9 \frac{1}{9} z_{jk} = \mathbf{w}^T \mathbf{z}_j$
  - ★  $w_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ): các hệ số lọc

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

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



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:
  - ▶ Độ sắc nét vùng chuyển giữa các mức xám bị giảm (bị làm mờ đi)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:
  - ▶ Độ sắc nét vùng chuyển giữa các mức xám bị giảm (bị làm mờ đi)
    - ★ Giảm nhiễu



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

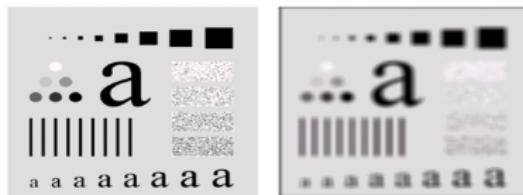
- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:
  - ▶ Độ sắc nét vùng chuyển giữa các mức xám bị giảm (bị làm mờ đi)
    - ★ Giảm nhiễu
  - ▶ **Làm mờ các biên ảnh**



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:
  - ▶ Độ sắc nét vùng chuyển giữa các mức xám bị giảm (bị làm mờ đi)
    - ★ Giảm nhiễu
  - ▶ **Làm mờ các biên ảnh**

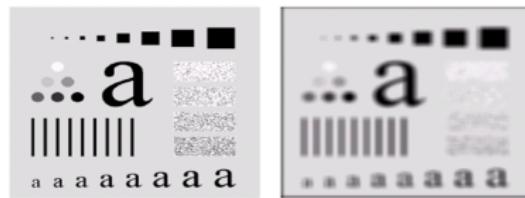


(a) Ảnh gốc      (b) Lọc TB 15x15

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:
  - ▶ Độ sắc nét vùng chuyển giữa các mức xám bị giảm (bị làm mờ đi)
    - ★ Giảm nhiễu
  - ▶ **Làm mờ các biên ảnh**



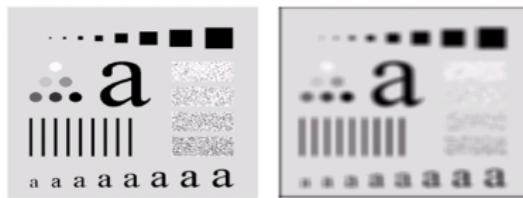
(a) Ảnh gốc      (b) Lọc TB 15x15

- Ứng dụng chủ yếu trong việc loại bỏ các chi tiết không thích hợp trong ảnh

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:
  - ▶ Độ sắc nét vùng chuyển giữa các mức xám bị giảm (bị làm mờ đi)
    - ★ Giảm nhiễu
  - ▶ **Làm mờ các biên ảnh**



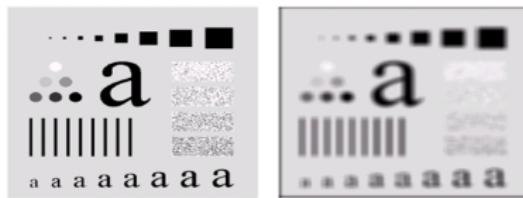
(a) Ảnh gốc      (b) Lọc TB 15x15

- Ứng dụng chủ yếu trong việc loại bỏ các chi tiết không thích hợp trong ảnh
  - ▶ Loại bỏ (làm mờ) các chi tiết (vùng ảnh) có kích thước nhỏ hơn kích thước cửa sổ lọc

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình

- Giá trị mức xám điểm ảnh ra là trung bình giá trị mức xám của một vùng lân cận ảnh trong vùng "cửa sổ" lọc
  - ▶ ≡ Bộ lọc trung bình, ≡ Bộ lọc thông thấp
- Tác dụng:
  - ▶ Độ sắc nét vùng chuyển giữa các mức xám bị giảm (bị làm mờ đi)
    - ★ Giảm nhiễu
  - ▶ **Làm mờ các biên ảnh**



(a) Ảnh gốc      (b) Lọc TB 15x15

- Ứng dụng chủ yếu trong việc loại bỏ các chi tiết không thích hợp trong ảnh
  - ▶ Loại bỏ (làm mờ) các chi tiết (vùng ảnh) có kích thước nhỏ hơn kích thước cửa sổ lọc
- Tương tự phép tích phân không gian

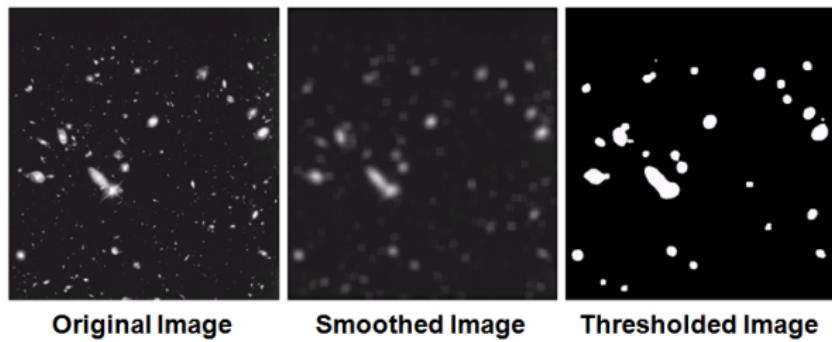
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Minh họa (1)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Minh họa (2)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình - "Hệ số bộ lọc"

- Sử dụng giá trị trung bình thông thường



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình - "Hệ số bộ lọc"

- Sử dụng giá trị trung bình thông thường

$\frac{1}{9}$	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình - "Hệ số bộ lọc"

- Sử dụng giá trị trung bình thông thường

$\frac{1}{9}$	1	1	1
	1	1	1
	1	1	1

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

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình - "Hệ số bộ lọc"

- Sử dụng giá trị trung bình thông thường

$\frac{1}{9}$	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

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

- Các hệ số khác nhau có trọng số : Các điểm ảnh gần tâm quan trọng hơn

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình - "Hệ số bộ lọc"

- Sử dụng giá trị trung bình thông thường

$\frac{1}{9}$	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

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

- Các hệ số khác nhau có trọng số : Các điểm ảnh gần tâm quan trọng hơn
  - ▶ Bộ lọc làm trơn ảnh hiệu quả hơn

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình - "Hệ số bộ lọc"

- Sử dụng giá trị trung bình thông thường

$\frac{1}{9}$	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

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

- Các hệ số khác nhau có trọng số : Các điểm ảnh gần tâm quan trọng hơn
  - Bộ lọc làm trơn ảnh hiệu quả hơn
  - $\Rightarrow$  Bộ lọc trung bình có trọng số

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc tuyến tính làm trơn ảnh - Bộ lọc trung bình - "Hệ số bộ lọc"

- Sử dụng giá trị trung bình thông thường

$\frac{1}{9}$	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

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

- Các hệ số khác nhau có trọng số : Các điểm ảnh gần tâm quan trọng hơn
  - Bộ lọc làm trơn ảnh hiệu quả hơn
  - $\Rightarrow$  Bộ lọc trung bình có trọng số

Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ) được lọc với bộ lọc trung bình có trọng số  $w$  ( $m \times n$ ) ( $m, n$  lẻ):

$$g(x, y) = \frac{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j) f(x+i, y+j)}{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)}$$

với  $x = 0, 2, \dots, M-1$ ,  $y = 0, 2, \dots, N-1$ ,  $m = 2a + 1$ ,  $n = 2b + 1$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ , cửa sổ lọc  $w$  kích thước  $m \times n$  ( $m = 2a + 1$ ,  $n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ , cửa sổ lọc  $w$  kích thước  $m \times n$  ( $m = 2a + 1$ ,  $n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- 1 Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , giá trị trung bình với cửa sổ  $w$ :



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ , cửa sổ lọc  $w$  kích thước  $m \times n$  ( $m = 2a + 1$ ,  $n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , giá trị trung bình với cửa sổ  $w$ :

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x+i, y+j)}{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ , cửa sổ lọc  $w$  kích thước  $m \times n$  ( $m = 2a + 1$ ,  $n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , giá trị trung bình với cửa sổ  $w$ :

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x+i, y+j)}{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)}$$

- ② Điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$ , cửa sổ lọc  $w$  kích thước  $m \times n$  ( $m = 2a + 1$ ,  $n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , giá trị trung bình với cửa sổ  $w$ :

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x+i, y+j)}{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)}$$

- ② Điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :

► Nếu  $|f(x, y) - \hat{f}(x, y)| \leq \theta \Rightarrow g(x, y) = f(x, y)$ ; ngược lại  $g(x, y) = \hat{f}(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ ) - Ví dụ minh họa

Cho ảnh  $I$  lọc trung bình với mạch lọc  $\mathbf{w}$ , ngưỡng  $\theta = 2$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{w} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Hãy tìm ảnh sau lọc  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ➊ Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :
  - ▶ Xác định  $k$  giá trị mức xám gần  $f(x, y)$  nhất:  $S_{xy}$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , điểm tương ứng  $\in I'$   
có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :

- ▶ Xác định  $k$  giá trị mức xám gần  $f(x, y)$  nhất:  $S_{xy}$
- ▶  $\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}} w(i, j) f(x+i, y+j)}{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}}^b w(i, j)}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :
  - ▶ Xác định  $k$  giá trị mức xám gần  $f(x, y)$  nhất:  $S_{xy}$
  - ▶  $\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}} w(i, j) f(x+i, y+j)}{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}}^b w(i, j)}$
- ② Nếu  $|f(x, y) - \hat{f}(x, y)| \leq \theta \Rightarrow g(x, y) = f(x, y)$ ; ngược lại  $g(x, y) = \hat{f}(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :

- ▶ Xác định  $k$  giá trị mức xám gần  $f(x, y)$  nhất:  $S_{xy}$
  - ▶  $\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}} w(i, j) f(x+i, y+j)}{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}}^b w(i, j)}$

- ② Nếu  $|f(x, y) - \hat{f}(x, y)| \leq \theta \Rightarrow g(x, y) = f(x, y)$ ; ngược lại  $g(x, y) = \hat{f}(x, y)$

- $k > |w| \Rightarrow$  Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :

- ▶ Xác định  $k$  giá trị mức xám gần  $f(x, y)$  nhất:  $S_{xy}$
- ▶  $\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}} w(i, j) f(x+i, y+j)}{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}}^b w(i, j)}$

- ② Nếu  $|f(x, y) - \hat{f}(x, y)| \leq \theta \Rightarrow g(x, y) = f(x, y)$ ; ngược lại  $g(x, y) = \hat{f}(x, y)$

- $k > |w| \Rightarrow$  Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )
- $k = 1 \Rightarrow$  Ảnh ra không thay đổi so với ảnh gốc

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ , cửa sổ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ),  
ngưỡng  $\theta$ , số giá trị  $k$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có giá trị mức xám  $f(x, y)$ , điểm tương ứng  $\in I'$  có giá trị mức xám  $g(x, y)$ :

- ▶ Xác định  $k$  giá trị mức xám gần  $f(x, y)$  nhất:  $S_{xy}$
- ▶  $\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}} w(i, j) f(x+i, y+j)}{\sum_{i \in S_{xy}} \sum_{j \in S_{xy}}^b w(i, j)}$

- ② Nếu  $|f(x, y) - \hat{f}(x, y)| \leq \theta \Rightarrow g(x, y) = f(x, y)$ ; ngược lại  $g(x, y) = \hat{f}(x, y)$

- $k > |w| \Rightarrow$  Kỹ thuật lọc trung bình (với ngưỡng  $\theta$ )
- $k = 1 \Rightarrow$  Ảnh ra không thay đổi so với ảnh gốc
- $\Rightarrow$  Chất lượng ảnh lọc phụ thuộc vào giá trị của  $k$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Kỹ thuật lọc trung bình theo k giá trị gần nhất (với ngưỡng  $\theta$ ) - Ví dụ minh họa

Cho ảnh  $I$  lọc trung bình với mạch lọc  $\mathbf{w}$ , ngưỡng  $\theta = 2$ ,  $k = 3$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{w} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Hãy tìm ảnh sau lọc  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính
  - ▶ Đáp ứng phụ thuộc vào bậc (thứ hạng) của các điểm ảnh nằm trong vùng bao trùm bởi bộ lọc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính
  - ▶ Đáp ứng phụ thuộc vào bậc (thứ hạng) của các điểm ảnh nằm trong vùng bao trùm bởi bộ lọc
  - ▶ Các bộ lọc trung vị, max, min, ...



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính
  - ▶ Đáp ứng phụ thuộc vào bậc (thứ hạng) của các điểm ảnh nằm trong vùng bao trùm bởi bộ lọc
  - ▶ Các bộ lọc trung vị, max, min, ...
- Bộ lọc trung vị (median filter) là một bộ lọc điện hình thuộc lớp bộ lọc này



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính
  - ▶ Đáp ứng phụ thuộc vào bậc (thứ hạng) của các điểm ảnh nằm trong vùng bao trùm bởi bộ lọc
  - ▶ Các bộ lọc trung vị, max, min, ...
- Bộ lọc trung vị (median filter) là một bộ lọc điện hình thuộc lớp bộ lọc này
  - ▶ Là bộ lọc phổ biến



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính
  - ▶ Đáp ứng phụ thuộc vào bậc (thứ hạng) của các điểm ảnh nằm trong vùng bao trùm bởi bộ lọc
  - ▶ Các bộ lọc trung vị, max, min, ...
- Bộ lọc trung vị (median filter) là một bộ lọc điện hình thuộc lớp bộ lọc này
  - ▶ Là bộ lọc phổ biến
  - ▶ Trong một số trường hợp, bộ lọc trung vị cho kết quả tốt hơn bộ lọc trung bình:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính
  - ▶ Đáp ứng phụ thuộc vào bậc (thứ hạng) của các điểm ảnh nằm trong vùng bao trùm bởi bộ lọc
  - ▶ Các bộ lọc trung vị, max, min, ...
- Bộ lọc trung vị (median filter) là một bộ lọc điện hình thuộc lớp bộ lọc này
  - ▶ Là bộ lọc phổ biến
  - ▶ Trong một số trường hợp, bộ lọc trung vị cho kết quả tốt hơn bộ lọc trung bình:
    - ★ Khả năng giảm nhiễu tốt với một số loại nhiễu nhất định (nhiễu xung - impulse noise còn gọi là nhiễu muối-tiêu - salt-and-pepper noise)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê

- Bộ lọc bậc thống kê (Order-statistic filter) ≡ bộ lọc không tuyến tính
  - ▶ Đáp ứng phụ thuộc vào bậc (thứ hạng) của các điểm ảnh nằm trong vùng bao trùm bởi bộ lọc
  - ▶ Các bộ lọc trung vị, max, min, ...
- Bộ lọc trung vị (median filter) là một bộ lọc điện hình thuộc lớp bộ lọc này
  - ▶ Là bộ lọc phổ biến
  - ▶ Trong một số trường hợp, bộ lọc trung vị cho kết quả tốt hơn bộ lọc trung bình:
    - ★ Khả năng giảm nhiễu tốt với một số loại nhiễu nhất định (nhiễu xung - impulse noise còn gọi là nhiễu muối-tiêu - salt-and-pepper noise)
    - ★ Việc làm mờ ảnh ít hơn so với sử dụng mạch lọc tuyến tính làm trơn ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .

- Tập giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  đơn điệu tăng (hoặc giảm).



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .

- Tập giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  đơn điệu tăng (hoặc giảm).
  - ▶  $\xi = x_{(n+1)/2}$  nếu  $n$  lẻ;  $\xi = x_{n/2}$  hoặc  $x_{n/2+1}$  nếu  $n$  chẵn

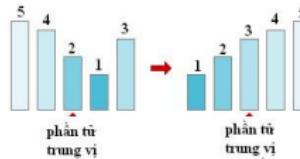


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .

- Tập giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  đơn điệu tăng (hoặc giảm).
  - ▶  $\xi = x_{(n+1)/2}$  nếu  $n$  lẻ;  $\xi = x_{n/2}$  hoặc  $x_{n/2+1}$  nếu  $n$  chẵn

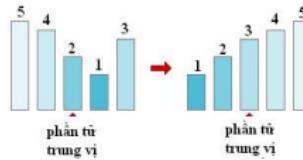


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .

- Tập giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  đơn điệu tăng (hoặc giảm).
  - ▶  $\xi = x_{(n+1)/2}$  nếu  $n$  lẻ;  $\xi = x_{n/2}$  hoặc  $x_{n/2+1}$  nếu  $n$  chẵn



**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ); bộ lọc  $w$  ( $m \times n$ ) ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ)

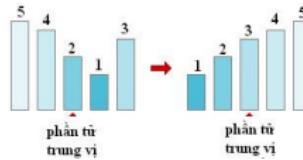
**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .

- Tập giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  đơn điệu tăng (hoặc giảm).
  - ▶  $\xi = x_{(n+1)/2}$  nếu  $n$  lẻ;  $\xi = x_{n/2}$  hoặc  $x_{n/2+1}$  nếu  $n$  chẵn



**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ); bộ lọc  $w$  ( $m \times n$ ) ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ)

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

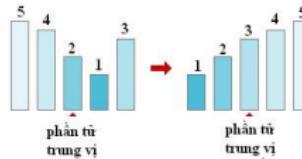
- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có mức xám  $f(x, y)$ :

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .

- Tập giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  đơn điệu tăng (hoặc giảm).
  - ▶  $\xi = x_{(n+1)/2}$  nếu  $n$  lẻ;  $\xi = x_{n/2}$  hoặc  $x_{n/2+1}$  nếu  $n$  chẵn



**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ); bộ lọc  $w$  ( $m \times n$ ) ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ)

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có mức xám  $f(x, y)$ :

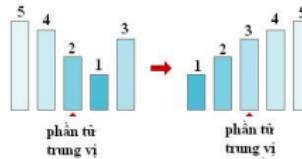
- ▶  $g(x, y) =$  giá trị trung vị của các điểm ảnh lân cận  $(x, y)$  (kể cả điểm  $(x, y)$ ) bị bao trùm bởi bộ lọc

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc trung vị

Giá trị trung vị  $\xi$  của một tập các giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng  $\xi$  và một nửa các giá trị trong tập lớn hơn hoặc bằng  $\xi$ .

- Tập giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  đơn điệu tăng (hoặc giảm).
  - ▶  $\xi = x_{(n+1)/2}$  nếu  $n$  lẻ;  $\xi = x_{n/2}$  hoặc  $x_{n/2+1}$  nếu  $n$  chẵn



**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ); bộ lọc  $w$  ( $m \times n$ ) ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ)

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có mức xám  $f(x, y)$ :
  - ▶  $g(x, y) =$  giá trị trung vị của các điểm ảnh lân cận  $(x, y)$  (kể cả điểm  $(x, y)$ ) bị bao trùm bởi bộ lọc
- Các điểm có giá trị mức xám rất khác biệt sẽ bị kéo về các giá trị gần giống

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thông kê - Bộ lọc trung vị (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ ; bộ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$   
**Output:** Ảnh kết quả  $I'$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thông kê - Bộ lọc trung vị (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ ; bộ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

- ① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có mức xám  $f(x, y)$ :

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thông kê - Bộ lọc trung vị (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ ; bộ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có mức xám  $f(x, y)$ :

- ▶  $\xi =$  giá trị trung vị của các điểm ảnh lân cận  $(x, y)$  (kể cả điểm  $(x, y)$ ) bị bao trùm bởi bộ lọc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thông kê - Bộ lọc trung vị (với ngưỡng  $\theta$ )

**Input:** Ảnh  $I(M \times N)$ ; bộ lọc  $w(m \times n)$  ( $m = 2a + 1, n = 2b + 1$ : lẻ), ngưỡng  $\theta$

**Output:** Ảnh kết quả  $I'$

① Với mỗi điểm ảnh  $(x, y) \in I$  có mức xám  $f(x, y)$ :

- ▶  $\xi$  = giá trị trung vị của các điểm ảnh lân cận  $(x, y)$  (kể cả điểm  $(x, y)$ ) bị bao trùm bởi bộ lọc
- ▶ Nếu  $|f(x, y) - \xi| \leq \theta$  thì  $g(x, y) = f(x, y)$ ; ngược lại  $g(x, y) = \xi$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc max, min

- Bộ lọc trung vị lấy giá trị trung vị ứng với biểu diễn 50% của một tập có thứ hạng các số



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thông kê - Bộ lọc max, min

- Bộ lọc trung vị lấy giá trị trung vị ứng với biểu diễn 50% của một tập có thứ hạng các số
- ⇒ Nếu giá trị ứng với biểu diễn 100% của tập có thứ hạng các số ⇒ Bộ lọc max



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thông kê - Bộ lọc max, min

- Bộ lọc trung vị lấy giá trị trung vị ứng với biểu diễn 50% của một tập có thứ hạng các số
- ⇒ Nếu giá trị ứng với biểu diễn 100% của tập có thứ hạng các số ⇒ Bộ lọc max
  - ▶ Đáp ứng:  $R = \max\{z_j | k = 1, 2, \dots, mn\}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc max, min

- Bộ lọc trung vị lấy giá trị trung vị ứng với biểu diễn 50% của một tập có thứ hạng các số
- $\Rightarrow$  Nếu giá trị ứng với biểu diễn 100% của tập có thứ hạng các số  $\Rightarrow$  Bộ lọc max
  - ▶ Đáp ứng:  $R = \max\{z_j | k = 1, 2, \dots, mn\}$
  - ▶ Điểm ảnh ra:  $g(x, y) = \max_{(i,j) \in S_{xy}} f(i, j)$  (với  $S_{xy}$  là vùng ảnh bao trùm bởi bộ lọc)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc max, min

- Bộ lọc trung vị lấy giá trị trung vị ứng với biểu diễn 50% của một tập có thứ hạng các số
- $\Rightarrow$  Nếu giá trị ứng với biểu diễn 100% của tập có thứ hạng các số  $\Rightarrow$  Bộ lọc max
  - ▶ Đáp ứng:  $R = \max\{z_j | k = 1, 2, \dots, mn\}$
  - ▶ Điểm ảnh ra:  $g(x, y) = \max_{(i,j) \in S_{xy}} f(i, j)$  (với  $S_{xy}$  là vùng ảnh bao trùm bởi bộ lọc)
- $\Rightarrow$  Nếu giá trị ứng với biểu diễn 0% của tập có thứ hạng các số  $\Rightarrow$  Bộ lọc min



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc max, min

- Bộ lọc trung vị lấy giá trị trung vị ứng với biểu diễn 50% của một tập có thứ hạng các số
- $\Rightarrow$  Nếu giá trị ứng với biểu diễn 100% của tập có thứ hạng các số  $\Rightarrow$  Bộ lọc max
  - ▶ Đáp ứng:  $R = \max\{z_j | k = 1, 2, \dots, mn\}$
  - ▶ Điểm ảnh ra:  $g(x, y) = \max_{(i,j) \in S_{xy}} f(i, j)$  (với  $S_{xy}$  là vùng ảnh bao trùm bởi bộ lọc)
- $\Rightarrow$  Nếu giá trị ứng với biểu diễn 0% của tập có thứ hạng các số  $\Rightarrow$  Bộ lọc min
  - ▶ Đáp ứng:  $R = \min\{z_j | k = 1, 2, \dots, mn\}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

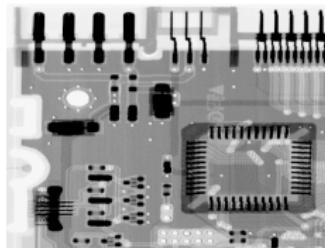
Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thống kê - Bộ lọc max, min

- Bộ lọc trung vị lấy giá trị trung vị ứng với biểu diễn 50% của một tập có thứ hạng các số
- $\Rightarrow$  Nếu giá trị ứng với biểu diễn 100% của tập có thứ hạng các số  $\Rightarrow$  Bộ lọc max
  - ▶ Đáp ứng:  $R = \max\{z_k | k = 1, 2, \dots, mn\}$
  - ▶ Điểm ảnh ra:  $g(x, y) = \max_{(i,j) \in S_{xy}} f(i, j)$  (với  $S_{xy}$  là vùng ảnh bao trùm bởi bộ lọc)
- $\Rightarrow$  Nếu giá trị ứng với biểu diễn 0% của tập có thứ hạng các số  $\Rightarrow$  Bộ lọc min
  - ▶ Đáp ứng:  $R = \min\{z_k | k = 1, 2, \dots, mn\}$
  - ▶ Điểm ảnh ra:  $g(x, y) = \min_{(i,j) \in S_{xy}} f(i, j)$  (với  $S_{xy}$  là vùng ảnh bao trùm bởi bộ lọc)

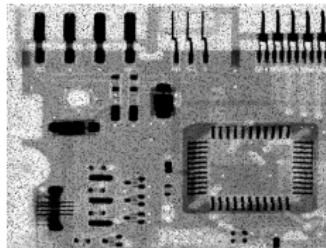


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

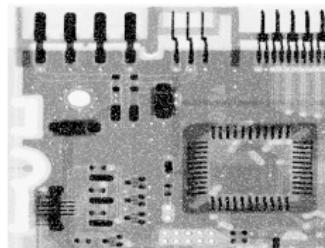
Lọc trong miền không gian: Bộ lọc bậc thông kê - Bộ lọc max, min - Ví dụ minh họa



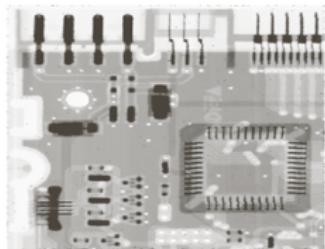
(a) Ảnh gốc



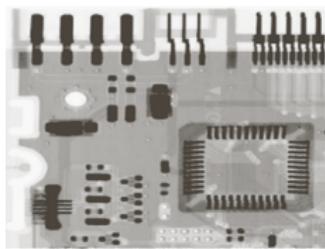
(b) Nhiều tiêu



(c) Nhiều muối



(d) Lọc max nhiều tiêu



(e) Lọc min nhiều muối

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh

- Mục tiêu chính của việc tăng tính sắc nét của ảnh là làm nổi bật những chuyển đổi trong mức xám



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh

- Mục tiêu chính của việc tăng tính sắc nét của ảnh là làm nổi bật những chuyển đổi trong mức xám
  - ▶ Loại bỏ phần mờ trong ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

## Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh

- Mục tiêu chính của việc tăng tính sắc nét của ảnh là làm nổi bật những chuyển đổi trong mức xám
  - ▶ Loại bỏ phần mờ trong ảnh
  - ▶ Làm nổi các biên (cạnh) trong ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh

- Mục tiêu chính của việc tăng tính sắc nét của ảnh là làm nổi bật những chuyển đổi trong mức xám
  - ▶ Loại bỏ phần mờ trong ảnh
  - ▶ Làm nổi các biên (cạnh) trong ảnh
  - ▶ Tăng cường độ tương phản cục bộ



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh

- Mục tiêu chính của việc tăng tính sắc nét của ảnh là làm nổi bật những chuyển đổi trong mức xám
  - ▶ Loại bỏ phần mờ trong ảnh
  - ▶ Làm nổi các biên (cạnh) trong ảnh
  - ▶ Tăng cường độ tương phản cục bộ
- Ứng dụng rộng rãi: in ấn điện tử, xử lý ảnh y tế, kiểm tra công nghiệp, tự động dẫn đường trong các hệ thống quân sự



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh

- Mục tiêu chính của việc tăng tính sắc nét của ảnh là làm nổi bật những chuyển đổi trong mức xám
  - ▶ Loại bỏ phần mờ trong ảnh
  - ▶ Làm nổi các biên (cạnh) trong ảnh
  - ▶ Tăng cường độ tương phản cục bộ
- Ứng dụng rộng rãi: in ấn điện tử, xử lý ảnh y tế, kiểm tra công nghiệp, tự động dẫn đường trong các hệ thống quân sự
- Dựa trên phép đạo hàm không gian



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh

- Mục tiêu chính của việc tăng tính sắc nét của ảnh là làm nổi bật những chuyển đổi trong mức xám
  - ▶ Loại bỏ phần mờ trong ảnh
  - ▶ Làm nổi các biên (cạnh) trong ảnh
  - ▶ Tăng cường độ tương phản cục bộ
- Ứng dụng rộng rãi: in ấn điện tử, xử lý ảnh y tế, kiểm tra công nghiệp, tự động dẫn đường trong các hệ thống quân sự
- Dựa trên phép đạo hàm không gian
- Tương tự bộ lọc thông cao (highpass filter)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở

- Đạo hàm của một hàm cho biết tốc độ thay đổi của hàm đó



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở

- Đạo hàm của một hàm cho biết tốc độ thay đổi của hàm đó
- Các đạo hàm của hàm dữ liệu số (hàm rời rạc) được định nghĩa theo vi sai



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở

- Đạo hàm của một hàm cho biết tốc độ thay đổi của hàm đó
- Các đạo hàm của hàm dữ liệu số (hàm rời rạc) được định nghĩa theo vi sai
- Đạo hàm bậc một:  $\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở

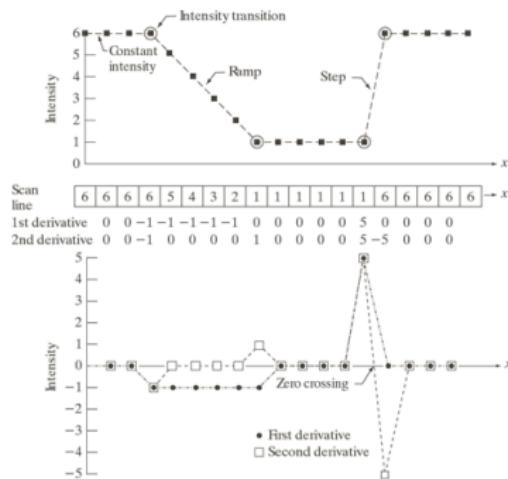
- Đạo hàm của một hàm cho biết tốc độ thay đổi của hàm đó
- Các đạo hàm của hàm dữ liệu số (hàm rời rạc) được định nghĩa theo vi sai
- Đạo hàm bậc một:  $\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x)$
- Đạo hàm bậc hai:  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

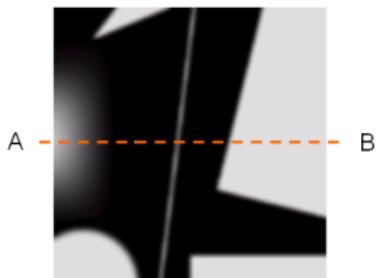
## Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở

- Đạo hàm của một hàm cho biết tốc độ thay đổi của hàm đó
- Các đạo hàm của hàm dữ liệu số (hàm rời rạc) được định nghĩa theo vi sai
- Đạo hàm bậc một:  $\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x)$
- Đạo hàm bậc hai:  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x)$

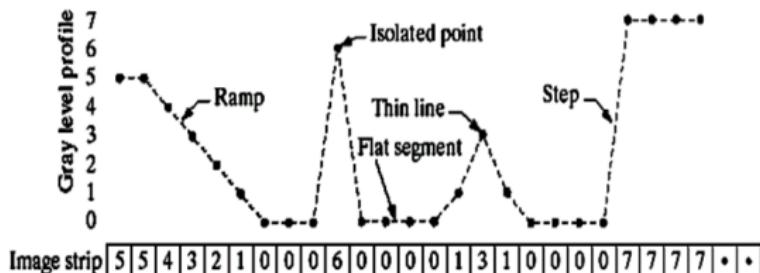


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Minh họa tính đạo hàm (1)



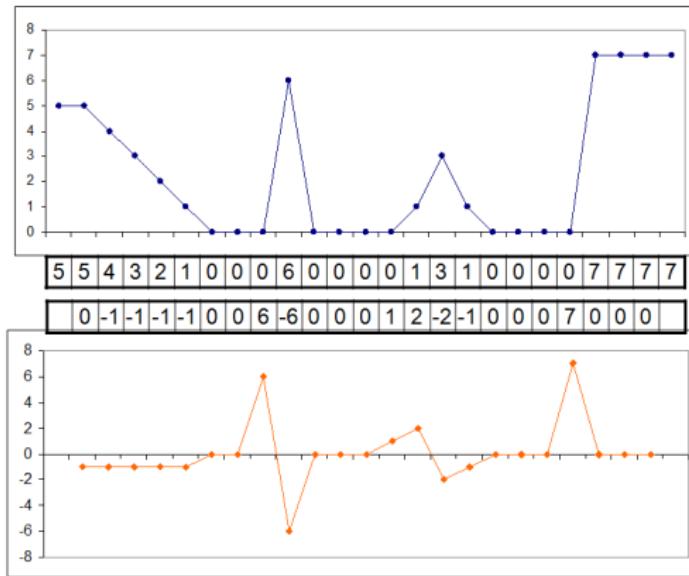
(a) Ảnh gốc



(b) Dải mức xám

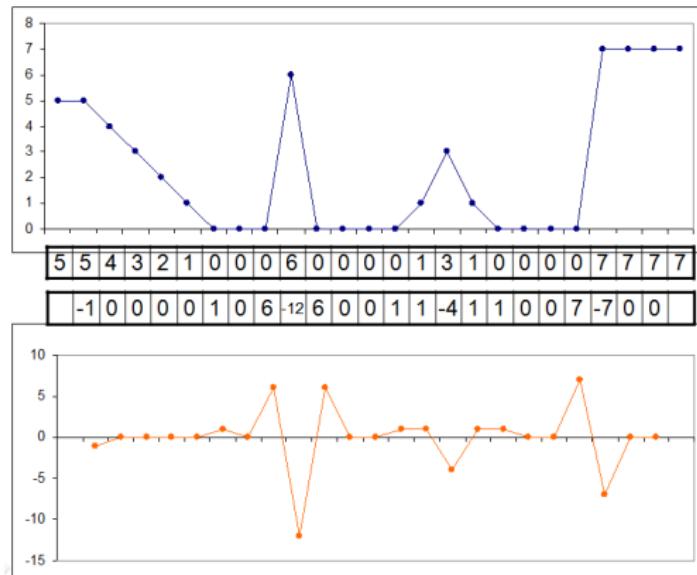
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Minh họa tính đạo hàm (2)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Minh họa tính đạo hàm (3)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Nhận xét

- Đạo hàm bậc một có giá trị khác không tại điểm bắt đầu có sự tăng/giảm mức xám và tại các điểm đọc theo đường dốc của giá trị mức xám



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Nhận xét

- Đạo hàm bậc một có giá trị khác không tại điểm bắt đầu có sự tăng/giảm mức xám và tại các điểm đọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ⇒ Làm cho biên ảnh dày lên.



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Nhận xét

- Đạo hàm bậc một có giá trị khác không tại điểm bắt đầu có sự tăng/giảm mức xám và tại các điểm dọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ▶ ⇒ Làm cho biên ảnh dày lên.
- Đạo hàm bậc hai có giá trị khác không tại cả các điểm bắt đầu và kết thúc của sự tăng/giảm mức xám; có giá trị bằng 0 dọc theo đường dốc của giá trị mức xám



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Nhận xét

- Đạo hàm bậc một có giá trị khác không tại điểm bắt đầu có sự tăng/giảm mức xám và tại các điểm dọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ▶ ⇒ Làm cho biên ảnh dày lên.
- Đạo hàm bậc hai có giá trị khác không tại cả các điểm bắt đầu và kết thúc của sự tăng/giảm mức xám; có giá trị bằng 0 dọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ▶ ⇒ Có thể tạo được các biên ảnh kép với độ dày 1 điểm ảnh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Nhận xét

- Đạo hàm bậc một có giá trị khác không tại điểm bắt đầu có sự tăng/giảm mức xám và tại các điểm dọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ▶ ⇒ Làm cho biên ảnh dày lên.
- Đạo hàm bậc hai có giá trị khác không tại cả các điểm bắt đầu và kết thúc của sự tăng/giảm mức xám; có giá trị bằng 0 dọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ▶ ⇒ Có thể tạo được các biên ảnh kép với độ dày 1 điểm ảnh
  - ▶ ⇒ Có khả năng tăng cường độ sắc nét các chi tiết nhỏ tốt hơn so với phép đạo hàm bậc một



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Cơ sở - Nhận xét

- Đạo hàm bậc một có giá trị khác không tại điểm bắt đầu có sự tăng/giảm mức xám và tại các điểm dọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ▶ ⇒ Làm cho biên ảnh dày lên.
- Đạo hàm bậc hai có giá trị khác không tại cả các điểm bắt đầu và kết thúc của sự tăng/giảm mức xám; có giá trị bằng 0 dọc theo đường dốc của giá trị mức xám
  - ▶ ⇒ Có thể tạo được các biên ảnh kép với độ dày 1 điểm ảnh
  - ▶ ⇒ Có khả năng tăng cường độ sắc nét các chi tiết nhỏ tốt hơn so với phép đạo hàm bậc một
  - ▶ Dễ dàng thực hiện hơn



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tinh



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tính
- Theo trực  $x$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 2f(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tính
- Theo trục  $x$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục  $y$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 2f(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tính
- Theo trục  $x$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục  $y$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tính
- Theo trục  $x$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục  $y$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tính
- Theo trục  $x$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục  $y$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tính
- Theo trục  $x$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục  $y$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

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



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh  $f(x, y)$ :  $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ 
  - ▶ Đanding hướng (isotropic operator)
  - ▶ Tuyênn tính
- Theo trục  $x$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục  $y$ :  $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

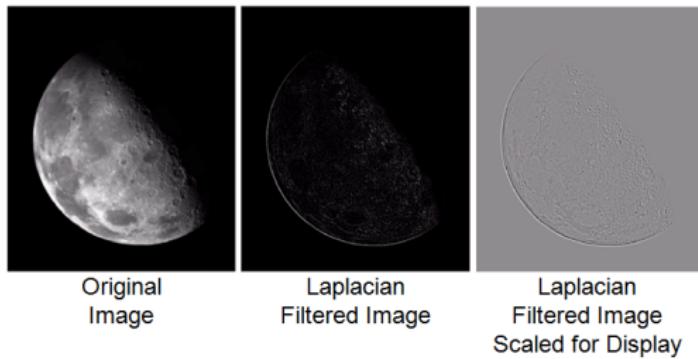
1	1	1
1	-8	1
1	1	1

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

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

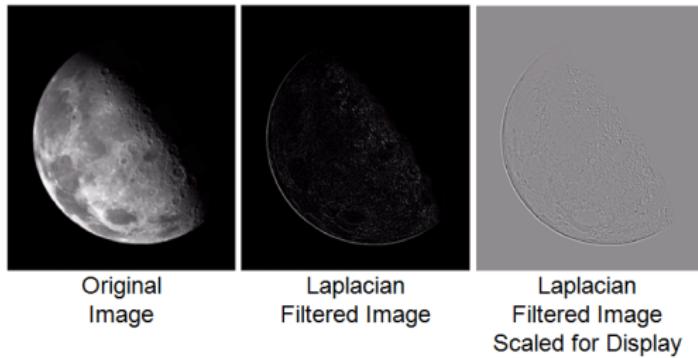
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Minh họa



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

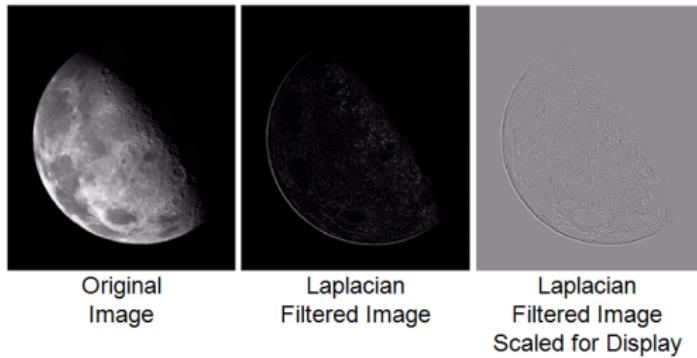
Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Minh họa



- Làm nổi bật các vùng mức xám không liên tục, các biên ảnh; Làm giảm các vùng có sự thay đổi mức xám chậm (hoặc không thay đổi)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

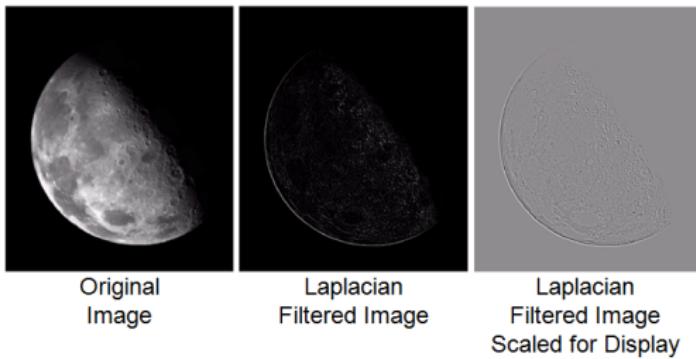
Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Minh họa



- Làm nổi bật các vùng mức xám không liên tục, các biên ảnh; Làm giảm các vùng có sự thay đổi mức xám chậm (hoặc không thay đổi)
  - ▶ ⇒ Tạo ra ảnh với các đường biên và vùng không liên tục nổi trên một nền tối không còn đặc trưng

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Minh họa



- Làm nổi bật các vùng mức xám không liên tục, các biên ảnh; Làm giảm các vùng có sự thay đổi mức xám chậm (hoặc không thay đổi)
  - ▶ ⇒ Tạo ra ảnh với các đường biên và vùng không liên tục nổi trên một nền tối không còn đặc trưng
  - ▶ Bản thân bộ lọc Laplace không làm tăng cường ảnh

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh

- Khôi phục các đặc trưng ảnh nền trong khi vẫn giữ hiệu ứng sắc nét của ảnh thu được bởi bộ lọc Laplace:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh

- Khôi phục các đặc trưng ảnh nền trong khi vẫn giữ hiệu ứng sắc nét của ảnh thu được bởi bộ lọc Laplace:

$$\triangleright g(x, y) = f(x, y) + c\nabla^2 f(x, y)$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh

- Khôi phục các đặc trưng ảnh nền trong khi vẫn giữ hiệu ứng sắc nét của ảnh thu được bởi bộ lọc Laplace:

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

- $\star$   $c = -1$  nếu sử dụng định nghĩa đạo hàm dương

- $(f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y))$ ;  $c = 1$  nếu định nghĩa đạo hàm ngược lại



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

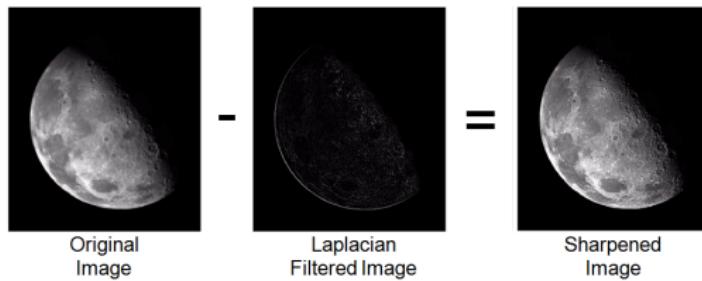
Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh

- Khôi phục các đặc trưng ảnh nền trong khi vẫn giữ hiệu ứng sắc nét của ảnh thu được bởi bộ lọc Laplace:

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

- $\star c = -1$  nếu sử dụng định nghĩa đạo hàm dương

- $(f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y))$ ;  $c = 1$  nếu định nghĩa đạo hàm ngược lại



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh - Minh họa



(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh tăng cường

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh - Hệ số bộ lọc

- Tổng hợp lại toàn bộ quá trình lọc  
tăng cường ảnh bằng bộ lọc  
Laplace:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh - Hệ số bộ lọc

- Tổng hợp lại toàn bộ quá trình lọc

tăng cường ảnh bằng bộ lọc  
Laplace:

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



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh - Hệ số bộ lọc

- Tổng hợp lại toàn bộ quá trình lọc

tăng cường ảnh bằng bộ lọc  
Laplace:

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

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh - Hệ số bộ lọc

- Tổng hợp lại toàn bộ quá trình lọc

tăng cường ảnh bằng bộ lọc  
Laplace:

- ▶ 
$$g(x, y) = f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) = \\ f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) + \\ f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)]$$
- ▶ 
$$\Rightarrow g(x, y) = 5f(x, y) - f(x+1, y) - \\ f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1)$$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh - Hệ số bộ lọc

- Tổng hợp lại toàn bộ quá trình lọc

tăng cường ảnh bằng bộ lọc  
Laplace:

- $$g(x, y) = f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) = f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)]$$
- $$\Rightarrow g(x, y) = 5f(x, y) - f(x+1, y) - f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1)$$

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace - Tăng cường ảnh - Hệ số bộ lọc

- Tổng hợp lại toàn bộ quá trình lọc

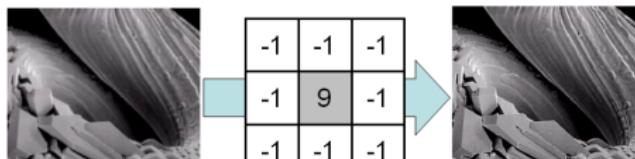
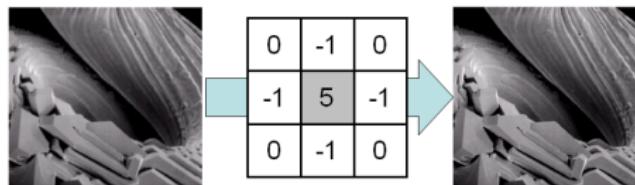
tăng cường ảnh bằng bộ lọc Laplace:

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

►  $\Rightarrow$

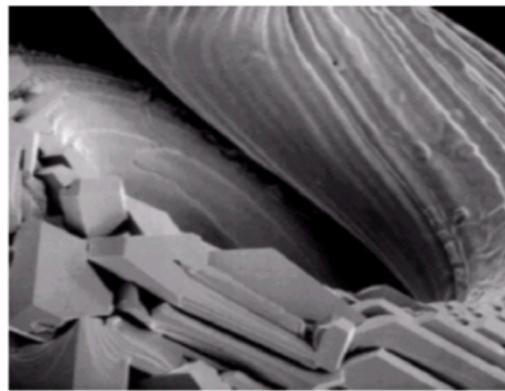
$$g(x, y) = 5f(x, y) - f(x+1, y) - f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1)$$

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

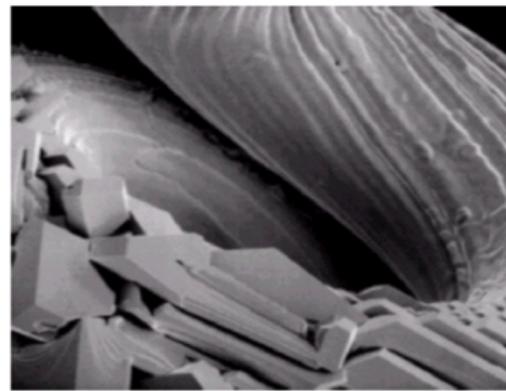


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính nét của ảnh - Bộ lọc đanding hướng Laplace  
tăng cường ảnh - Minh họa



(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh tăng cường

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi một phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi một phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi một phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)
- Quá trình tạo mặt nạ mờ:



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi một phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)
- Quá trình tạo mặt nạ mờ:
  - ➊ Làm mờ ảnh gốc



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi một phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)
- Quá trình tạo mặt nạ mờ:
  - ① Làm mờ ảnh gốc
  - ② Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản ảnh đã làm mờ: Kết quả là sự khác biệt được gọi là mặt nạ (mask)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi một phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)
- Quá trình tạo mặt nạ mờ:
  - ① Làm mờ ảnh gốc
  - ② Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản ảnh đã làm mờ: Kết quả là sự khác biệt được gọi là mặt nạ (mask)
  - ③ Cộng mặt nạ vào ảnh gốc



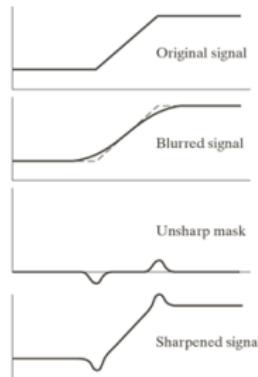
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)

- Quá trình tạo mặt nạ mờ:

- ① Làm mờ ảnh gốc
- ② Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản ảnh đã làm mờ: Kết quả là sự khác biệt được gọi là mặt nạ (mask)
- ③ Cộng mặt nạ vào ảnh gốc



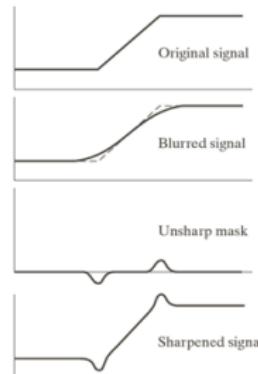
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)

- Quá trình tạo mặt nạ mờ:

- ① Làm mờ ảnh gốc
- ② Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản ảnh đã làm mờ: Kết quả là sự khác biệt được gọi là mặt nạ (mask)
- ③ Cộng mặt nạ vào ảnh gốc



- Gọi  $\bar{f}(x, y)$  là phiên bản ảnh được làm mờ (làm trơn)

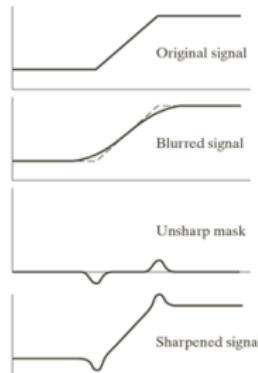
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)

- Quá trình tạo mặt nạ mờ:

- ① Làm mờ ảnh gốc
- ② Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản ảnh đã làm mờ: Kết quả là sự khác biệt được gọi là mặt nạ (mask)
- ③ Cộng mặt nạ vào ảnh gốc



- Gọi  $\bar{f}(x, y)$  là phiên bản ảnh được làm mờ (làm trơn)
  - ▶ Mặt nạ:  $g_{mask}(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$

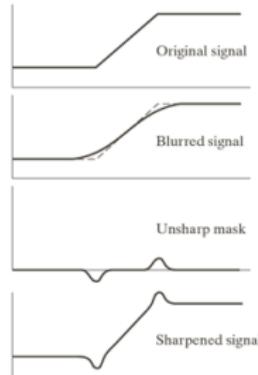
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)

- Quá trình tạo mặt nạ mờ:

- ① Làm mờ ảnh gốc
- ② Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản ảnh đã làm mờ: Kết quả là sự khác biệt được gọi là mặt nạ (mask)
- ③ Cộng mặt nạ vào ảnh gốc



- Gọi  $\bar{f}(x, y)$  là phiên bản ảnh được làm mờ (làm trơn)
  - ▶ Mặt nạ:  $g_{mask}(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$
- Ảnh cuối:  $g(x, y) = f(x, y) + k \times g_{mask}(x, y)$

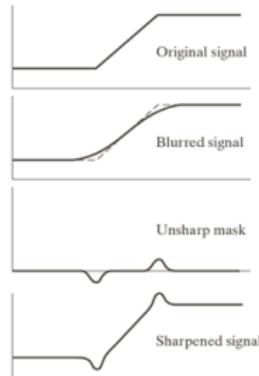
# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường

- Một quá trình đã được sử dụng rất lâu trong ngành công nghiệp in và xuất bản nhằm tăng tính sắc nét của hình ảnh:
  - ▶ Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản mờ (làm trơn) của chính ảnh đó
  - ▶  $\triangleq$  Tạo mặt nạ mờ (unsharp masking)

- Quá trình tạo mặt nạ mờ:

- ① Làm mờ ảnh gốc
- ② Lấy ảnh gốc trừ đi phiên bản ảnh đã làm mờ: Kết quả là sự khác biệt được gọi là mặt nạ (mask)
- ③ Cộng mặt nạ vào ảnh gốc



- Gọi  $\bar{f}(x, y)$  là phiên bản ảnh được làm mờ (làm trơn)
  - ▶ Mặt nạ:  $g_{mask}(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$
- Ảnh cuối:  $g(x, y) = f(x, y) + k \times g_{mask}(x, y)$ 
  - ▶  $k$ : trọng số (thường  $> 0$ );  $k = 1$ : quá trình tạo mặt nạ mờ;  $k > 1$ : quá trình lọc tăng cường (highboost filtering)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Tạo mặt nạ mờ và lọc tăng cường - Minh họa



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient

- Gradient của một hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$ :

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}(f) \equiv \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient

- Gradient của một hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$ :

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}(f) \equiv \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- Véc-tơ Gradient hướng theo chiều có sự biến thiên lớn nhất của hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient

- Gradient của một hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$ :

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}(f) \equiv \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- Véc-tơ Gradient hướng theo chiều có sự biến thiên lớn nhất của hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$
- Độ lớn (còn gọi là độ dài) của véc-tơ Gradient  $\nabla f$  tại  $(x, y)$ :

$$M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient

- Gradient của một hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$ :

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}(f) \equiv \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- Véc-tơ Gradient hướng theo chiều có sự biến thiên lớn nhất của hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$
- Độ lớn (còn gọi là độ dài) của véc-tơ Gradient  $\nabla f$  tại  $(x, y)$ :  
 $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ 
  - Là giá trị độ lớn của tốc độ biến đổi theo hướng véc-tơ Gradient tại điểm  $(x, y)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient

- Gradient của một hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$ :

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}(f) \equiv \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- Véc-tơ Gradient hướng theo chiều có sự biến thiên lớn nhất của hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$
- Độ lớn (còn gọi là độ dài) của véc-tơ Gradient  $\nabla f$  tại  $(x, y)$ :  
 $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ 
  - Là giá trị độ lớn của tốc độ biến đổi theo hướng véc-tơ Gradient tại điểm  $(x, y)$
  - Có cùng kích thước với ảnh gốc  $\Rightarrow$  Ảnh Gradient (hoặc Gradient)



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient

- Gradient của một hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$ :

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}(f) \equiv \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- Véc-tơ Gradient hướng theo chiều có sự biến thiên lớn nhất của hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$
- Độ lớn (còn gọi là độ dài) của véc-tơ Gradient  $\nabla f$  tại  $(x, y)$ :  
 $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ 
  - ▶ Là giá trị độ lớn của tốc độ biến đổi theo hướng véc-tơ Gradient tại điểm  $(x, y)$
  - ▶ Có cùng kích thước với ảnh gốc  $\Rightarrow$  Ảnh Gradient (hoặc Gradient)
  - ▶ Đơn giản hóa tính toán:  $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient

- Gradient của một hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$ :

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}(f) \equiv \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- Véc-tơ Gradient hướng theo chiều có sự biến thiên lớn nhất của hàm  $f(x, y)$  tại điểm  $(x, y)$
- Độ lớn (còn gọi là độ dài) của véc-tơ Gradient  $\nabla f$  tại  $(x, y)$ :  
 $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ 
  - Là giá trị độ lớn của tốc độ biến đổi theo hướng véc-tơ Gradient tại điểm  $(x, y)$
  - Có cùng kích thước với ảnh gốc  $\Rightarrow$  Ảnh Gradient (hoặc Gradient)
  - Đơn giản hóa tính toán:  $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$
- Góc pha của véc-tơ Gradient  $\nabla f$  tại  $(x, y)$ :  $\Phi(x, y) = \text{arg}(\nabla f) = \text{atan} \left( \frac{G_y}{G_x} \right)$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

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



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- $G_x = z_8 - z_5$  và  $G_y = z_6 - z_5$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- $G_x = z_8 - z_5$  và  $G_y = z_6 - z_5$
- Hoặc vì sai chéo  $G_x = z_9 - z_5$  và  $G_y = z_8 - z_6$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- $G_x = z_8 - z_5$  và  $G_y = z_6 - z_5$
- Hoặc vi sai chéo  $G_x = z_9 - z_5$  và  $G_y = z_8 - z_6$ 
  - ▶ Do Roberts đề xuất năm 1965  $\Rightarrow$  Các toán tử Gradient chéo Roberts

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- $G_x = z_8 - z_5$  và  $G_y = z_6 - z_5$
- Hoặc vi sai chéo  $G_x = z_9 - z_5$  và  $G_y = z_8 - z_6$ 
  - ▶ Do Roberts đề xuất năm 1965  $\Rightarrow$  Các toán tử Gradient chéo Roberts
  - ▶ Mặt nạ

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- $G_x = z_8 - z_5$  và  $G_y = z_6 - z_5$
- Hoặc vi sai chéo  $G_x = z_9 - z_5$  và  $G_y = z_8 - z_6$ 
  - ▶ Do Roberts đề xuất năm 1965  $\Rightarrow$  Các toán tử Gradient chéo Roberts
  - ▶ Mặt nạ

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow M(x, y) = \sqrt{(z_9 - z_5)^2 + (z_8 - z_6)^2}$$



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- $G_x = z_8 - z_5$  và  $G_y = z_6 - z_5$
- Hoặc vi sai chéo  $G_x = z_9 - z_5$  và  $G_y = z_8 - z_6$ 
  - ▶ Do Roberts đề xuất năm 1965  $\Rightarrow$  Các toán tử Gradient chéo Roberts
  - ▶ Mặt nạ

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- ▶  $\Rightarrow M(x, y) = \sqrt{(z_9 - z_5)^2 + (z_8 - z_6)^2}$
- ▶ Hoặc  $\Rightarrow M(x, y) \approx |z_9 - z_5| + |z_8 - z_6|$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

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



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):
  - $G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):

$$\triangleright G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$$

$$\triangleright G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):
  - $G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$
  - $G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$

$G_x =$

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

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):
  - $G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$
  - $G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$

$$G_x =$$

$$G_y =$$

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

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

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):
  - $G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$
  - $G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$

$$G_x =$$

$$G_y =$$

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

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

- △ Toán tử Sobel (Sobel operator)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):
  - $G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$
  - $G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$

$$G_x =$$

$$G_y =$$

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

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

- △ Toán tử Sobel (Sobel operator)

$$\begin{matrix} G_x & & & G_y \\ \downarrow & & & \downarrow \end{matrix}$$

Biên soạn: Phạm Văn Sư (PTIT)

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính sắc nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Xây dựng bộ lọc

≡

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

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

- Xấp xỉ  $G_x$  và  $G_y$  cho vùng  $3 \times 3$  lân cận xung quanh  $z_5$  (tức  $(x, y)$ ):
  - $G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$
  - $G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$

$$G_x =$$

$$G_y =$$

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

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

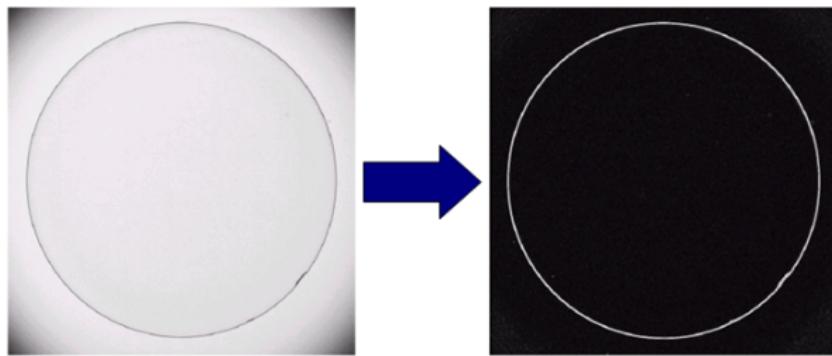
- △ Toán tử Sobel (Sobel operator)

Biên soạn: Phạm Văn Sư (PTIT)

$G_x$        $G_y$

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các bộ lọc tăng tính nét của ảnh - Bộ lọc Gradient - Ví dụ minh họa



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các phương pháp tăng cường sử dụng kết hợp các kỹ thuật

- Việc tăng cường tốt ảnh không thể chỉ bằng cách sử dụng một kỹ thuật đơn lẻ



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các phương pháp tăng cường sử dụng kết hợp các kỹ thuật

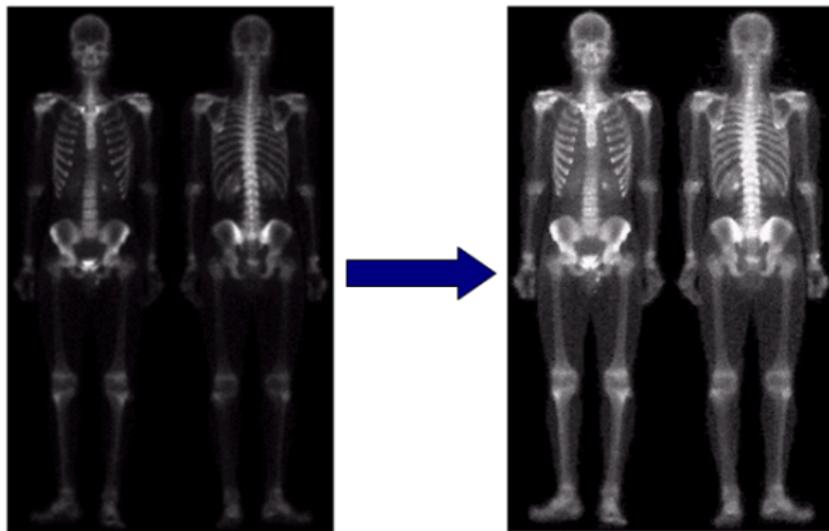
- Việc tăng cường tốt ảnh không thể chỉ bằng cách sử dụng một kỹ thuật đơn lẻ
- Thường với một tác vụ, cần phải kết hợp nhiều phương pháp khác nhau nhằm bổ trợ cho nhau để đạt được một kết quả mong muốn



# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

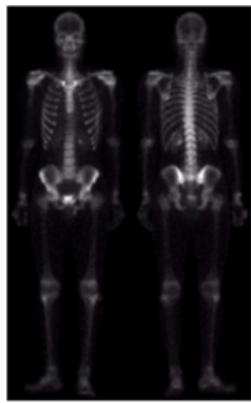
Lọc trong miền không gian: Các phương pháp tăng cường sử dụng kết hợp các kỹ thuật

- Việc tăng cường tốt ảnh không thể chỉ bằng cách sử dụng một kỹ thuật đơn lẻ
- Thường với một tác vụ, cần phải kết hợp nhiều phương pháp khác nhau nhằm bổ trợ cho nhau để đạt được một kết quả mong muốn

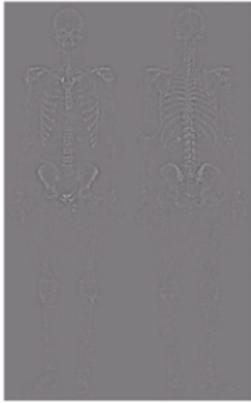


# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

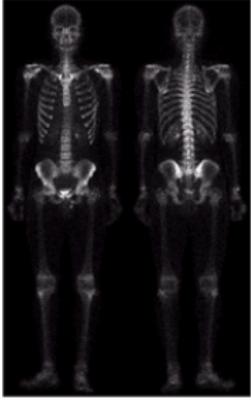
Lọc trong miền không gian: Các phương pháp tăng cường sử dụng kết hợp các kỹ thuật - Minh họa (1)



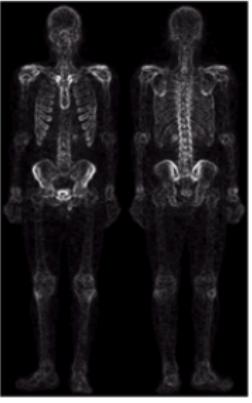
(a) Ảnh gốc



(b) Lọc Laplace



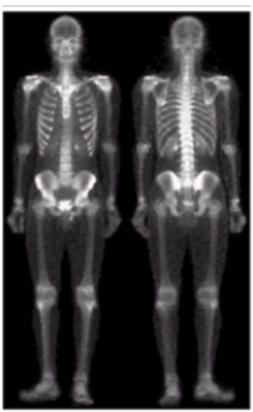
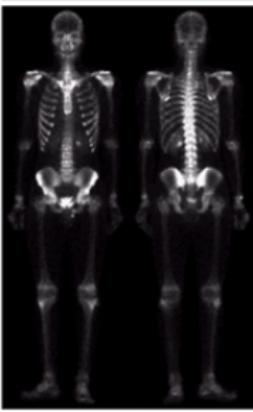
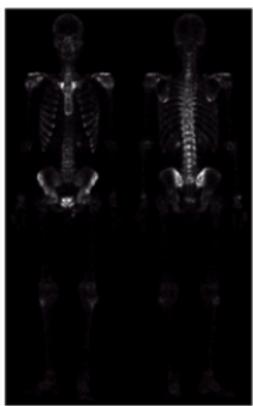
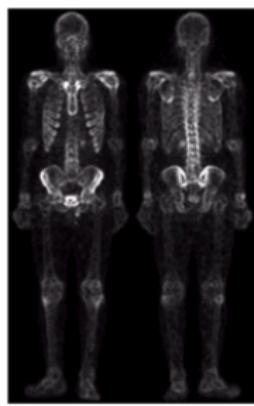
(c) (a)-(b)



(d) Lọc Sobel

# Các kỹ thuật tăng cường ảnh trong miền không gian

Lọc trong miền không gian: Các phương pháp tăng cường sử dụng kết hợp các kỹ thuật - Minh họa (2)



(e) Lọc TB của (d) (f) Tích (c)(e), (g) Tăng (h) Biến đổi luật  
mặt nạ (a)+(f) sắc nét công suất của (g)

# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- **Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số**

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Hàm xung đơn vị

## Hàm xung đơn vị

$$\delta(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } x = y = 0 \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$

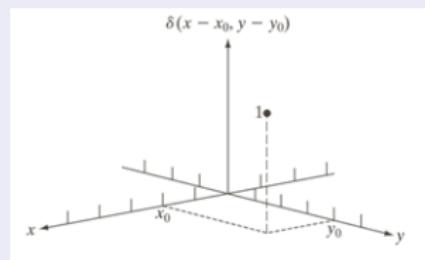


# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Hàm xung đơn vị

## Hàm xung đơn vị

$$\delta(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } x = y = 0 \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$

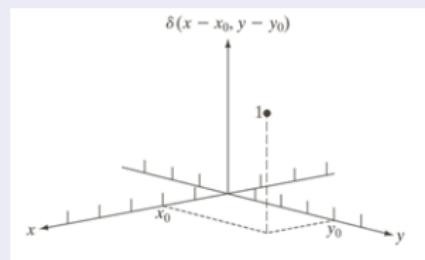


# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Hàm xung đơn vị

## Hàm xung đơn vị

$$\delta(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } x = y = 0 \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$



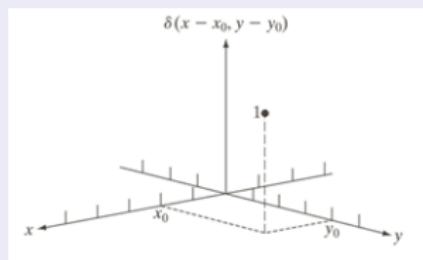
- $\sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x, y) = f(0, 0)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Hàm xung đơn vị

## Hàm xung đơn vị

$$\delta(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } x = y = 0 \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$



- $\sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x, y) = f(0, 0)$
- $\sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x - x_0, y - y_0) = f(x_0, y_0)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

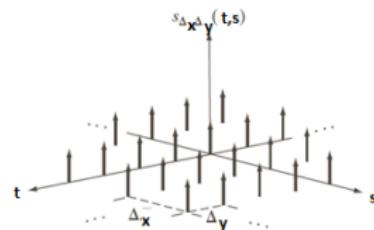
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$
- Các mẫu:  $= f(t, s) \times s_{\Delta x \Delta y}(t, s)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

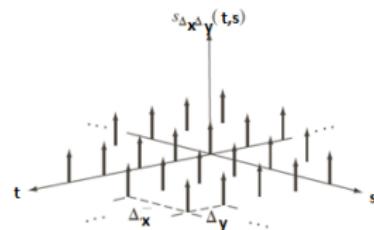
- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$
- Các mẫu:  $= f(t, s) \times s_{\Delta x \Delta y}(t, s)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

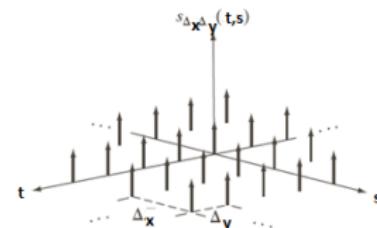
- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$
- Các mẫu:  $= f(t, s) \times s_{\Delta x \Delta y}(t, s)$
- Giả sử  $f(t, s)$ : băng tần hữu hạn



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$
- Các mẫu:  $= f(t, s) \times s_{\Delta x \Delta y}(t, s)$

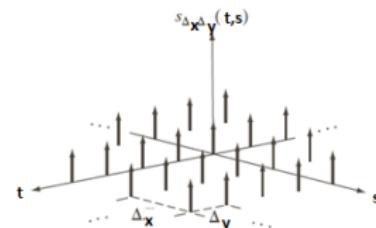


- Giả sử  $f(t, s)$ : băng tần hữu hạn
  - $F(\mu, \nu) = FT\{f(t, s)\} = 0$  với  $|\mu| \geq \mu_{max}$  và  $|\nu| \geq \nu_{max}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$
- Các mẫu:  $= f(t, s) \times s_{\Delta x \Delta y}(t, s)$

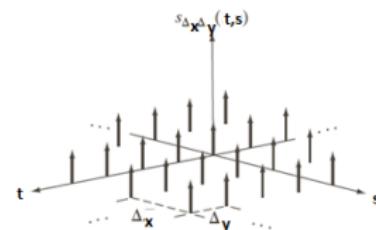


- Giả sử  $f(t, s)$ : băng tần hữu hạn
  - $F(\mu, \nu) = FT\{f(t, s)\} = 0$  với  $|\mu| \geq \mu_{max}$  và  $|\nu| \geq \nu_{max}$
- Định lý lấy mẫu của Shannon:

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$
- Các mẫu:  $= f(t, s) \times s_{\Delta x \Delta y}(t, s)$

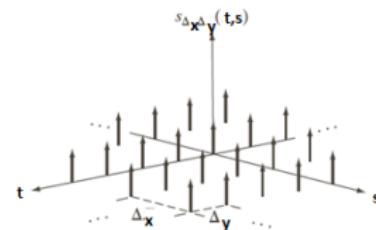


- Giả sử  $f(t, s)$ : băng tần hữu hạn
  - $F(\mu, \nu) = FT\{f(t, s)\} = 0$  với  $|\mu| \geq \mu_{max}$  và  $|\nu| \geq \nu_{max}$
- Định lý lấy mẫu của Shannon:
  - $\Delta x \leq \frac{1}{2\mu_{max}}$  và  $\Delta y \leq \frac{1}{2\nu_{max}}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu

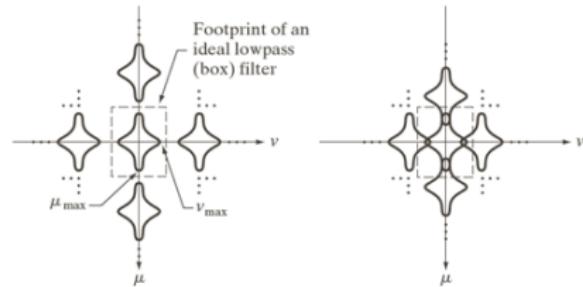
- Ma trận xung đơn vị:  $s_{\Delta x \Delta y}(t, s) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} \delta(t - x\Delta x, s - y\Delta y)$
- Các mẫu:  $= f(t, s) \times s_{\Delta x \Delta y}(t, s)$



- Giả sử  $f(t, s)$ : băng tần hữu hạn
  - ▶  $F(\mu, \nu) = FT\{f(t, s)\} = 0$  với  $|\mu| \geq \mu_{max}$  và  $|\nu| \geq \nu_{max}$
- Định lý lấy mẫu của Shannon:
  - ▶  $\Delta x \leq \frac{1}{2\mu_{max}}$  và  $\Delta y \leq \frac{1}{2\nu_{max}}$
  - ▶ Hay  $f_x = \frac{1}{\Delta x} \geq 2\mu_{max}$  và  $f_y = \frac{1}{\Delta y} \geq 2\nu_{max}$

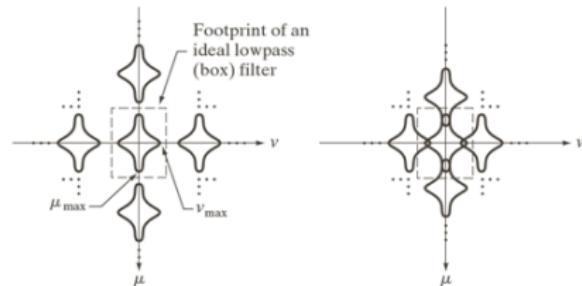
# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng chồng lấn phỏ



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

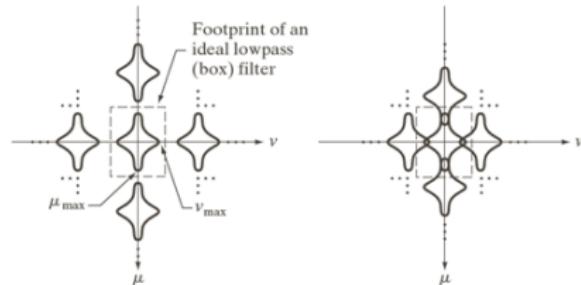
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng chồng lấn phổ



- Chồng lấn phổ trong ảnh: Chồng lấn phổ không gian (spatial aliasing), chồng lấn phổ thời gian (temporal aliasing)

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

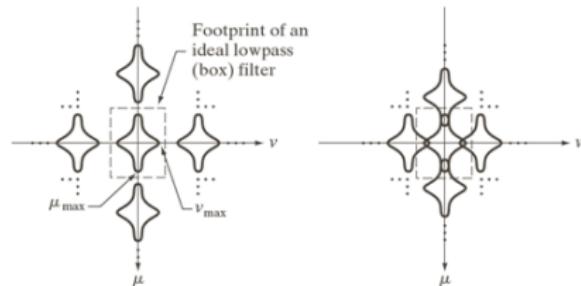
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng chồng lấn phổ



- Chồng lấn phổ trong ảnh: Chồng lấn phổ không gian (spatial aliasing), chồng lấn phổ thời gian (temporal aliasing)
  - Chồng lấn phổ không gian  $\Leftarrow$  Lấy mẫu với tần số thấp hơn tần số Nyquist

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

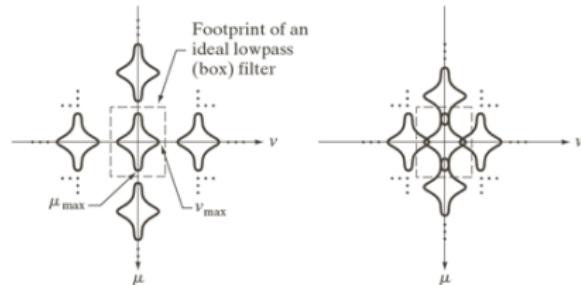
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng chồng lấn phổ



- Chồng lấn phổ trong ảnh: Chồng lấn phổ không gian (spatial aliasing), chồng lấn phổ thời gian (temporal aliasing)
  - Chồng lấn phổ không gian  $\Leftarrow$  Lấy mẫu với tần số thấp hơn tần số Nyquist
  - Chồng lấn phổ thời gian  $\Leftarrow$  Thời gian tương quan giữa các ảnh trong một dãy ảnh (video)

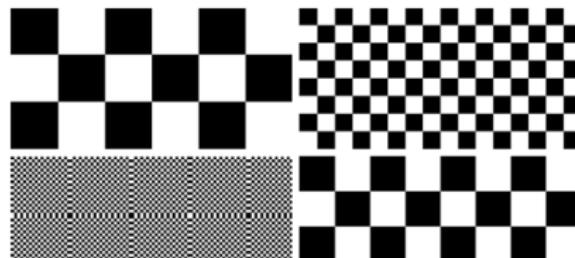
# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng chồng lấn phổ



- Chồng lấn phổ trong ảnh: Chồng lấn phổ không gian (spatial aliasing), chồng lấn phổ thời gian (temporal aliasing)

- Chồng lấn phổ không gian  $\Leftarrow$  Lấy mẫu với tần số thấp hơn tần số Nyquist
- Chồng lấn phổ thời gian  $\Leftarrow$  Thời gian tương quan giữa các ảnh trong một dãy ảnh (video)



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng Moiré (1)

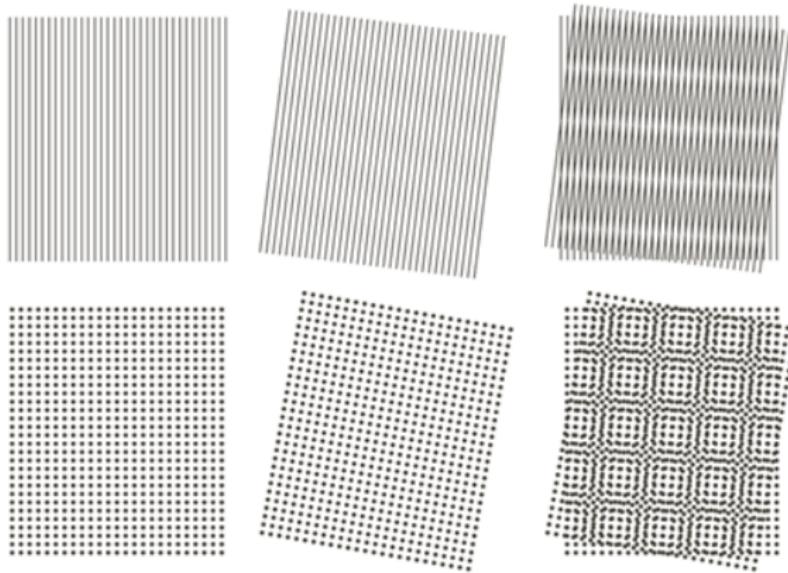
- Kết quả của việc lấy mẫu ảnh với các thành phần tuần hoàn hoặc gần tuần hoàn



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

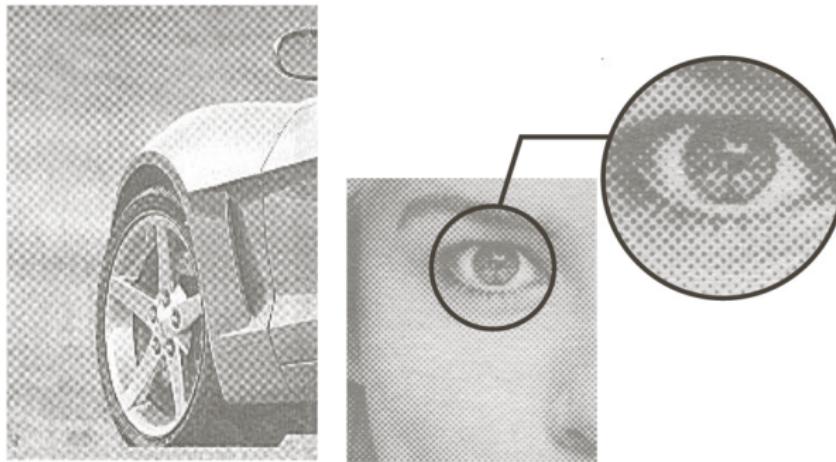
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng Moiré (1)

- Kết quả của việc lấy mẫu ảnh với các thành phần tuần hoàn hoặc gần tuần hoàn



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý tín hiệu số 2-D - Lấy mẫu - Hiện tượng Moiré (2)



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT

Ảnh số  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ) có biến đổi Fourier rời rạc (DFT):

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$$

với  $u = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $v = 0, 1, \dots, N - 1$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT

Ảnh số  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ) có biến đổi Fourier rời rạc (DFT):

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$$

với  $u = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $v = 0, 1, \dots, N - 1$

Hàm chuyển đổi  $F(u, v)$  của một ảnh số  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ),  $f(x, y)$  có thể khôi phục được bằng cách sử dụng biến đổi Fourier rời rạc ngược (IDFT):

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y) e^{2j\pi(\frac{u_0 x}{M} + \frac{v_0 y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y) e^{2j\pi(\frac{u_0 x}{M} + \frac{v_0 y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v) e^{-2j\pi(\frac{x_0 u}{M} + \frac{y_0 v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - ▶  $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$       •  $\exists k_1, k_2 \in \mathbb{Z}^+$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$
- $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y) e^{2j\pi(\frac{u_0 x}{M} + \frac{v_0 y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v) e^{-2j\pi(\frac{x_0 u}{M} + \frac{y_0 v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - ▶  $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - ▶  $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$

- $\exists k_1, k_2 \in \mathbb{Z}^+$ 
  - ▶  $F(u, v) = F(u + k_1 M, v) = F(u, v + k_2 N) = F(u + k_1 M, v + k_2 N)$
  - ▶  $f(x, y) = f(x + k_1 M, y) = f(x, y + k_2 N) = f(x + k_1 M, y + k_2 N)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - ▶  $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$

- $\exists k_1, k_2 \in \mathbb{Z}^+$ 
  - ▶  $F(u, v) = F(u + k_1 M, v) = F(u, v + k_2 N) = F(u + k_1 M, v + k_2 N)$
  - ▶  $f(x, y) = f(x + k_1 M, y) = f(x, y + k_2 N) = f(x + k_1 M, y + k_2 N)$
- Nếu  $f(x, y)$  thực

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - ▶  $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$

- $\exists k_1, k_2 \in \mathbb{Z}^+$ 
  - ▶  $F(u, v) = F(u + k_1 M, v) = F(u, v + k_2 N) = F(u + k_1 M, v + k_2 N)$
  - ▶  $f(x, y) = f(x + k_1 M, y) = f(x, y + k_2 N) = f(x + k_1 M, y + k_2 N)$
- Nếu  $f(x, y)$  thực
  - ▶  $F^*(u, v) = F(-u, -v)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - ▶  $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$

- $\exists k_1, k_2 \in \mathbb{Z}^+$ 
  - ▶  $F(u, v) = F(u + k_1 M, v) = F(u, v + k_2 N) = F(u + k_1 M, v + k_2 N)$
  - ▶  $f(x, y) = f(x + k_1 M, y) = f(x, y + k_2 N) = f(x + k_1 M, y + k_2 N)$
- Nếu  $f(x, y)$  thực
  - ▶  $F^*(u, v) = F(-u, -v)$
- Nếu  $f(x, y)$  ảo

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (1/2)

- $f(t, s) \xrightarrow{\Delta x, \Delta y} f(x, y) (M \times N);$   
 $f(x, y) \xrightarrow{DFT} F(u, v)$ 
  - ▶  $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$
- $f(x, y)e^{2j\pi(\frac{u_0x}{M} + \frac{v_0y}{N})} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$
- $f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-2j\pi(\frac{x_0u}{M} + \frac{y_0v}{N})}$
- Tọa độ cực:  $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta,$   
 $u = \omega \cos \varphi, v = \omega \sin \varphi$ 
  - ▶  $f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \theta_0)$

- $\exists k_1, k_2 \in \mathbb{Z}^+$ 
  - ▶  $F(u, v) = F(u + k_1 M, v) = F(u, v + k_2 N) = F(u + k_1 M, v + k_2 N)$
  - ▶  $f(x, y) = f(x + k_1 M, y) = f(x, y + k_2 N) = f(x + k_1 M, y + k_2 N)$
- Nếu  $f(x, y)$  thực
  - ▶  $F^*(u, v) = F(-u, -v)$
- Nếu  $f(x, y)$  ảo
  - ▶  $F^*(-u, -v) = -F(-u, -v)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$ 
  - ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$
- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$

- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

- ▶ Phổ công suất:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = \Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}$$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$

- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

- ▶ Phổ công suất:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = \Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}$$

- $|F(u, v)|$ ,  $\Phi(u, v)$ , và  $P(u, v)$ :  
 $M \times N$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$

- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

- ▶ Phổ công suất:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = \Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}$$

- $|F(u, v)|$ ,  $\Phi(u, v)$ , và  $P(u, v)$ :  
 $M \times N$

- $F(0, 0) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$

- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

- ▶ Phổ công suất:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = \Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}$$

- $|F(u, v)|$ ,  $\Phi(u, v)$ , và  $P(u, v)$ :  
 $M \times N$

- $F(0, 0) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$   
 $= MN \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$

- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

- ▶ Phổ công suất:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = \Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}$$

- $|F(u, v)|, \Phi(u, v), \text{ và } P(u, v): M \times N$

- $$\begin{aligned} F(0, 0) &= \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \\ &= MN \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \\ &= MN \bar{f}(x, y) \end{aligned}$$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$

- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

- ▶ Phổ công suất:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = \Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}$$

- $|F(u, v)|, \Phi(u, v), \text{ và } P(u, v): M \times N$

- $$\begin{aligned} F(0, 0) &= \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \\ &= MN \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \\ &= MN \bar{f}(x, y) \\ \Rightarrow |F(0, 0)| &= MN |\bar{f}(x, y)| \end{aligned}$$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

## Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Một số tính chất (2/2)

- $F(u, v) = |F(u, v)|e^{j\Phi(u, v)}$

- ▶ Phổ biên độ:  $|F(u, v)| = \sqrt{\Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}}$

- ▶ Phổ pha:

$$\Phi(u, v) = \text{atan}\left(\frac{\Im\{F(u, v)\}}{\Re\{F(u, v)\}}\right)$$

- ▶ Phổ công suất:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = \Re^2\{F(u, v)\} + \Im^2\{F(u, v)\}$$

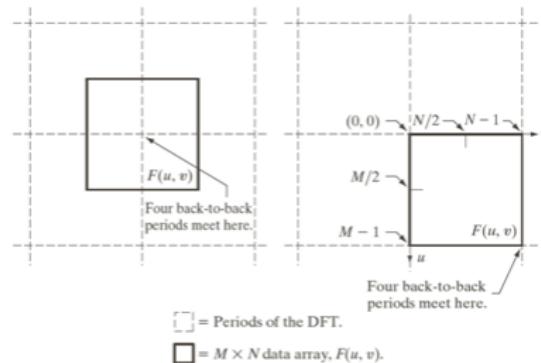
- $|F(u, v)|, \Phi(u, v), \text{ và } P(u, v): M \times N$

- $F(0, 0) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$   
 $= MN \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$   
 $= MN \bar{f}(x, y)$

- ▶  $|F(0, 0)| = MN|\bar{f}(x, y)|$
  - ▶  $|F(0, 0)|$ : Phần tử lớn nhất tại gốc  
⇒ Thành phần một chiều (DC)

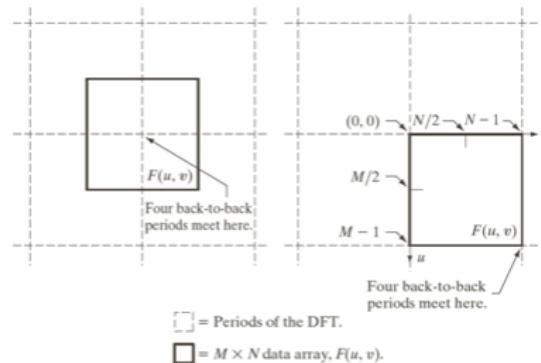
# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Dịch tâm đối xứng



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

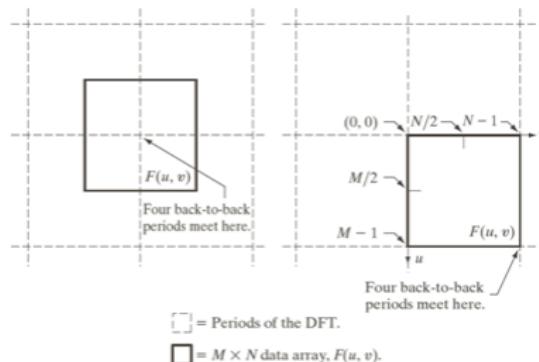
Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Dịch tâm đối xứng



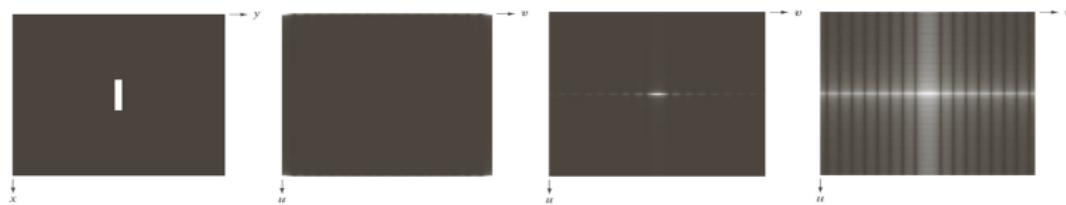
$$\bullet f(x, y)(-1)^{(x+y)} \Leftrightarrow F(u - M/2, v - N/2)$$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Dịch tâm đối xứng



$$\bullet f(x, y)(-1)^{(x+y)} \Leftrightarrow F(u - M/2, v - N/2)$$

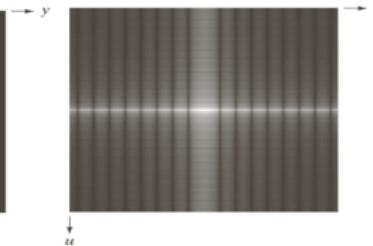


# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Minh họa phổ (1)



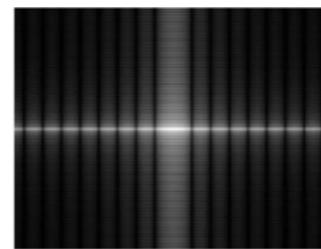
(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh phổ



(c) Ảnh gốc dịch



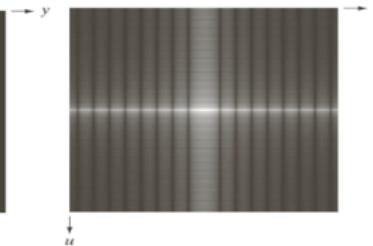
(d) Ảnh phổ

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Minh họa phổ (1)



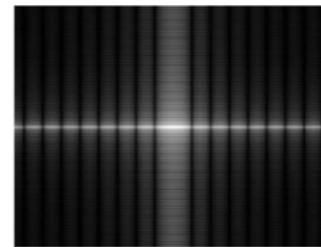
(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh phổ



(c) Ảnh gốc dịch



(d) Ảnh phổ

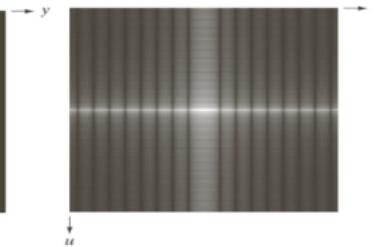
- Phổ biên độ không thay đổi khi áp dụng phép dịch tín hiệu

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

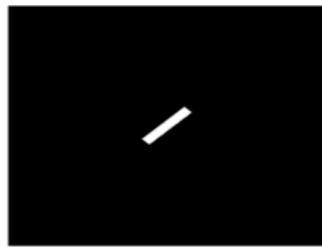
Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Minh họa phổ (2)



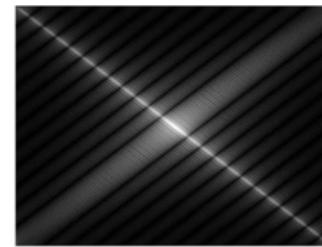
(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh phổ



(c) Ảnh gốc dịch



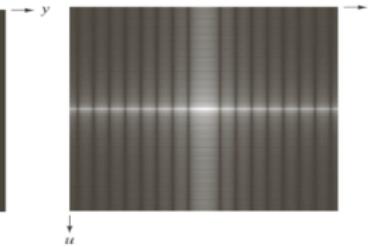
(d) Ảnh phổ

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

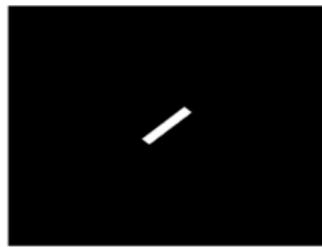
Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Minh họa phổ (2)



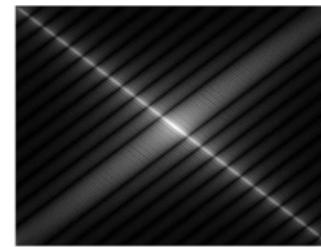
(a) Ảnh gốc



(b) Ảnh phổ



(c) Ảnh gốc dịch



(d) Ảnh phổ

- Phổ biên độ thay đổi khi áp dụng phép quay tín hiệu

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

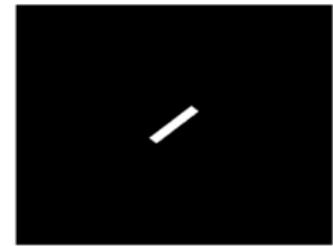
Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Minh họa phổ (3)



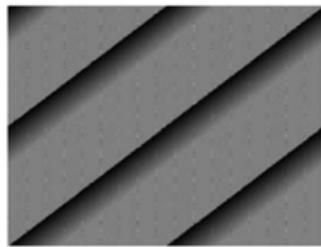
(a) Ảnh gốc



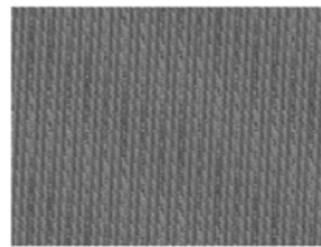
(b) Ảnh dịch



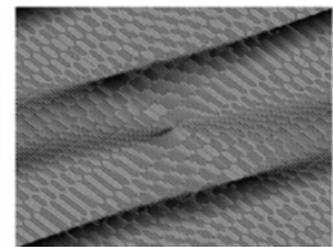
(c) Ảnh quay



(d) Ảnh phổ pha



(e) Ảnh phổ pha



(f) Ảnh phổ pha

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Minh họa phổ (3)



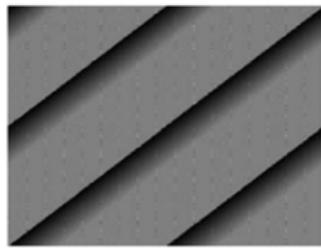
(a) Ảnh gốc



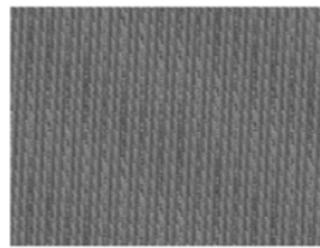
(b) Ảnh dịch



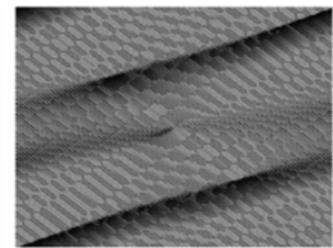
(c) Ảnh quay



(d) Ảnh phổ pha



(e) Ảnh phổ pha

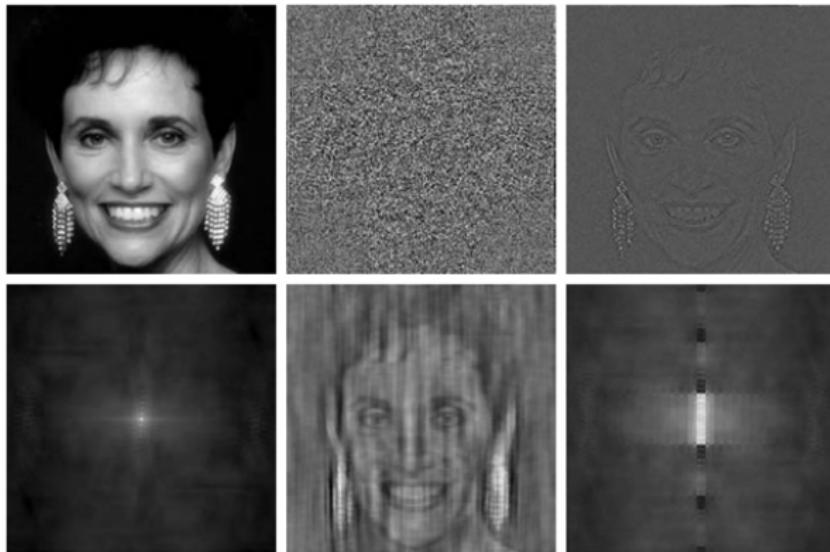


(f) Ảnh phổ pha

- Phổ pha không mang lại nhiều thông tin trực quan về ảnh

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: 2-D DFT - Minh họa phổ (4)



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

▶ Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

- ▶ Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT
- ▶ Cần thực hiện thêm 0 (zero padding) để tránh kết quả sai



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

- ▶ Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT

- ▶ Cần thực hiện thêm 0 (zero padding) để tránh kết quả sai
  - ★ Với  $f(x, y)$  ( $A \times B$ ) và  $h(x, y)$  ( $C \times D$ )

$$f_p(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & 0 \leq x \leq A - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq B - 1 \\ 0 & A \leq x \leq P \text{ hoặc } B \leq y \leq Q \end{cases} \quad h_p(x, y) = \begin{cases} h(x, y) & 0 \leq x \leq C - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq D - 1 \\ 0 & C \leq x \leq P \text{ hoặc } D \leq y \leq Q \end{cases}$$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

- ▶ Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT

- ▶ Cần thực hiện thêm 0 (zero padding) để tránh kết quả sai

- ★ Với  $f(x, y)$  ( $A \times B$ ) và  $h(x, y)$  ( $C \times D$ )

$$f_p(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & 0 \leq x \leq A - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq B - 1 \\ 0 & A \leq x \leq P \text{ hoặc } B \leq y \leq Q \end{cases} \quad h_p(x, y) = \begin{cases} h(x, y) & 0 \leq x \leq C - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq D - 1 \\ 0 & C \leq x \leq P \text{ hoặc } D \leq y \leq Q \end{cases}$$

- ★  $P \geq A + C - 1$ ,  $Q \geq B + D - 1$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

- ▶ Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT

- ▶ Cần thực hiện thêm 0 (zero padding) để tránh kết quả sai
  - ★ Với  $f(x, y)$  ( $A \times B$ ) và  $h(x, y)$  ( $C \times D$ )

$$f_p(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & 0 \leq x \leq A - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq B - 1 \\ 0 & A \leq x \leq P \text{ hoặc } B \leq y \leq Q \end{cases} \quad h_p(x, y) = \begin{cases} h(x, y) & 0 \leq x \leq C - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq D - 1 \\ 0 & C \leq x \leq P \text{ hoặc } D \leq y \leq Q \end{cases}$$

- ★  $P \geq A + C - 1$ ,  $Q \geq B + D - 1$

- ★ Nếu cả hai ảnh vào cùng kích thước  $M \times N \Rightarrow P \geq 2M - 1$ ,  $Q \geq 2N - 1$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

▶ Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT

▶ Cần thực hiện thêm 0 (zero padding) để tránh kết quả sai

★ Với  $f(x, y)$  ( $A \times B$ ) và  $h(x, y)$  ( $C \times D$ )

$$f_p(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & 0 \leq x \leq A - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq B - 1 \\ 0 & A \leq x \leq P \text{ hoặc } B \leq y \leq Q \end{cases} \quad h_p(x, y) = \begin{cases} h(x, y) & 0 \leq x \leq C - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq D - 1 \\ 0 & C \leq x \leq P \text{ hoặc } D \leq y \leq Q \end{cases}$$

★  $P \geq A + C - 1, Q \geq B + D - 1$

★ Nếu cả hai ảnh vào cùng kích thước  $M \times N \Rightarrow P \geq 2M - 1, Q \geq 2N - 1$

★ Các ảnh sau khi thêm 0 có cùng kích thước  $P \times Q$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

- ▶ Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT

- ▶ Cần thực hiện thêm 0 (zero padding) để tránh kết quả sai

- ★ Với  $f(x, y)$  ( $A \times B$ ) và  $h(x, y)$  ( $C \times D$ )

$$f_p(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & 0 \leq x \leq A - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq B - 1 \\ 0 & A \leq x \leq P \text{ hoặc } B \leq y \leq Q \end{cases} \quad h_p(x, y) = \begin{cases} h(x, y) & 0 \leq x \leq C - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq D - 1 \\ 0 & C \leq x \leq P \text{ hoặc } D \leq y \leq Q \end{cases}$$

- ★  $P \geq A + C - 1, Q \geq B + D - 1$

- ★ Nếu cả hai ảnh vào cùng kích thước  $M \times N \Rightarrow P \geq 2M - 1, Q \geq 2N - 1$
  - ★ Các ảnh sau khi thêm 0 có cùng kích thước  $P \times Q$
  - ★  $P, Q$  thường là số chẵn nhỏ nhất thỏa mãn điều kiện trên.

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D

## Tích chập vòng 2-D

$$f(x, y) * h(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)h(x - m, y - n)$$

với  $x = 0, 1, \dots, M - 1$  và  $y = 0, 1, \dots, N - 1$

- $f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)H(u, v)$

- Nếu thực hiện tích chập ảnh bằng phép nhân trong miền tần số: phải chú ý đến tính tuần hoàn của các IDFT

- Cần thực hiện thêm 0 (zero padding) để tránh kết quả sai
  - ★ Với  $f(x, y)$  ( $A \times B$ ) và  $h(x, y)$  ( $C \times D$ )

$$f_p(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & 0 \leq x \leq A - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq B - 1 \\ 0 & A \leq x \leq P \text{ hoặc } B \leq y \leq Q \end{cases} \quad h_p(x, y) = \begin{cases} h(x, y) & 0 \leq x \leq C - 1 \text{ và } 0 \leq y \leq D - 1 \\ 0 & C \leq x \leq P \text{ hoặc } D \leq y \leq Q \end{cases}$$

- $P \geq A + C - 1, Q \geq B + D - 1$
- Nếu cả hai ảnh vào cùng kích thước  $M \times N \Rightarrow P \geq 2M - 1, Q \geq 2N - 1$
- Các ảnh sau khi thêm 0 có cùng kích thước  $P \times Q$
- $P, Q$  thường là số chẵn nhỏ nhất thỏa mãn điều kiện trên.

- $f(x, y)h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v) * H(u, v)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Tích chập 2-D - Minh họa



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Đặc trưng của ảnh trong miền tần số

- Phô biên độ của ảnh:



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Đặc trưng của ảnh trong miền tần số

- Phô biên độ của ảnh:

- ▶ Thành phần tại gốc ( $u = v = 0$ ): thành phần một chiều,  $\propto$  giá trị trung bình các mức xám của ảnh

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Đặc trưng của ảnh trong miền tần số

- Phổ biên độ của ảnh:

- ▶ Thành phần tại gốc ( $u = v = 0$ ): thành phần một chiều,  $\propto$  giá trị trung bình các mức xám của ảnh
- ▶ Vùng gần xung quanh gốc: vùng tần số thấp  $\Leftrightarrow$  những thành phần mức xám thay đổi nhỏ



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Đặc trưng của ảnh trong miền tần số

- Phổ biên độ của ảnh:

- ▶ Thành phần tại gốc ( $u = v = 0$ ): thành phần một chiều,  $\propto$  giá trị trung bình các mức xám của ảnh
- ▶ Vùng gần xung quanh gốc: vùng tần số thấp  $\Leftrightarrow$  những thành phần mức xám thay đổi nhỏ
- ▶ Vùng xa hơn quanh gốc: vùng tần số thấp  $\Leftrightarrow$  những thành phần mức xám thay đổi nhanh hơn (biên ảnh, những thành phần có mức xám thay đổi đột ngột)

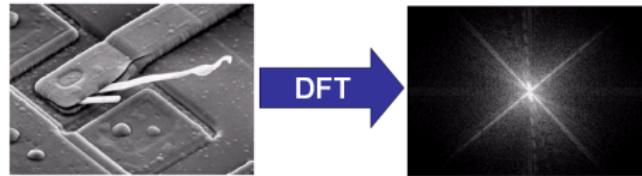


# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Đặc trưng của ảnh trong miền tần số

- Phổ biên độ của ảnh:

- ▶ Thành phần tại gốc ( $u = v = 0$ ): thành phần một chiều,  $\propto$  giá trị trung bình các mức xám của ảnh
- ▶ Vùng gần xung quanh gốc: vùng tần số thấp  $\Leftrightarrow$  những thành phần mức xám thay đổi nhỏ
- ▶ Vùng xa hơn quanh gốc: vùng tần số thấp  $\Leftrightarrow$  những thành phần mức xám thay đổi nhanh hơn (biên ảnh, những thành phần có mức xám thay đổi đột ngột)

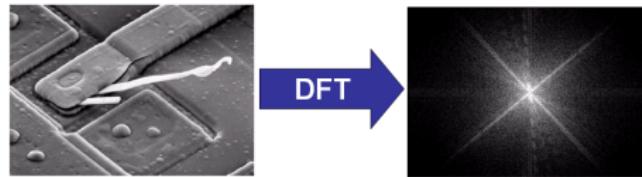


# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Đặc trưng của ảnh trong miền tần số

- Phổ biên độ của ảnh:

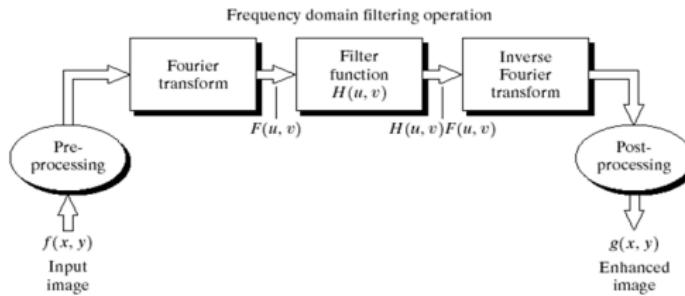
- ▶ Thành phần tại gốc ( $u = v = 0$ ): thành phần một chiều,  $\propto$  giá trị trung bình các mức xám của ảnh
- ▶ Vùng gần xung quanh gốc: vùng tần số thấp  $\Leftrightarrow$  những thành phần mức xám thay đổi nhỏ
- ▶ Vùng xa hơn quanh gốc: vùng tần số thấp  $\Leftrightarrow$  những thành phần mức xám thay đổi nhanh hơn (biên ảnh, những thành phần có mức xám thay đổi đột ngột)



- Những tương ứng có thể cho phép các phép xử lý mong muốn dễ dàng hơn

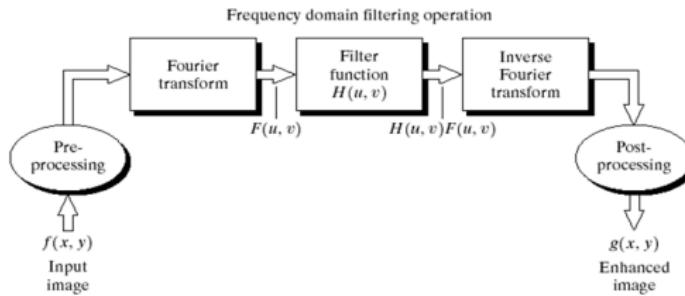
# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

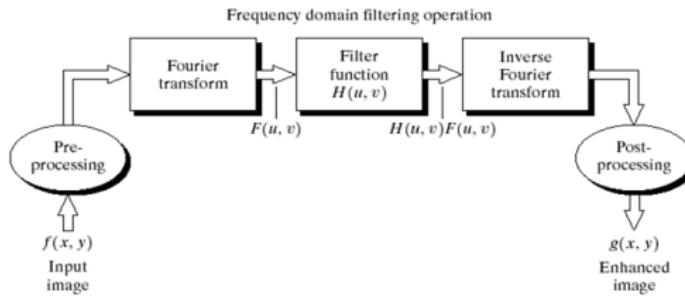
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số



- Tính DFT của ảnh:  $F(u, v) = FT\{f(x, y)\}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

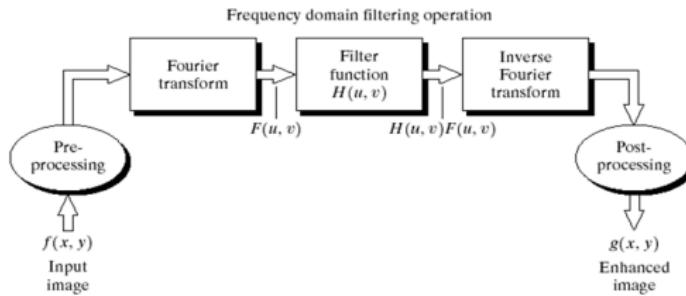
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số



- Tính DFT của ảnh:  $F(u, v) = FT\{f(x, y)\}$
- Nhân  $F(u, v)$  với hàm lọc mong muốn  $H(u, v)$ :  $G(u, v) = F(u, v)H(u, v)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

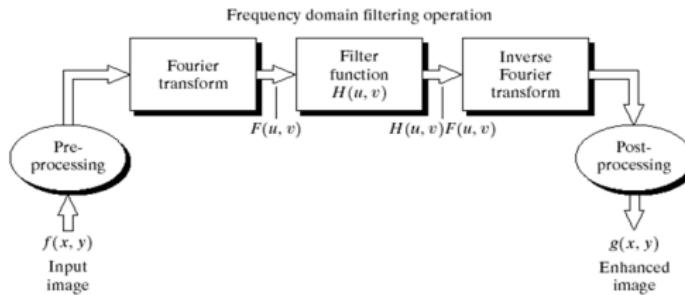
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số



- Tính DFT của ảnh:  $F(u, v) = FT\{f(x, y)\}$
- Nhân  $F(u, v)$  với hàm lọc mong muốn  $H(u, v)$ :  $G(u, v) = F(u, v)H(u, v)$ 
  - ▶  $H(u, v)$ : hàm lọc, bộ lọc, hàm truyền đạt bộ lọc

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

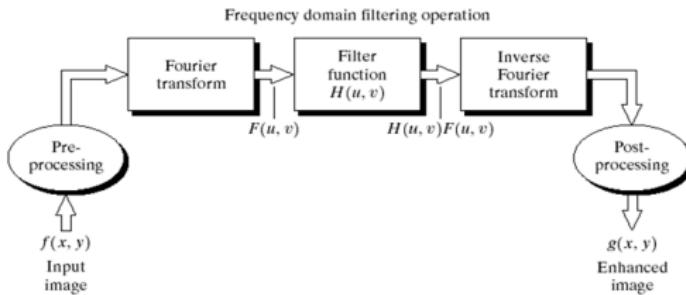
## Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số



- Tính DFT của ảnh:  $F(u, v) = FT\{f(x, y)\}$
- Nhân  $F(u, v)$  với hàm lọc mong muốn  $H(u, v)$ :  $G(u, v) = F(u, v)H(u, v)$ 
  - ▶  $H(u, v)$ : hàm lọc, bộ lọc, hàm truyền đạt bộ lọc
  - ▶ Phép nhân là nhân mảng (`.*` trong Matlab)

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

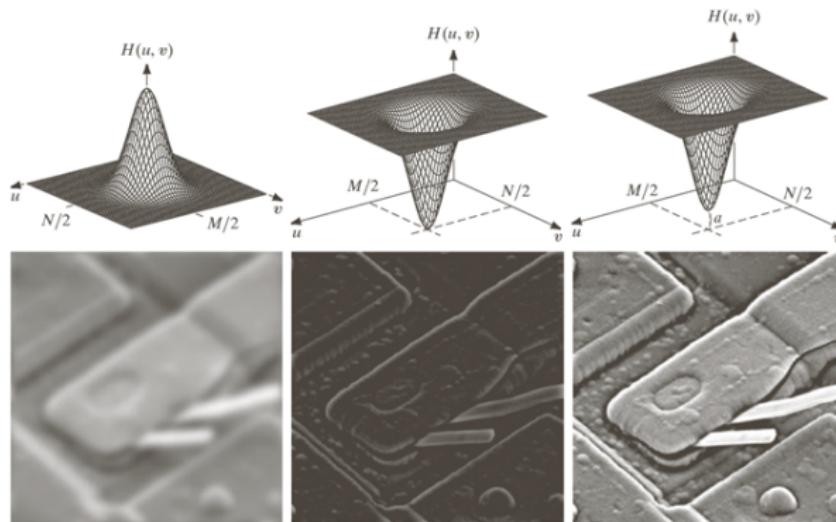
Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số



- Tính DFT của ảnh:  $F(u, v) = FT\{f(x, y)\}$
- Nhân  $F(u, v)$  với hàm lọc mong muốn  $H(u, v)$ :  $G(u, v) = F(u, v)H(u, v)$ 
  - ▶  $H(u, v)$ : hàm lọc, bộ lọc, hàm truyền đạt bộ lọc
  - ▶ Phép nhân là nhân mảng (`.*` trong Matlab)
- Tính IDFT của kết quả lọc:  $g(x, y) = IFT\{G(u, v)\}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Minh họa



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

- ① Mở rộng ảnh bằng cách thêm 0 → ảnh có kích thước  $P = 2M, Q = 2N \Rightarrow f_p(x, y)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

- ① Mở rộng ảnh bằng cách thêm 0 → ảnh có kích thước  $P = 2M, Q = 2N \Rightarrow f_p(x, y)$
- ② Dịch gốc tọa độ ảnh:  $\hat{f}(x, y) = (-1)^{(x+y)} f_p(x, y)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

- ❶ Mở rộng ảnh bằng cách thêm 0 → ảnh có kích thước  $P = 2M, Q = 2N \Rightarrow f_p(x, y)$
- ❷ Dịch gốc tọa độ ảnh:  $\hat{f}(x, y) = (-1)^{(x+y)} f_p(x, y)$
- ❸ Tính  $F(u, v) = FT\{\hat{f}(x, y)\}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

- ① Mở rộng ảnh bằng cách thêm 0 → ảnh có kích thước  $P = 2M, Q = 2N \Rightarrow f_p(x, y)$
- ② Dịch gốc tọa độ ảnh:  $\hat{f}(x, y) = (-1)^{(x+y)} f_p(x, y)$
- ③ Tính  $F(u, v) = FT\{\hat{f}(x, y)\}$
- ④ Xây dựng hàm lọc thực, đối xứng  $H(u, v)$  ( $P \times Q$ ) có tâm  $(P/2, Q/2)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

- ① Mở rộng ảnh bằng cách thêm 0 → ảnh có kích thước  $P = 2M, Q = 2N \Rightarrow f_p(x, y)$
- ② Dịch gốc tọa độ ảnh:  $\hat{f}(x, y) = (-1)^{(x+y)} f_p(x, y)$
- ③ Tính  $F(u, v) = FT\{\hat{f}(x, y)\}$
- ④ Xây dựng hàm lọc thực, đối xứng  $H(u, v)$  ( $P \times Q$ ) có tâm  $(P/2, Q/2)$
- ⑤ Tính  $G(u, v) = F(u, v)H(u, v)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

- ① Mở rộng ảnh bằng cách thêm 0 → ảnh có kích thước  $P = 2M, Q = 2N \Rightarrow f_p(x, y)$
- ② Dịch gốc tọa độ ảnh:  $\hat{f}(x, y) = (-1)^{(x+y)} f_p(x, y)$
- ③ Tính  $F(u, v) = FT\{\hat{f}(x, y)\}$
- ④ Xây dựng hàm lọc thực, đối xứng  $H(u, v)$  ( $P \times Q$ ) có tâm  $(P/2, Q/2)$
- ⑤ Tính  $G(u, v) = F(u, v)H(u, v)$
- ⑥ Tái tạo ảnh kết quả  $g_p(x, y) = \left( \Re\{IFT\{G(u, v)\} \} \right) (-1)^{(x+y)}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Xử lý ảnh trong miền tần số - Tóm tắt các bước

**Input:** Ảnh  $f(x, y)$  ( $M \times N$ ), đặc tính bộ lọc mong muốn

**Output:** Ảnh mong muốn  $g(x, y)$

- ① Mở rộng ảnh bằng cách thêm 0 → ảnh có kích thước  $P = 2M, Q = 2N \Rightarrow f_p(x, y)$
- ② Dịch gốc tọa độ ảnh:  $\hat{f}(x, y) = (-1)^{(x+y)} f_p(x, y)$
- ③ Tính  $F(u, v) = FT\{\hat{f}(x, y)\}$
- ④ Xây dựng hàm lọc thực, đối xứng  $H(u, v)$  ( $P \times Q$ ) có tâm  $(P/2, Q/2)$
- ⑤ Tính  $G(u, v) = F(u, v)H(u, v)$
- ⑥ Tái tạo ảnh kết quả  $g_p(x, y) = \left( \Re\{IFT\{G(u, v)\} \} \right) (-1)^{(x+y)}$
- ⑦ Tách ảnh kết quả  $g(x, y)$  ( $M \times N$ )

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$
- $\Rightarrow h(x, y) \Leftrightarrow H(u, v)$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$
- $\Rightarrow h(x, y) \Leftrightarrow H(u, v)$ 
  - ▶  $h(x, y)$ : bộ lọc không gian, đáp ứng xung

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$
- $\Rightarrow h(x, y) \Leftrightarrow H(u, v)$ 
  - ▶  $h(x, y)$ : bộ lọc không gian, đáp ứng xung
    - ★ Số phần tử thường hữu hạn  $\Rightarrow$  FIR

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$
- $\Rightarrow h(x, y) \Leftrightarrow H(u, v)$ 
  - ▶  $h(x, y)$ : bộ lọc không gian, đáp ứng xung
    - ★ Số phần tử thường hữu hạn  $\Rightarrow$  FIR
- Thực hiện nhân chập không gian thuận lợi hơn : Tốc độ thực hiện nhanh hơn, Dễ thực thi hơn

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$
- $\Rightarrow h(x, y) \Leftrightarrow H(u, v)$ 
  - ▶  $h(x, y)$ : bộ lọc không gian, đáp ứng xung
    - ★ Số phần tử thường hữu hạn  $\Rightarrow$  FIR
- Thực hiện nhân chập không gian thuận lợi hơn : Tốc độ thực hiện nhanh hơn, Dễ thực thi hơn
- Khái niệm lọc trực quan hơn khi xem xét trong miền tần số

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$
- $\Rightarrow h(x, y) \Leftrightarrow H(u, v)$ 
  - ▶  $h(x, y)$ : bộ lọc không gian, đáp ứng xung
    - ★ Số phần tử thường hữu hạn  $\Rightarrow$  FIR
- Thực hiện nhân chập không gian thuận lợi hơn : Tốc độ thực hiện nhanh hơn, Dễ thực thi hơn
- Khái niệm lọc trực quan hơn khi xem xét trong miền tần số
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác định bộ lọc mong muốn trong miền tần số  $\rightarrow$  IDFT  $\rightarrow$  Kết quả như là hình mẫu để xây dựng các mặt nạ bộ lọc không gian.



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số

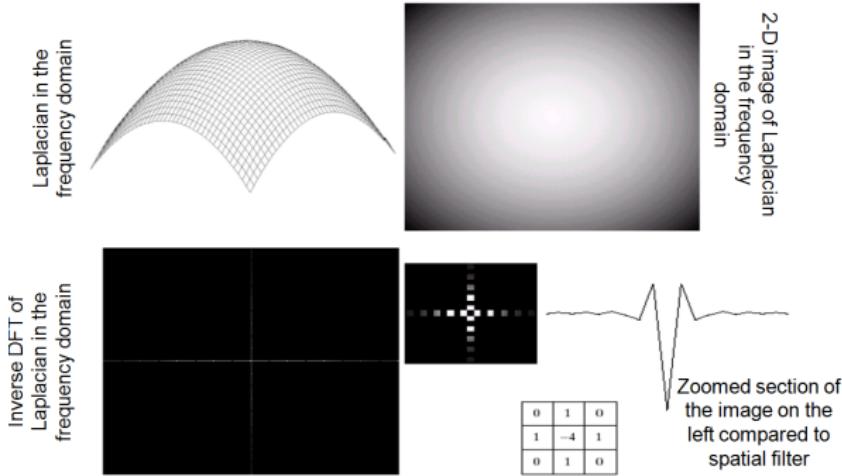
- Nếu  $f(x, y) = \delta(x, y) \Rightarrow F(u, v) = FT\{f(x, y)\} = 1$ 
  - ▶  $g(x, y) = IFT\{H(u, v)\}$
- $\Rightarrow h(x, y) \Leftrightarrow H(u, v)$ 
  - ▶  $h(x, y)$ : bộ lọc không gian, đáp ứng xung
    - ★ Số phần tử thường hữu hạn  $\Rightarrow$  FIR
- Thực hiện nhân chập không gian thuận lợi hơn : Tốc độ thực hiện nhanh hơn, Dễ thực thi hơn
- Khái niệm lọc trực quan hơn khi xem xét trong miền tần số
  - ▶  $\Rightarrow$  Xác định bộ lọc mong muốn trong miền tần số  $\rightarrow$  IDFT  $\rightarrow$  Kết quả như là hình mẫu để xây dựng các mặt nạ bộ lọc không gian.

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



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Cơ sở xử lý trong miền tần số: Sự tương ứng lọc trong miền không gian và miền tần số - Bộ lọc Laplace



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng

Trong miền tần số, làm trơn (làm mờ) ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần phổ tần số cao



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng

Trong miền tần số, làm trơn (làm mờ) ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần phổ tần số cao

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông thấp



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng

Trong miền tần số, làm trơn (làm mờ) ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần phổ tần số cao

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông thấp

- Bộ lọc thông thấp lý tưởng:

$$H_{LP}(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng

Trong miền tần số, làm trơn (làm mờ) ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần phổ tần số cao

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông thấp

- Bộ lọc thông thấp lý tưởng:

$$H_{LP}(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

►  $D(u, v) = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng

Trong miền tần số, làm trơn (làm mờ) ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần phổ tần số cao

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông thấp

- Bộ lọc thông thấp lý tưởng:

$$H_{LP}(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

- ▶  $D(u, v) = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$
- ▶  $D_0$ : hằng số dương;  $P, Q$ : kích thước ảnh

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng

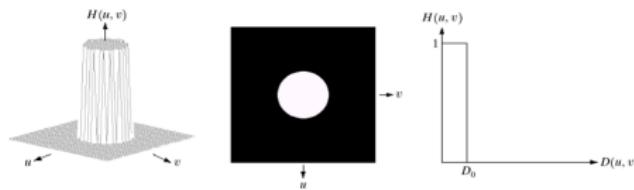
Trong miền tần số, làm trơn (làm mờ) ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần phổ tần số cao

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông thấp

- Bộ lọc thông thấp lý tưởng:

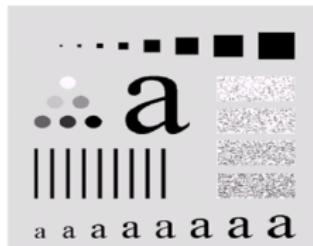
$$H_{LP}(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

- $D(u, v) = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$
- $D_0$ : hằng số dương;  $P, Q$ : kích thước ảnh

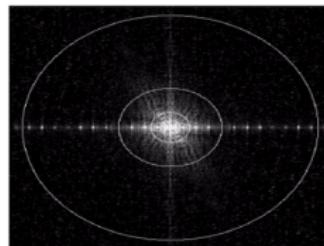


# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng - Minh họa (1)



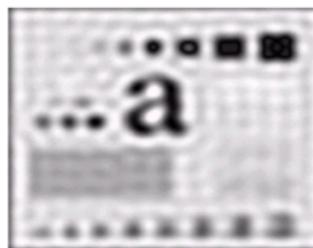
(a) Ảnh gốc



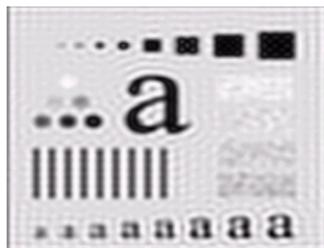
(b) Phổ và bán kính



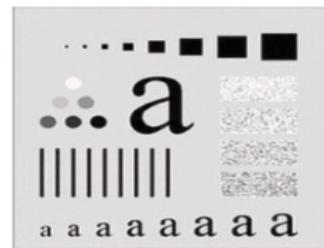
(c) LPF R=5



(d) LPF R=15



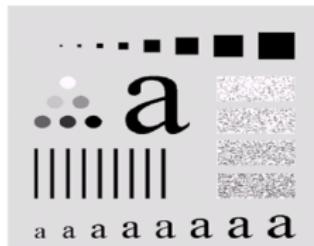
(e) LPF R=30



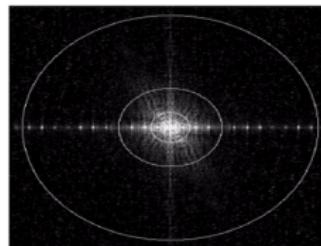
(f) LPF R=80

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng - Minh họa (1)



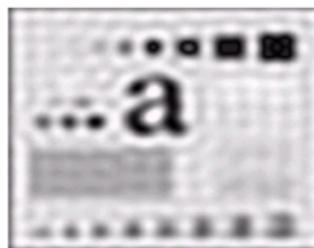
(a) Ảnh gốc



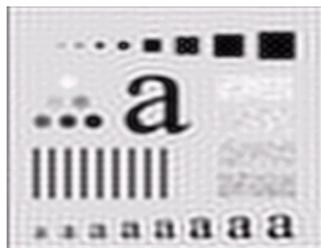
(b) Phổ và bán kính



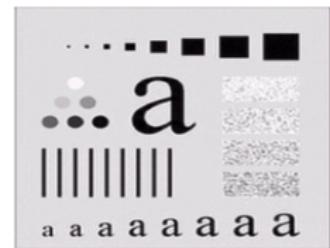
(c) LPF R=5



(d) LPF R=15



(e) LPF R=30



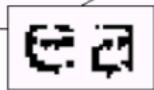
(f) LPF R=80

- ⇒ Thay đổi  $D_0 \rightarrow$  Thay đổi tác động của bộ lọc

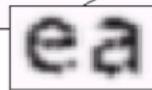
# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông thấp lý tưởng - Minh họa (2)

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng

Trong miền tần số, việc làm tăng độ sắc nét của ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần tần thấp



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng

Trong miền tần số, việc làm tăng độ sắc nét của ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần tần thấp

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông cao



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng

Trong miền tần số, việc làm tăng độ sắc nét của ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần tần thấp

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông cao

- Bộ lọc thông cao lý tưởng:

$$H_{HP}(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng

Trong miền tần số, việc làm tăng độ sắc nét của ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần tần thấp

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông cao

- Bộ lọc thông cao lý tưởng:

$$H_{HP}(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

►  $D(u, v) = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng

Trong miền tần số, việc làm tăng độ sắc nét của ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần tần thấp

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông cao

- Bộ lọc thông cao lý tưởng:

$$H_{HP}(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

- ▶  $D(u, v) = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$
- ▶  $D_0$ : hằng số dương;  $P, Q$ : kích thước ảnh

# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng

Trong miền tần số, việc làm tăng độ sắc nét của ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần tần thấp

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông cao

- Bộ lọc thông cao lý tưởng:

$$H_{HP}(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

- ▶  $D(u, v) = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$
- ▶  $D_0$ : hằng số dương;  $P, Q$ : kích thước ảnh
- ▶  $H_{HP}(u, v) = 1 - H_{LP}(u, v)$



# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng

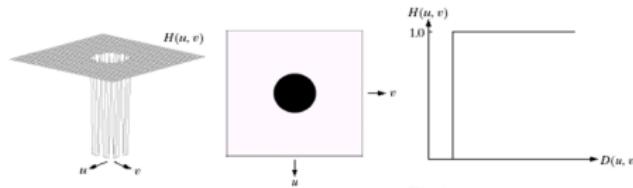
Trong miền tần số, việc làm tăng độ sắc nét của ảnh có thể thực hiện bằng cách làm suy giảm/loại bỏ các thành phần tần thấp

- ⇒ Sử dụng các bộ lọc thông cao

- Bộ lọc thông cao lý tưởng:

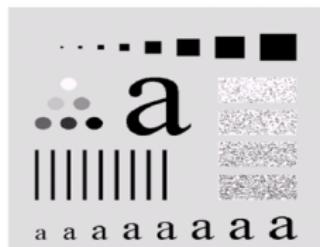
$$H_{HP}(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{nếu } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{nếu } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

- $D(u, v) = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$
- $D_0$ : hằng số dương;  $P, Q$ : kích thước ảnh
- $H_{HP}(u, v) = 1 - H_{LP}(u, v)$

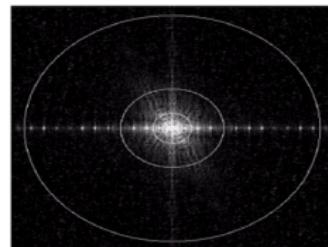


# Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

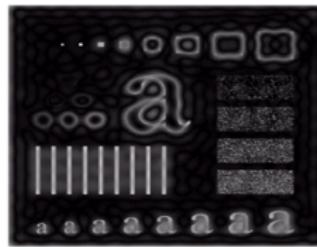
Làm sắc nét ảnh bằng các bộ lọc trong miền tần số: Bộ lọc thông cao lý tưởng - Minh họa



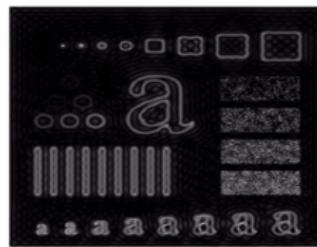
(a) Ảnh gốc



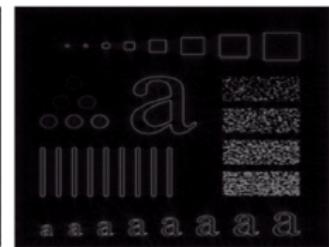
(b) Phổ và bán kính



(c) HPF R=15



(d) HPF R=30



(e) HPF R=80

# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

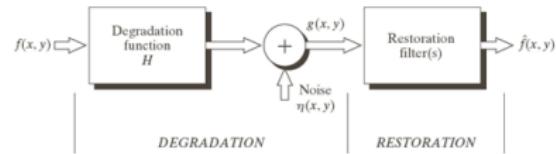
### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiễu và mô hình nhiễu
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



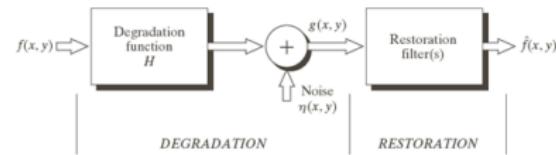
# Khôi phục ảnh

Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh



# Khôi phục ảnh

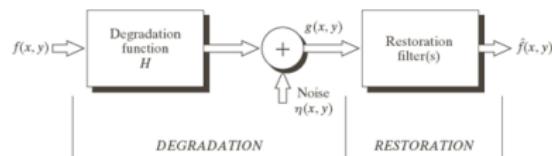
Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh



- $f(x, y)$ : ảnh gốc;  $g(x, y)$ : ảnh bị suy giảm;  $\eta(x, y)$ : nhiễu cộng;  $\hat{f}(x, y)$ : ảnh khôi phục;  $H$  (hay  $h(x, y)$ ) hàm suy giảm ảnh

# Khôi phục ảnh

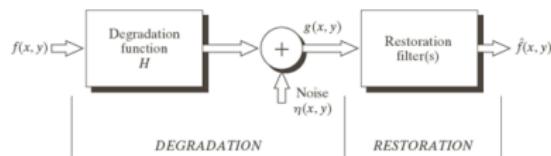
## Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh



- $f(x, y)$ : ảnh gốc;  $g(x, y)$ : ảnh bị suy giảm;  $\eta(x, y)$ : nhiễu cộng;  $\hat{f}(x, y)$ : ảnh khôi phục;  $H$  (hay  $h(x, y)$ ) hàm suy giảm ảnh
  - ▶ Trong miền không gian  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$

# Khôi phục ảnh

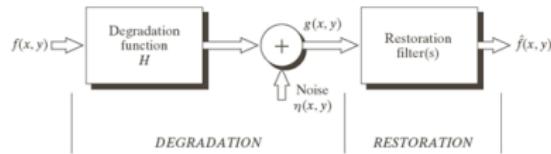
## Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh



- $f(x, y)$ : ảnh gốc;  $g(x, y)$ : ảnh bị suy giảm;  $\eta(x, y)$ : nhiễu cộng;  $\hat{f}(x, y)$ : ảnh khôi phục;  $H$  (hay  $h(x, y)$ ) hàm suy giảm ảnh
  - ▶ Trong miền không gian  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$

# Khôi phục ảnh

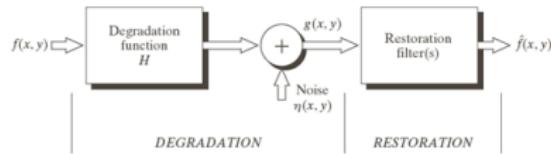
Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh



- $f(x,y)$ : ảnh gốc;  $g(x,y)$ : ảnh bị suy giảm;  $\eta(x,y)$ : nhiễu cộng;  $\hat{f}(x,y)$ : ảnh khôi phục;  $H$  (hay  $h(x,y)$ ) hàm suy giảm ảnh
  - ▶ Trong miền không gian  $g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) + \eta(x,y)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $g(x,y) = f(x,y) + \eta(x,y)$
  - ▶ Trong miền tần số:  $G(u,v) = H(u,v)F(u,v) + N(u,v)$

# Khôi phục ảnh

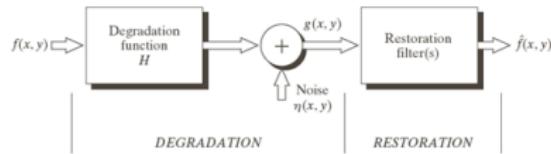
Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh



- $f(x, y)$ : ảnh gốc;  $g(x, y)$ : ảnh bị suy giảm;  $\eta(x, y)$ : nhiễu cộng;  $\hat{f}(x, y)$ : ảnh khôi phục;  $H$  (hay  $h(x, y)$ ) hàm suy giảm ảnh
  - ▶ Trong miền không gian  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$
  - ▶ Trong miền tần số:  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$

# Khôi phục ảnh

Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh

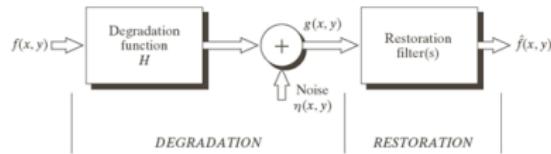


- $f(x, y)$ : ảnh gốc;  $g(x, y)$ : ảnh bị suy giảm;  $\eta(x, y)$ : nhiễu cộng;  $\hat{f}(x, y)$ : ảnh khôi phục;  $H$  (hay  $h(x, y)$ ) hàm suy giảm ảnh
  - ▶ Trong miền không gian  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$
  - ▶ Trong miền tần số:  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$

Cho ảnh bị suy giảm  $g(x, y)$ , thông tin (một chút, hoặc hoàn toàn, hoặc không một chút nào) về hàm suy giảm  $H$  và nhiễu cộng  $\eta(x, y)$ . Mục đích của việc khôi phục ảnh là có được ảnh ước lượng  $\hat{f}(x, y)$  của ảnh gốc sao cho gần (giống) với ảnh gốc nhất có thể

# Khôi phục ảnh

Mô hình quá trình suy giảm ảnh, khôi phục ảnh



- $f(x, y)$ : ảnh gốc;  $g(x, y)$ : ảnh bị suy giảm;  $\eta(x, y)$ : nhiễu cộng;  $\hat{f}(x, y)$ : ảnh khôi phục;  $H$  (hay  $h(x, y)$ ) hàm suy giảm ảnh
  - ▶ Trong miền không gian  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$
  - ▶ Trong miền tần số:  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$ 
    - ★ Nếu chỉ có nhiễu tác động:  $G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$

Cho ảnh bị suy giảm  $g(x, y)$ , thông tin (một chút, hoặc hoàn toàn, hoặc không một chút nào) về hàm suy giảm  $H$  và nhiễu cộng  $\eta(x, y)$ . Mục đích của việc khôi phục ảnh là có được ảnh ước lượng  $\hat{f}(x, y)$  của ảnh gốc sao cho gần (giống) với ảnh gốc nhất có thể

- Càng nhiều thông tin về  $H$  và  $\eta \rightarrow$  khả năng khôi phục  $\hat{f}(x, y)$  càng gần (giống) với  $f(x, y)$

# Khôi phục ảnh

## Nhiều

- Nhiều trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.



# Khôi phục ảnh

## Nhiều

- Nhiều trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhiễu do thiết bị thu nhận ảnh



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhiễu do thiết bị thu nhận ảnh
  - ▶ Nhiễu ngẫu nhiên độc lập



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhiễu do thiết bị thu nhận ảnh
  - ▶ Nhiễu ngẫu nhiên độc lập
  - ▶ Nhiễu do vật quan sát



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhiễu do thiết bị thu nhận ảnh
  - ▶ Nhiễu ngẫu nhiên độc lập
  - ▶ Nhiễu do vật quan sát
- Các tính chất không gian và tần số của nhiễu:



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhiễu do thiết bị thu nhận ảnh
  - ▶ Nhiễu ngẫu nhiên độc lập
  - ▶ Nhiễu do vật quan sát
- Các tính chất không gian và tần số của nhiễu:
  - ▶ Nhiễu có chu kỳ không gian; nhiễu độc lập với tọa độ không gian (không tương quan với ảnh)



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhiễu do thiết bị thu nhận ảnh
  - ▶ Nhiễu ngẫu nhiên độc lập
  - ▶ Nhiễu do vật quan sát
- Các tính chất không gian và tần số của nhiễu:
  - ▶ Nhiễu có chu kỳ không gian; nhiễu độc lập với tọa độ không gian (không tương quan với ảnh)
  - ▶ Nhiễu trắng; nhiễu màu



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiễu trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhieu do thiết bị thu nhận ảnh
  - ▶ Nhieu ngẫu nhiên độc lập
  - ▶ Nhieu do vật quan sát
- Các tính chất không gian và tần số của nhiễu:
  - ▶ Nhieu có chu kỳ không gian; nhiễu độc lập với tọa độ không gian (không tương quan với ảnh)
  - ▶ Nhieu trắng; nhiễu màu
- Có nhiều mô hình cho nhiễu trong ảnh số:



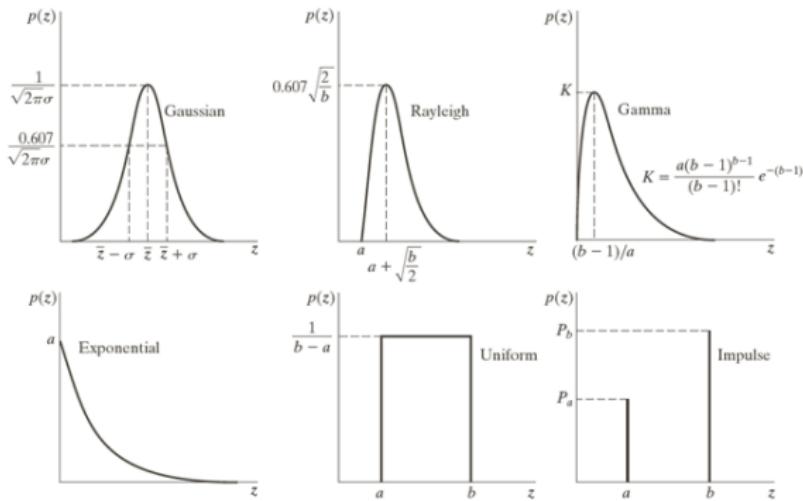
# Khôi phục ảnh

## Nhiễu

- Nhiều trong ảnh số được coi là sự thay đổi (dịch chuyển) đột ngột của tín hiệu ảnh trên một khoảng rất nhỏ.
- Các nguồn nhiễu chính trong ảnh số phát sinh trong quá trình thu nhận và/hoặc truyền nhận ảnh
- Các loại nhiễu:
  - ▶ Nhieu do thiết bị thu nhận ảnh
  - ▶ Nhieu ngẫu nhiên độc lập
  - ▶ Nhieu do vật quan sát
- Các tính chất không gian và tần số của nhiễu:
  - ▶ Nhieu có chu kỳ không gian; nhiễu độc lập với tọa độ không gian (không tương quan với ảnh)
  - ▶ Nhieu trắng; nhiễu màu
- Có nhiều mô hình cho nhiễu trong ảnh số:
  - ▶ Nhieu Gausse, nhiễu Rayleigh, nhiễu xung (nhieu muối-tiêu), nhiễu Erlang (nhieu gamma), nhiễu hàm mũ, nhiễu phân bố đều.

# Khôi phục ảnh

## Các mô hình nhiễu cơ bản



# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Một số biểu thức

## Nhiễu Gausse

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(z-\bar{z})^2}{2\sigma^2}}$$



# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Một số biểu thức

## Nhiễu Gausse

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(z-\bar{z})^2}{2\sigma^2}}$$

- $z$ : biểu diễn mức xám của nhiễu

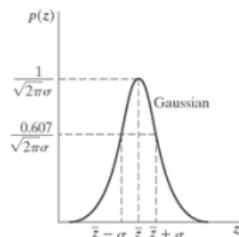
# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Một số biểu thức

## Nhiễu Gausse

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(z-\bar{z})^2}{2\sigma^2}}$$

- $z$ : biểu diễn mức xám của nhiễu



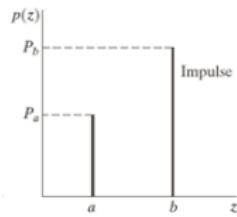
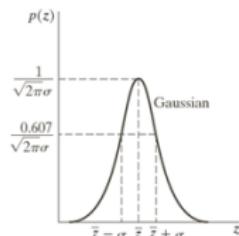
# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Một số biểu thức

## Nhiễu Gausse

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{(z-\bar{z})^2}{2\sigma^2}}$$

- $z$ : biểu diễn mức xám của nhiễu



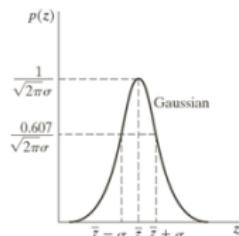
# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Một số biểu thức

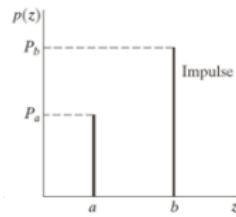
## Nhiễu Gausse

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{(z-\bar{z})^2}{2\sigma^2}}$$

- $z$ : biểu diễn mức xám của nhiễu



## Nhiễu xung:



$$p(z) = \begin{cases} p_a & \text{với } z = a \\ p_b & \text{với } z = b \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$

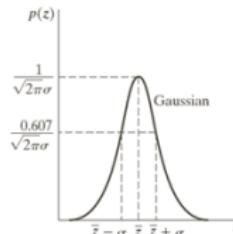
# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Một số biểu thức

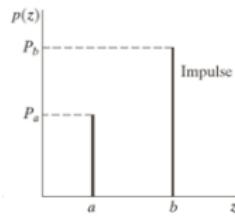
## Nhiễu Gausse

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{(z-\bar{z})^2}{2\sigma^2}}$$

- $z$ : biểu diễn mức xám của nhiễu



## Nhiễu xung:

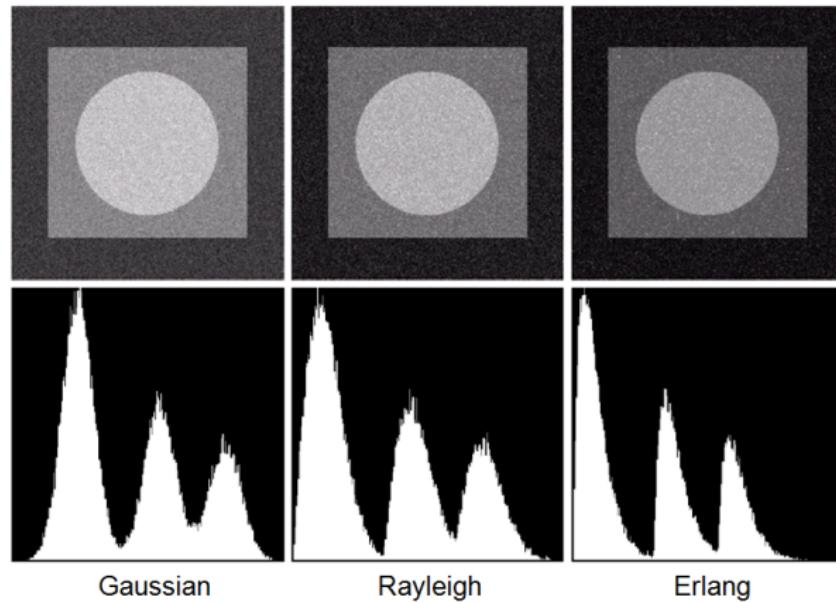


$$p(z) = \begin{cases} p_a & \text{với } z = a \\ p_b & \text{với } z = b \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$

- $b > a$ :  $b$  tương ứng các chấm sáng (muối),  $a$  tương ứng các chấm đen (tiêu)

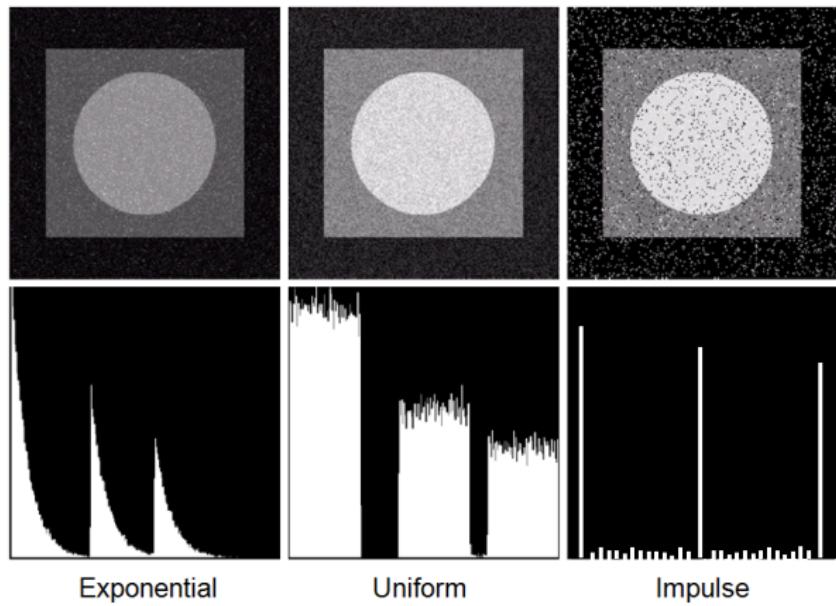
# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Minh họa (1)



# Khôi phục ảnh

Các mô hình nhiễu cơ bản - Minh họa (2)



Exponential

Uniform

Impulse

# Khôi phục ảnh

Nhiều có chu kỳ

- Nhiều có chu kỳ (periodic noise) phát sinh chủ yếu do các can nhiễu điện hoặc điện cơ trong quá trình thu nhận ảnh.



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu có chu kỳ

- Nhiễu có chu kỳ (periodic noise) phát sinh chủ yếu do các can nhiễu điện hoặc điện cơ trong quá trình thu nhận ảnh.
  - ▶ Là nhiễu phụ thuộc vào tọa độ không gian (vị trí điểm ảnh)



# Khôi phục ảnh

## Nhiễu có chu kỳ

- Nhiễu có chu kỳ (periodic noise) phát sinh chủ yếu do các can nhiễu điện hoặc điện cơ trong quá trình thu nhận ảnh.
  - ▶ Là nhiễu phụ thuộc vào tọa độ không gian (vị trí điểm ảnh)
  - ▶ Có thể được giảm nhỏ một cách đáng kể bằng các bộ lọc trong miền tần số



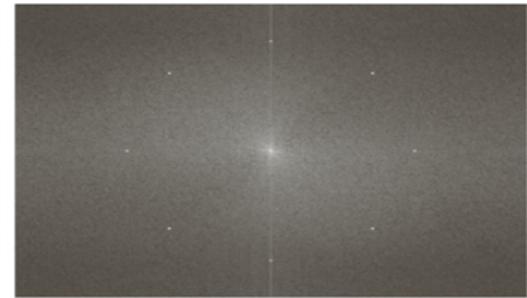
# Khôi phục ảnh

Nhiễu có chu kỳ

- Nhiễu có chu kỳ (periodic noise) phát sinh chủ yếu do các can nhiễu điện hoặc điện cơ trong quá trình thu nhận ảnh.
  - ▶ Là nhiễu phụ thuộc vào tọa độ không gian (vị trí điểm ảnh)
  - ▶ Có thể được giảm nhỏ một cách đáng kể bằng các bộ lọc trong miền tần số



(a) Ảnh gốc với nhiễu chu kỳ



(b) Phô

# Khôi phục ảnh

## Ước lượng tham số của nhiễu

- Nhiễu có chu kỳ  $\Rightarrow$  ước lượng tham số thông qua phân tích phô



# Khôi phục ảnh

## Ước lượng tham số của nhiễu

- Nhiễu có chu kỳ  $\Rightarrow$  ước lượng tham số thông qua phân tích phổ
- Nếu hệ thống thu nhận ảnh có thể tái xây dựng được  $\Rightarrow$  nhiễu hệ thống có thể ước lượng được bằng cách chụp ảnh các mẫu



# Khôi phục ảnh

## Ước lượng tham số của nhiễu

- Nhiễu có chu kỳ  $\Rightarrow$  ước lượng tham số thông qua phân tích phổ
- Nếu hệ thống thu nhận ảnh có thể tái xây dựng được  $\Rightarrow$  nhiễu hệ thống có thể ước lượng được bằng cách chụp ảnh các mẫu
- Nếu chỉ có ảnh  $\Rightarrow$  khảo sát lược đồ xám vùng ảnh đồng nhất (vùng ảnh nền)



# Khôi phục ảnh

## Ước lượng tham số của nhiễu

- Nhiễu có chu kỳ  $\Rightarrow$  ước lượng tham số thông qua phân tích phô
- Nếu hệ thống thu nhận ảnh có thể tái xây dựng được  $\Rightarrow$  nhiễu hệ thống có thể ước lượng được bằng cách chụp ảnh các mẫu
- Nếu chỉ có ảnh  $\Rightarrow$  khảo sát lược đồ xám vùng ảnh đồng nhất (vùng ảnh nền)
  - ▶ Hình dạng lược đồ xám thường khá gần với hình dạng hàm mật độ phân bố xác suất



# Khôi phục ảnh

## Ước lượng tham số của nhiễu

- Nhiễu có chu kỳ  $\Rightarrow$  ước lượng tham số thông qua phân tích phô
- Nếu hệ thống thu nhận ảnh có thể tái xây dựng được  $\Rightarrow$  nhiễu hệ thống có thể ước lượng được bằng cách chụp ảnh các mẫu
- Nếu chỉ có ảnh  $\Rightarrow$  khảo sát lược đồ xám vùng ảnh đồng nhất (vùng ảnh nền)
  - ▶ Hình dạng lược đồ xám thường khá gần với hình dạng hàm mật độ phân bố xác suất
  - ▶ Một dải ảnh (phần ảnh)  $S$  có lược đồ xám chuẩn hóa  $p_S(z_i)$  ( $i = 0, 1, \dots, L - 1$ )



# Khôi phục ảnh

## Ước lượng tham số của nhiễu

- Nhiễu có chu kỳ  $\Rightarrow$  ước lượng tham số thông qua phân tích phô
- Nếu hệ thống thu nhận ảnh có thể tái xây dựng được  $\Rightarrow$  nhiễu hệ thống có thể ước lượng được bằng cách chụp ảnh các mẫu
- Nếu chỉ có ảnh  $\Rightarrow$  khảo sát lược đồ xám vùng ảnh đồng nhất (vùng ảnh nền)
  - ▶ Hình dạng lược đồ xám thường khá gần với hình dạng hàm mật độ phân bố xác suất
  - ▶ Một dải ảnh (phần ảnh)  $S$  có lược đồ xám chuẩn hóa  $p_S(z_i)$  ( $i = 0, 1, \dots, L - 1$ )
    - ★  $\bar{z} = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p_S(z_i)$



# Khôi phục ảnh

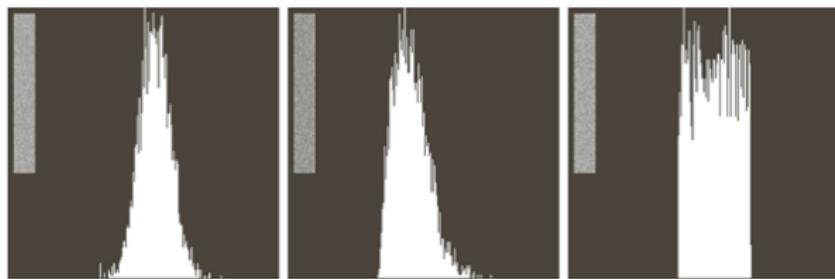
## Ước lượng tham số của nhiễu

- Nhiễu có chu kỳ  $\Rightarrow$  ước lượng tham số thông qua phân tích phô
- Nếu hệ thống thu nhận ảnh có thể tái xây dựng được  $\Rightarrow$  nhiễu hệ thống có thể ước lượng được bằng cách chụp ảnh các mẫu
- Nếu chỉ có ảnh  $\Rightarrow$  khảo sát lược đồ xám vùng ảnh đồng nhất (vùng ảnh nền)
  - ▶ Hình dạng lược đồ xám thường khá gần với hình dạng hàm mật độ phân bố xác suất
  - ▶ Một dải ảnh (phần ảnh)  $S$  có lược đồ xám chuẩn hóa  $p_S(z_i)$  ( $i = 0, 1, \dots, L - 1$ )
    - ★  $\bar{z} = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p_S(z_i)$
    - ★  $\sigma^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - \bar{z})^2 p_S(z_i)$



# Khôi phục ảnh

Ước lượng tham số của nhiễu - Minh họa



# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian

- Ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu:



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian

- Ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu:

- ▶  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian

- Ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu:
  - ▶  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$
- Nếu biết nhiễu  $\Rightarrow$  khôi phục ảnh  $\hat{f}(x, y) = g(x, y) - \eta(x, y)$

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian

- Ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu:
  - ▶  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$
- Nếu biết nhiễu  $\Rightarrow$  khôi phục ảnh  $\hat{f}(x, y) = g(x, y) - \eta(x, y)$
- Nhiễu thường là không biết  $\Rightarrow$  loại nhiễu khỏi (bằng phép trừ) không khả thi

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian

- Ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu:
  - ▶  $g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$
- Nếu biết nhiễu  $\Rightarrow$  khôi phục ảnh  $\hat{f}(x, y) = g(x, y) - \eta(x, y)$
- Nhiễu thường là không biết  $\Rightarrow$  loại nhiễu khỏi (bằng phép trừ) không khả thi
  - ▶ Ước lượng nhiễu  $\Rightarrow$  giảm nhỏ được nhiễu

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)$$



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)}$$



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình  
**Trung bình hài:**

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)$$

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} \frac{1}{g(i,j)}}$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình  
**Trung bình hài:**

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} \frac{1}{g(i, j)}}$$

- Phù hợp với nhiễu muối, các nhiễu khác như nhiễu Gausse



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình  
**Trung bình hài:**

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} \frac{1}{g(i,j)}}$$

- Phù hợp với nhiễu muối, các nhiễu khác như nhiễu Gausse
- Không phù hợp với nhiễu tiêu

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình  
**Trung bình hài:**

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} \frac{1}{g(i, j)}}$$

- Phù hợp với nhiễu muối, các nhiễu khác như nhiễu Gausse
- Không phù hợp với nhiễu tiêu

## Trung bình phản hài:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)^{Q+1}}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)^Q}$$



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình  
**Trung bình hài:**

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} \frac{1}{g(i, j)}}$$

- Phù hợp với nhiễu muối, các nhiễu khác như nhiễu Gausse
- Không phù hợp với nhiễu tiêu

## Trung bình phản hài:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)^{Q+1}}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)^Q}$$

- $Q$ : bậc bộ lọc



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình  
**Trung bình hài:**

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} \frac{1}{g(i, j)}}$$

- Phù hợp với nhiễu muối, các nhiễu khác như nhiễu Gausse
- Không phù hợp với nhiễu tiêu

## Trung bình phản hài:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)^{Q+1}}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i, j)^Q}$$

- $Q$ : bậc bộ lọc
- Thích hợp cho nhiễu muối-tiêu;  
 $Q > 0$  - cho nhiễu tiêu;  $Q < 0$  - cho nhiễu muối

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc trung bình  
**Trung bình hài:**

## Trung bình số học:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)$$

- Làm trơn các biến đổi mức xám cục bộ
- Giảm nhiễu bằng cách làm mờ nhiễu

## Trung bình hình học:

$$\hat{f}(x, y) = \sqrt[mn]{\prod_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)}$$

- Làm trơn tốt hơn trung bình số học
- Mất ít chi tiết ảnh hơn trung bình số học

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} \frac{1}{g(i,j)}}$$

- Phù hợp với nhiễu muối, các nhiễu khác như nhiễu Gausse
- Không phù hợp với nhiễu tiêu

## Trung bình phản hài:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)^{Q+1}}{\sum_{(i,j) \in S_{xy}} g(i,j)^Q}$$

- $Q$ : bậc bộ lọc
- Thích hợp cho nhiễu muối-tiêu;  
 $Q > 0$  - cho nhiễu tiêu;  $Q < 0$  - cho nhiễu muối

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)
- ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)
- ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê  
**Điểm giữa:**

**Trung vị:**

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \max_{(i,j) \in S_{xy}} \{g(i,j)\} + \min_{(i,j) \in S_{xy}} \{g(i,j)\} \right)$$

$$\hat{f}(x, y) = \text{median}_{(i,j) \in S_{xy}} \{g(i,j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiều muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

**Max, min:**

$$\hat{f}(x, y) = \max_{(i,j) \in S_{xy}} \{g(i,j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \min_{(i,j) \in S_{xy}} \{g(i,j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê  
**Điểm giữa:**

**Trung vị:**

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiều muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

**Max, min:**

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\} + \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\} \right)$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu ngẫu nhiên (nhiều Gausse, nhiễu đều)

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê  
**Điểm giữa:**

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

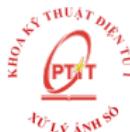
$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\} + \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\} \right)$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu ngẫu nhiên (nhiễu Gausse, nhiễu đều)
- Là sự kết hợp của lọc trung bình và bậc thông kê



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê  
**Điểm giữa:**

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\} + \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\} \right)$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu ngẫu nhiên (nhiễu Gausse, nhiễu đều)
- Là sự kết hợp của lọc trung bình và bậc thông kê

## Trung bình cắt alpha:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g_r(i, j)$$



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê  
**Điểm giữa:**

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiều muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\} + \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\} \right)$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu ngẫu nhiên (nhiều Gausse, nhiễu đều)
- Là sự kết hợp của lọc trung bình và bậc thông kê

## Trung bình cắt alpha:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g_r(i, j)$$

- $g_r(x, y)$ : ảnh đã cắt  $d/2$  mức xám thấp nhất và  $d/2$  mức xám cao nhất

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê  
**Điểm giữa:**

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiễu muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\} + \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\} \right)$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu ngẫu nhiên (nhiễu Gausse, nhiễu đều)
- Là sự kết hợp của lọc trung bình và bậc thông kê

## Trung bình cắt alpha:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g_r(i, j)$$

- $g_r(x, y)$ : ảnh đã cắt  $d/2$  mức xám thấp nhất và  $d/2$  mức xám cao nhất

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu: Các bộ lọc không gian - Các bộ lọc bậc thông kê  
**Điểm giữa:**

## Trung vị:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(i, j)\}$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu (nhiều muối tiêu)
- Ít làm mờ ảnh hơn

## Max, min:

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\}$$

- Max: tìm giá trị mức xám lớn nhất;

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\max}\{g(i, j)\} + \underset{(i,j) \in S_{xy}}{\min}\{g(i, j)\} \right)$$

- Đặc biệt phù hợp với một số nhiễu ngẫu nhiên (nhiều Gausse, nhiễu đều)
- Là sự kết hợp của lọc trung bình và bậc thông kê

## Trung bình cắt alpha:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(i,j) \in S_{xy}} g_r(i, j)$$

- $g_r(x, y)$ : ảnh đã cắt  $d/2$  mức xám thấp nhất và  $d/2$  mức xám cao nhất

# Chương 3: Nâng cao chất lượng ảnh số

## Nội dung chính

### 1 Tổng quan chung

### 2 Tăng cường chất lượng ảnh

- Tổng quan về tăng cường ảnh
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền không gian
- Tăng cường chất lượng ảnh trong miền tần số

### 3 Khôi phục ảnh

- Nhiều và mô hình nhiều
- Khôi phục ảnh chỉ bị suy giảm bởi nhiễu
- Khôi phục ảnh suy giảm



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm

- Ảnh bị suy giảm bởi hàm suy giảm  $h(x, y)$  (hay  $H(u, v)$ ) và nhiễu  $\eta(x, y)$ :



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm

- Ảnh bị suy giảm bởi hàm suy giảm  $h(x, y)$  (hay  $H(u, v)$ ) và nhiễu  $\eta(x, y)$ :
  - ▶  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm

- Ảnh bị suy giảm bởi hàm suy giảm  $h(x, y)$  (hay  $H(u, v)$ ) và nhiễu  $\eta(x, y)$ :
  - ▶  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$
- Chỉ xem xét hàm sự suy giảm tuyến tính bất biến với vị trí không gian và nhiễu cộng



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm

- Ảnh bị suy giảm bởi hàm suy giảm  $h(x, y)$  (hay  $H(u, v)$ ) và nhiễu  $\eta(x, y)$ :
  - ▶  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$
- Chỉ xem xét hàm sự suy giảm tuyến tính bất biến với vị trí không gian và nhiễu cộng
- Mong muốn tìm ra các bộ lọc có tác động ngược lại với hàm suy giảm  $\Rightarrow$  ảnh khôi phục



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm

- Ảnh bị suy giảm bởi hàm suy giảm  $h(x, y)$  (hay  $H(u, v)$ ) và nhiễu  $\eta(x, y)$ :
  - ▶  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$
- Chỉ xem xét hàm sự suy giảm tuyến tính bất biến với vị trí không gian và nhiễu cộng
- Mong muốn tìm ra các bộ lọc có tác động ngược lại với hàm suy giảm  $\Rightarrow$  ảnh khôi phục
  - ➊ Ước lượng hàm suy giảm

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm

- Ảnh bị suy giảm bởi hàm suy giảm  $h(x, y)$  (hay  $H(u, v)$ ) và nhiễu  $\eta(x, y)$ :
  - ▶  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$  hay  $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$
- Chỉ xem xét hàm sự suy giảm tuyến tính bất biến với vị trí không gian và nhiễu cộng
- Mong muốn tìm ra các bộ lọc có tác động ngược lại với hàm suy giảm  $\Rightarrow$  ảnh khôi phục
  - ① Uớc lượng hàm suy giảm
  - ② Áp dụng quá trình tác động ngược



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh

- ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
- ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
- ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh

- ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
- ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
- ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muôn  $\hat{f}(x, y)$
- ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{F_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh

- ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
- ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
- ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
- ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{F_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$

- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh

- ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{F_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$

- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm

- ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh

- ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{F_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$

- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm

- ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất
  - ▶ Sử dụng hệ thống thiết lập được chụp ảnh của chấm sáng đơn vị có mức sáng  $A$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{\hat{F}_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm
  - ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất
  - ▶ Sử dụng hệ thống thiết lập được chụp ảnh của chấm sáng đơn vị có mức sáng  $A$  (tương tự xung đơn vị)

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{\hat{F}_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm
  - ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất
  - ▶ Sử dụng hệ thống thiết lập được chụp ảnh của chấm sáng đơn vị có mức sáng  $A$  (tương tự xung đơn vị)
  - ▶ Ảnh thu nhận được là  $g(x, y) \Rightarrow H(u, v) = \frac{G(u, v)}{A}$



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{\hat{F}_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm
  - ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất
  - ▶ Sử dụng hệ thống thiết lập được chụp ảnh của chấm sáng đơn vị có mức sáng  $A$  (tương tự xung đơn vị)
  - ▶ Ảnh thu nhận được là  $g(x, y) \Rightarrow H(u, v) = \frac{G(u, v)}{A}$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng mô hình hóa toán học



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{\hat{F}_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm
  - ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất
  - ▶ Sử dụng hệ thống thiết lập được chụp ảnh của chấm sáng đơn vị có mức sáng  $A$  (tương tự xung đơn vị)
  - ▶ Ảnh thu nhận được là  $g(x, y) \Rightarrow H(u, v) = \frac{G(u, v)}{A}$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng mô hình hóa toán học
  - ▶ Sử dụng các mô hình toán học mô tả/xấp xỉ các quá trình suy giảm

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{\hat{F}_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm
  - ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất
  - ▶ Sử dụng hệ thống thiết lập được chụp ảnh của chấm sáng đơn vị có mức sáng  $A$  (tương tự xung đơn vị)
  - ▶ Ảnh thu nhận được là  $g(x, y) \Rightarrow H(u, v) = \frac{G(u, v)}{A}$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng mô hình hóa toán học
  - ▶ Sử dụng các mô hình toán học mô tả/xấp xỉ các quá trình suy giảm
    - ★ Sự suy giảm cho xáo trộn khí quyển:  $H(u, v) = e^{-k(u^2 + v^2)^{5/6}}$

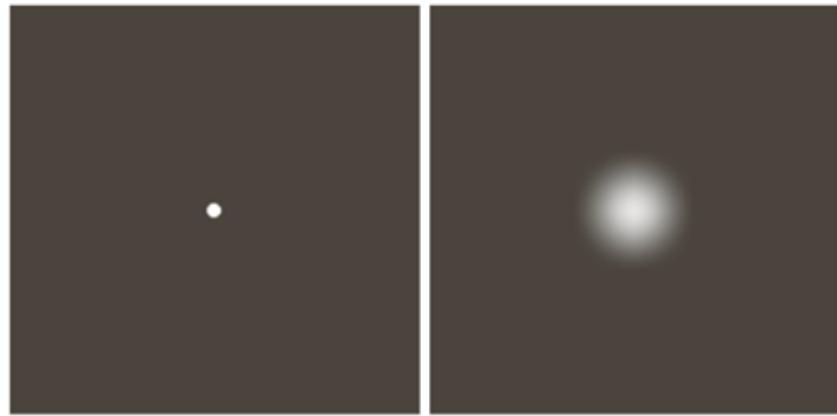
# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm

- Ước lượng hàm suy giảm bằng quan sát ảnh
  - ▶ Phán đoán nguyên nhân suy giảm
  - ▶ Chọn vùng ảnh mẫu quan sát  $g_s(x, y)$
  - ▶ Xử lý vùng ảnh quan sát bằng các phương pháp để đạt được kết quả mong muốn  $\hat{f}(x, y)$
  - ▶ Hàm đặc trưng suy giảm  $H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{\hat{F}_s(u, v)}$   $\Rightarrow$  Hàm suy giảm  $H(u, v)$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng thực nghiệm
  - ▶ Khôi phục và thiết lập hệ thống thu nhận ảnh sao cho giống với hệ thống đã tạo ra ảnh suy giảm nhất
  - ▶ Sử dụng hệ thống thiết lập được chụp ảnh của chấm sáng đơn vị có mức sáng  $A$  (tương tự xung đơn vị)
  - ▶ Ảnh thu nhận được là  $g(x, y) \Rightarrow H(u, v) = \frac{G(u, v)}{A}$
- Ước lượng hàm suy giảm bằng mô hình hóa toán học
  - ▶ Sử dụng các mô hình toán học mô tả/xấp xỉ các quá trình suy giảm
    - ★ Sự suy giảm cho xáo trộn khí quyển:  $H(u, v) = e^{-k(u^2 + v^2)^{5/6}}$
  - ▶ Dựa trên các nguyên lý cơ bản của sự suy giảm  $\Rightarrow$  phát triển các mô hình toán học

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm - Ví dụ (1)



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm - Ước lượng hàm suy giảm - Ví dụ (2)



(a) Ảnh gốc



(b)  $k=0.0025$



(c)  $k=0.001$



(d)  $k=0.00025$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

►  $\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

$$\triangleright \hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

►  $\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$

►  $\Leftrightarrow \hat{F}(u, v) = H^{-1}(u, v)G(u, v)$  với  $H^{-1}(u, v)$  là bộ lọc đảo (hàm ngược của  $H(u, v)$ )



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

$$\blacktriangleright \hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$

$\blacktriangleright \Leftrightarrow \hat{F}(u, v) = H^{-1}(u, v)G(u, v)$  với  $H^{-1}(u, v)$  là bộ lọc đảo (hàm ngược của  $H(u, v)$ )

★ Dù biết hoặc có thể ước lượng chính xác  $H(u, v)$ , ảnh khôi phục  $\hat{F}(u, v)$  cũng không chính xác bằng ảnh gốc  $F(u, v)$



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

$$\blacktriangleright \hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$

$\blacktriangleright \Leftrightarrow \hat{F}(u, v) = H^{-1}(u, v)G(u, v)$  với  $H^{-1}(u, v)$  là bộ lọc đảo (hàm ngược của  $H(u, v)$ )

★ Dù biết hoặc có thể ước lượng chính xác  $H(u, v)$ , ảnh khôi phục  $\hat{F}(u, v)$  cũng không chính xác bằng ảnh gốc  $F(u, v)$  do nhiễu  $N(u, v)$  thường không biết



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

$$\blacktriangleright \hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$

$\Leftrightarrow \hat{F}(u, v) = H^{-1}(u, v)G(u, v)$  với  $H^{-1}(u, v)$  là bộ lọc đảo (hàm ngược của  $H(u, v)$ )

- ★ Dù biết hoặc có thể ước lượng chính xác  $H(u, v)$ , ảnh khôi phục  $\hat{F}(u, v)$  cũng không chính xác bằng ảnh gốc  $F(u, v)$  do nhiễu  $N(u, v)$  thường không biết
- ★ Nếu  $H(u, v)$  có giá trị bằng 0 hoặc rất nhỏ  $\Rightarrow \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$  sẽ trở thành phần chính trong ảnh khôi phục (tức là nhiễu sẽ được tăng cường trong ảnh)



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

$$\blacktriangleright \hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$

$\Leftrightarrow \hat{F}(u, v) = H^{-1}(u, v)G(u, v)$  với  $H^{-1}(u, v)$  là bộ lọc đảo (hàm ngược của  $H(u, v)$ )

- ★ Dù biết hoặc có thể ước lượng chính xác  $H(u, v)$ , ảnh khôi phục  $\hat{F}(u, v)$  cũng không chính xác bằng ảnh gốc  $F(u, v)$  do nhiễu  $N(u, v)$  thường không biết
- ★ Nếu  $H(u, v)$  có giá trị bằng 0 hoặc rất nhỏ  $\Rightarrow \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$  sẽ trở thành phần chính trong ảnh khôi phục (tức là nhiễu sẽ được tăng cường trong ảnh)
- ★  $\Rightarrow$  Cần hạn chế các tần số bộ lọc xung quanh vùng gần gốc

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.
  - ▶  $\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$
  - ▶  $\Leftrightarrow \hat{F}(u, v) = H^{-1}(u, v)G(u, v)$  với  $H^{-1}(u, v)$  là bộ lọc đảo (hàm ngược của  $H(u, v)$ )
    - ★ Dù biết hoặc có thể ước lượng chính xác  $H(u, v)$ , ảnh khôi phục  $\hat{F}(u, v)$  cũng không chính xác bằng ảnh gốc  $F(u, v)$  do nhiễu  $N(u, v)$  thường không biết
    - ★ Nếu  $H(u, v)$  có giá trị bằng 0 hoặc rất nhỏ  $\Rightarrow \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$  sẽ trở thành phần chính trong ảnh khôi phục (tức là nhiễu sẽ được tăng cường trong ảnh)
    - ★  $\Rightarrow$  Cần hạn chế các tần số bộ lọc xung quanh vùng gần gốc
- Thích hợp với ảnh suy giảm (chỉ) bởi đặc tuyến của hệ thống thu nhận ảnh



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo

- Cách đơn giản nhất để khôi phục ảnh khi biết/ước lượng được hàm suy giảm  $H(u, v)$  là thực hiện lọc đảo trực tiếp.

$$\triangleright \hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$

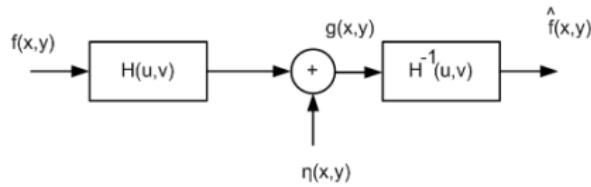
$\Leftrightarrow \hat{F}(u, v) = H^{-1}(u, v)G(u, v)$  với  $H^{-1}(u, v)$  là bộ lọc đảo (hàm ngược của  $H(u, v)$ )

★ Dù biết hoặc có thể ước lượng chính xác  $H(u, v)$ , ảnh khôi phục  $\hat{F}(u, v)$  cũng không chính xác bằng ảnh gốc  $F(u, v)$  do nhiễu  $N(u, v)$  thường không biết

★ Nếu  $H(u, v)$  có giá trị bằng 0 hoặc rất nhỏ  $\Rightarrow \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$  sẽ trở thành phần chính trong ảnh khôi phục (tức là nhiễu sẽ được tăng cường trong ảnh)

★  $\Rightarrow$  Cần hạn chế các tần số bộ lọc xung quanh vùng gần gốc

- Thích hợp với ảnh suy giảm (chỉ) bởi đặc tuyến của hệ thống thu nhận ảnh



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo - Minh họa (1)



(a) Ảnh gốc



(b)  $k=0.0025$

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo - Minh họa (1)



(a) Ảnh gốc



(b)  $k=0.0025$

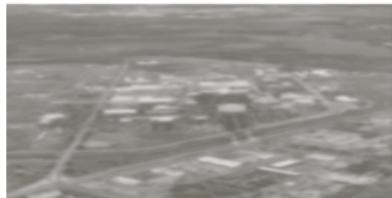
- Hàm suy giảm  $H(u, v) = e^{-k[(u-M/2)^2 + (v-N/2)^2]^{5/6}}$  với  $k = 0.0025$ .

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc đảo - Minh họa (2)



(a) Ảnh gốc



(b)  $k=0.0025$



(c) Lọc đảo



(d) Cắt  $R=40$



(e) Cắt  $R=70$



(f) Cắt  $R=85$

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Lọc giả đảo

- Khắc phục trường hợp  $H(u, v)$  có giá trị nhỏ sẽ tăng cường nhiễu trong ảnh của phương pháp lọc đảo

$$H^{-1}(u, v) = \begin{cases} \frac{1}{H(u, v)} & \text{nếu } |H(u, v)| \geq \epsilon \\ 0 & \text{trường hợp còn lại} \end{cases}$$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (1/2)

- Kết hợp cả thông tin về hàm suy giảm và đặc trưng thống kê của nhiễu vào quá trình khôi phục ảnh.



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (1/2)

- Kết hợp cả thông tin về hàm suy giảm và đặc trưng thống kê của nhiễu vào quá trình khôi phục ảnh.
- Tìm kiếm một ước lượng  $\hat{f}$  của ảnh  $f$  sao cho trung bình bình phương lỗi (MSE: mean square error) giữa chúng là nhỏ nhất



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (1/2)

- Kết hợp cả thông tin về hàm suy giảm và đặc trưng thống kê của nhiễu vào quá trình khôi phục ảnh.
- Tìm kiếm một ước lượng  $\hat{f}$  của ảnh  $f$  sao cho trung bình bình phương lỗi (MSE: mean square error) giữa chúng là nhỏ nhất
  - ▶  $\hat{f} = \arg \min\{E\{(f - \hat{f})^2\}\}$

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (1/2)

- Kết hợp cả thông tin về hàm suy giảm và đặc trưng thống kê của nhiễu vào quá trình khôi phục ảnh.
- Tìm kiếm một ước lượng  $\hat{f}$  của ảnh  $f$  sao cho trung bình bình phương lỗi (MSE: mean square error) giữa chúng là nhỏ nhất
  - ▶  $\hat{f} = \arg \min\{E\{(f - \hat{f})^2\}\}$
- 

$$\begin{aligned}\hat{F}(u, v) &= \left[ \frac{H * (u, v) S_f(u, v)}{S_f(u, v) |H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)} \right] G(u, v) \\ &= \left[ \frac{H * (u, v) S_f(u, v)}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v) / S_f(u, v)} \right] G(u, v) \\ &= \left[ \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v) / S_f(u, v)} \right] G(u, v)\end{aligned}$$

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (1/2)

- Kết hợp cả thông tin về hàm suy giảm và đặc trưng thống kê của nhiễu vào quá trình khôi phục ảnh.
- Tìm kiếm một ước lượng  $\hat{f}$  của ảnh  $f$  sao cho trung bình bình phương lỗi (MSE: mean square error) giữa chúng là nhỏ nhất
  - ▶  $\hat{f} = \arg \min\{E\{(f - \hat{f})^2\}\}$
- 

$$\begin{aligned}\hat{F}(u, v) &= \left[ \frac{H * (u, v) S_f(u, v)}{S_f(u, v) |H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)} \right] G(u, v) \\ &= \left[ \frac{H * (u, v) S_f(u, v)}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v) / S_f(u, v)} \right] G(u, v) \\ &= \left[ \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v) / S_f(u, v)} \right] G(u, v)\end{aligned}$$



- ▶  $H * (u, v)$ : liên hợp phức của  $H(u, v)$ ;  $|H(u, v)|^2 = H * (u, v) H(u, v)$ ;

# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (2/2)

- $\hat{x} \triangleq$  Bộ lọc Wiener, bộ lọc tối thiểu hóa lỗi trung bình bình phương (MMSE), bộ lọc lỗi trung bình bình phương ít nhất (LSE)



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (2/2)

- $\hat{I} \triangleq$  Bộ lọc Wiener, bộ lọc tối thiểu hóa lỗi trung bình bình phương (MMSE), bộ lọc lỗi trung bình bình phương ít nhất (LSE)
  - ▶ Nếu không có nhiễu  $\rightarrow$  Bộ lọc đảo



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (2/2)

- $\hat{I} \triangleq$  Bộ lọc Wiener, bộ lọc tối thiểu hóa lỗi trung bình bình phương (MMSE), bộ lọc lỗi trung bình bình phương ít nhất (LSE)
  - ▶ Nếu không có nhiễu  $\rightarrow$  Bộ lọc đảo
- Phổ công suất của ảnh gốc thường hiếm khi biết hoặc không thể ước lượng chính xác



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (2/2)

- $\hat{F}(u, v) \triangleq$  Bộ lọc Wiener, bộ lọc tối thiểu hóa lỗi trung bình bình phương (MMSE), bộ lọc lỗi trung bình bình phương ít nhất (LSE)
  - ▶ Nếu không có nhiễu  $\rightarrow$  Bộ lọc đảo
- Phổ công suất của ảnh gốc thường hiếm khi biết hoặc không thể ước lượng chính xác
  - ▶

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v)$$



# Khôi phục ảnh

## Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener (2/2)

- $\hat{F} \triangleq$  Bộ lọc Wiener, bộ lọc tối thiểu hóa lỗi trung bình bình phương (MMSE), bộ lọc lỗi trung bình bình phương ít nhất (LSE)
  - ▶ Nếu không có nhiễu  $\rightarrow$  Bộ lọc đảo
- Phổ công suất của ảnh gốc thường hiếm khi biết hoặc không thể ước lượng chính xác

▶

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v)$$

- ★  $K$ : hằng số xác định



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Bộ lọc Wiener - Minh họa



(a) Ảnh gốc



(b)  $k=0.0025$



(c) Lọc đảo



(d) Cắt  $R=70$



(e) Wiener

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Đánh giá chất lượng ảnh khôi phục

- Tỷ số công suất trung bình tín hiệu trên nhiễu (SNR):



# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Đánh giá chất lượng ảnh khôi phục

- Tỷ số công suất trung bình tín hiệu trên nhiễu (SNR):



$$SNR = \frac{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2}{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |N(u, v)|^2}$$

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Đánh giá chất lượng ảnh khôi phục

- Tỷ số công suất trung bình tín hiệu trên nhiễu (SNR):



$$SNR = \frac{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2}{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |N(u, v)|^2}$$

- ★ Là một đơn vị đo quan trọng đánh giá chất lượng các thuật toán khôi phục ảnh

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Đánh giá chất lượng ảnh khôi phục

- Tỷ số công suất trung bình tín hiệu trên nhiễu (SNR):



$$SNR = \frac{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2}{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |N(u, v)|^2}$$

★ Là một đơn vị đo quan trọng đánh giá chất lượng các thuật toán khôi phục ảnh

- Trung bình bình phương sai số (MSE):

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Đánh giá chất lượng ảnh khôi phục

- Tỷ số công suất trung bình tín hiệu trên nhiễu (SNR):



$$SNR = \frac{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2}{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |N(u, v)|^2}$$

★ Là một đơn vị đo quan trọng đánh giá chất lượng các thuật toán khôi phục ảnh

- Trung bình bình phương sai số (MSE):



$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (f(x, y) - \hat{f}(x, y))^2$$

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Đánh giá chất lượng ảnh khôi phục

- Tỷ số công suất trung bình tín hiệu trên nhiễu (SNR):



$$SNR = \frac{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2}{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |N(u, v)|^2}$$

★ Là một đơn vị đo quan trọng đánh giá chất lượng các thuật toán khôi phục ảnh

- Trung bình bình phương sai số (MSE):



$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (f(x, y) - \hat{f}(x, y))^2$$

- Nếu coi ảnh khôi phục  $\hat{f}(x, y)$  là tín hiệu, sự khác biệt giữa ảnh gốc và ảnh khôi phục là nhiễu,

# Khôi phục ảnh

Khôi phục ảnh suy giảm: Đánh giá chất lượng ảnh khôi phục

- Tỷ số công suất trung bình tín hiệu trên nhiễu (SNR):



$$SNR = \frac{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2}{\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |N(u, v)|^2}$$

★ Là một đơn vị đo quan trọng đánh giá chất lượng các thuật toán khôi phục ảnh

- Trung bình bình phương sai số (MSE):



$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (f(x, y) - \hat{f}(x, y))^2$$

- Nếu coi ảnh khôi phục  $\hat{f}(x, y)$  là tín hiệu, sự khác biệt giữa ảnh gốc và ảnh khôi phục là nhiễu,



$$SNR = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \hat{f}^2(x, y)}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (f(x, y) - \hat{f}(x, y))^2}$$