

# Xử lý ảnh số

## Các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh

Chương trình dành cho kỹ sư CNTT  
Nguyễn Linh Giang

# Các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh

- Tổng quan các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh;
- Các phương pháp trên điểm;
- Biến đổi Histogram;
- Các phép toán trên miền không gian;
- Lọc ảnh;
- Giả màu.

# Tổng quan

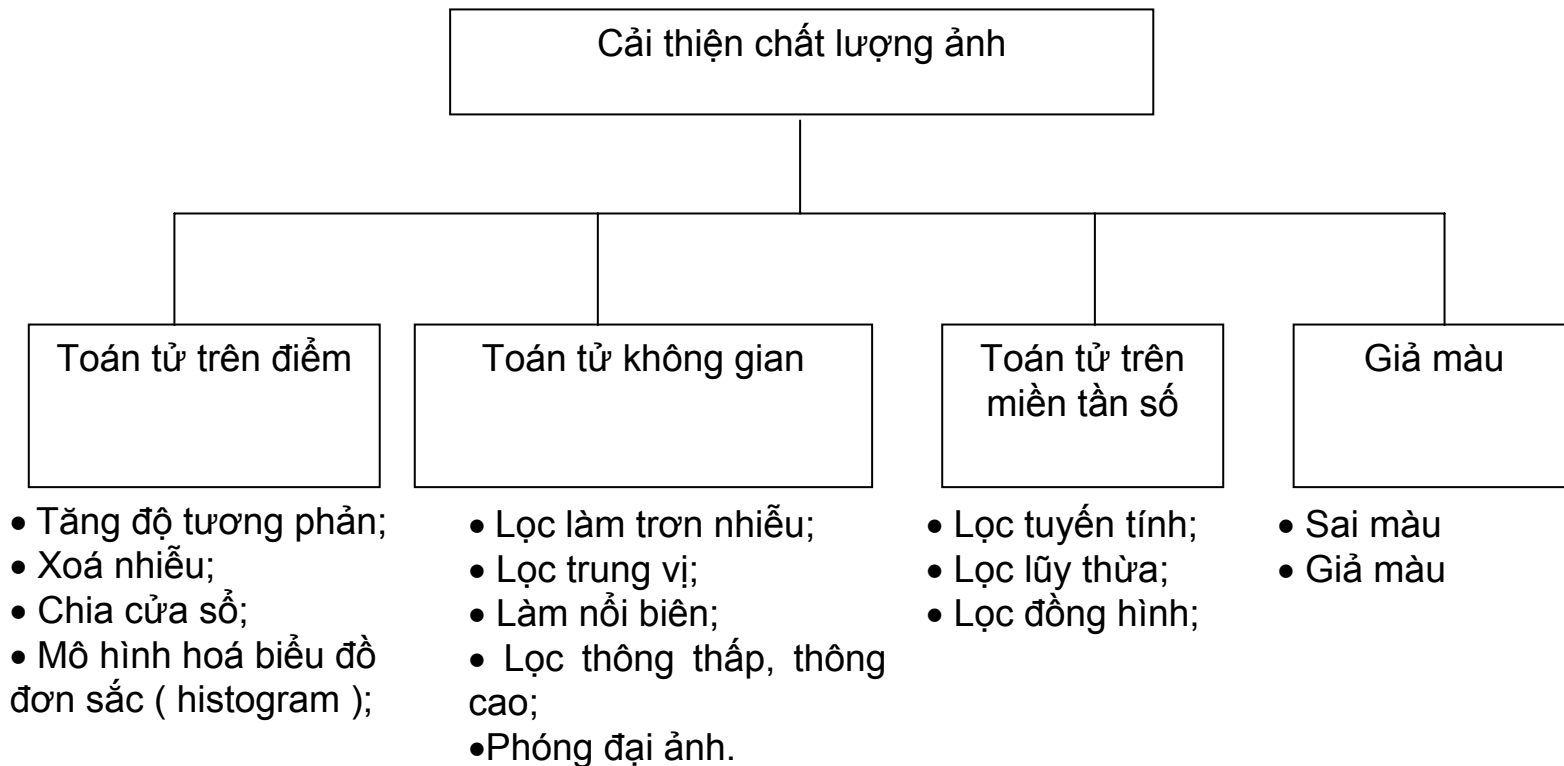
- Cải thiện chất lượng ảnh:
  - Tăng cường các đặc điểm của ảnh về mặt cảm nhận hoặc cục bộ như các đường nét, đường biên, hay độ tương phản, màu sắc, ..., lọc nhiễu.
  - Tăng cường có hiệu quả cho các bước xử lý tiếp theo như hiển thị ảnh hoặc phân tích ảnh.
  - Xử lý cải thiện ảnh chất lượng ảnh không làm tăng thông tin vốn có chứa trong dữ liệu.
  - Làm tăng dải động của các thuộc tính của ảnh. Những thuộc tính này giúp cho phân biệt dễ dàng các chi tiết trên ảnh.

# Tổng quan

- Các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh bao gồm:
  - Biến đổi phân bố mức xám , thay đổi độ tương phản;
  - Giảm nhiễu, làm nổi biên và làm trơn biên của ảnh, lọc ảnh;
  - Đưa thông tin vào ảnh;
  - Phóng đại, thu nhỏ ảnh;
  - Giả màu, ...
- Khó khăn: xác định các tiêu chuẩn định tính và định lượng về chất lượng ảnh;
- Các kỹ thuật cải thiện chất lượng ảnh phụ thuộc vào kinh nghiệm xử lý;

# Tổng quan

- Phân loại các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh



# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

- Các phương pháp trên điểm:
  - Áp dụng với các ảnh đa mức xám, ảnh đơn sắc;
  - Biểu diễn các giá trị ảnh: cường độ sáng
  - Mô hình biểu diễn tất định;
  - Các thao tác không nhớ trên miền không gian, thực hiện hàm  $f$  biến đổi ánh xạ mức xám  $u \in [0, L-1]$  thành mức xám  $v \in [0, L-1]: v = f(u)$
  - Các phương pháp này: tác động trên từng điểm ảnh riêng lẻ và không tính đến quan hệ không gian giữa các điểm ảnh;

# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

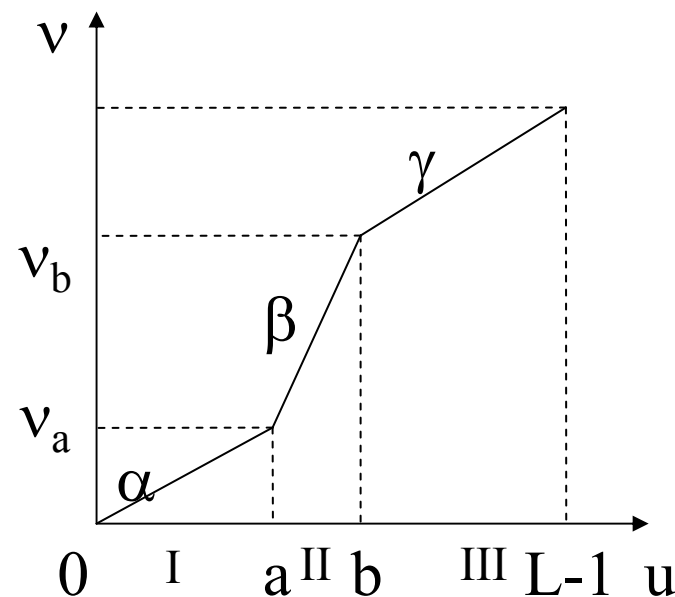
– Các phương pháp:

- Biến đổi tuyến tính từng đoạn
- Biến đổi logarithm
- Biến đổi âm bản

# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

- Các phương pháp biến đổi tuyến tính từng đoạn
  - Xử lý độ tương phản - giãn độ tương phản
    - Xử lý những ảnh có độ tương phản thấp:
      - Do thiếu sáng hoặc không đều sáng;
      - Do tính phi tuyến hoặc biến động nhỏ của bộ cảm nhận.
    - Quan hệ giãn độ tương phản:

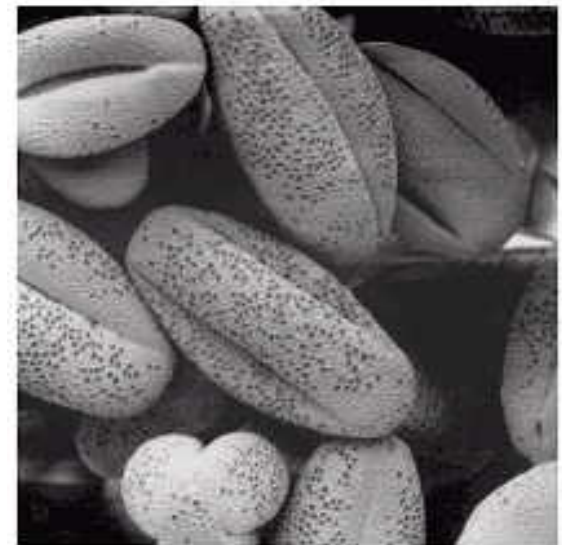
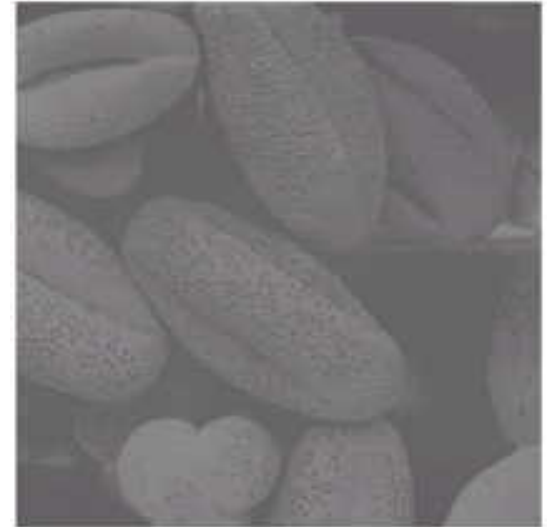
$$v = \begin{cases} \alpha u, & 0 \leq u \leq a \\ \beta(u-a) + v_a, & a < u \leq b \\ \gamma(u-b) + v_b, & b < u \leq L-1 \end{cases}$$





# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

- Việc lựa chọn các tham số  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  xác định các vùng ảnh sẽ được tăng cường:
  - Nếu  $\beta > 1$ , độ tương phản trong vùng II  $[a, b]$  được tăng cường;
  - Nếu  $\alpha < 1$ , độ tương phản trong vùng I  $[0, a]$  được giảm;
  - Nếu  $\gamma < 1$ , độ tương phản trong vùng III  $[b, L-1]$  được giảm;
  - Việc lựa chọn các giá trị  $a$ ,  $b$  phụ thuộc vào biểu đồ mức đơn sắc ( histogram ) và theo kinh nghiệm.



# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

## – Cắt lớp cường độ sáng

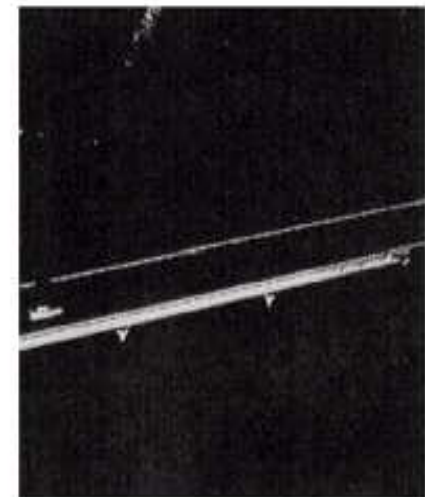
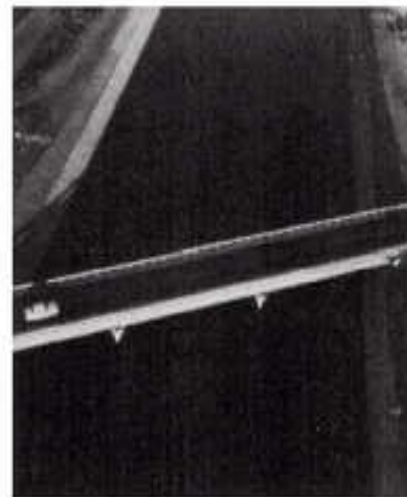
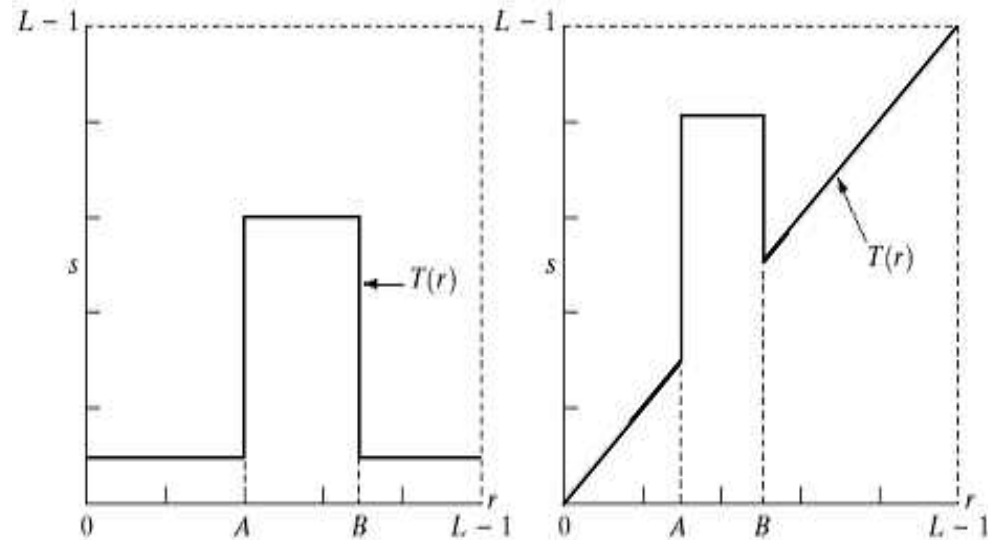
- Cho phép phân tách các mức xám trong một miền với các phần còn lại;
- Thích hợp khi ảnh có nhiều chi tiết nằm trên những vùng mức xám khác nhau

- Cắt lớp lấy nền:

$$v = \begin{cases} u, & 0 \leq u \leq a, b < u \leq L-1 \\ L-1, & a < u \leq b \end{cases}$$

- Cắt lớp không lấy nền:

$$v = \begin{cases} 0, & 0 \leq u \leq a, b < u \leq L-1 \\ L-1, & a < u \leq b \end{cases}$$



# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

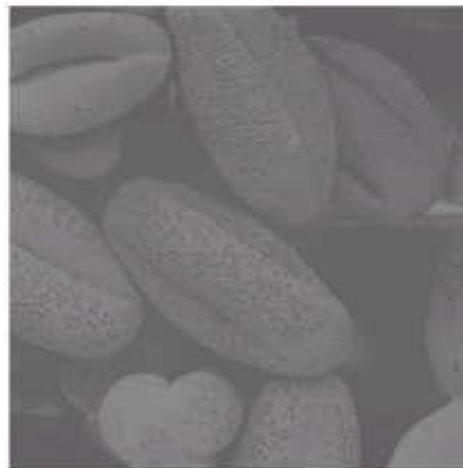
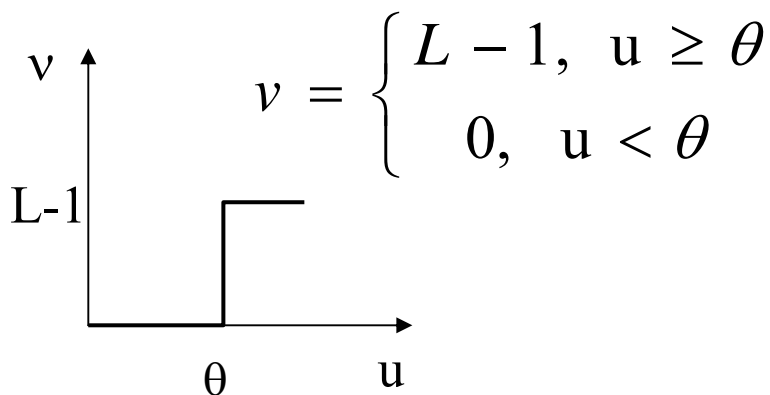
## – Tách nhiễu và lấy ngưỡng ảnh

- Tách nhiễu:

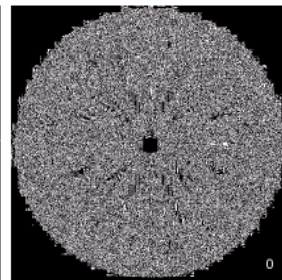
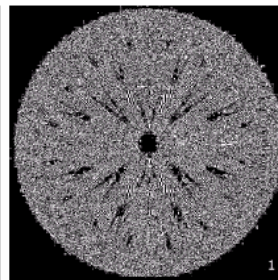
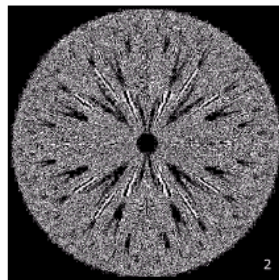
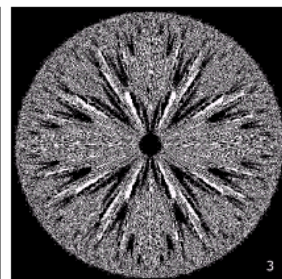
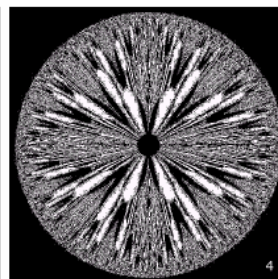
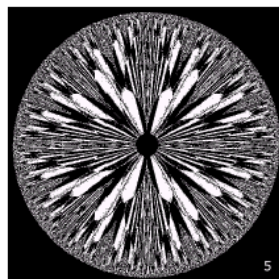
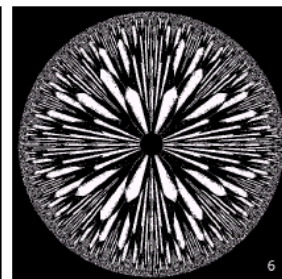
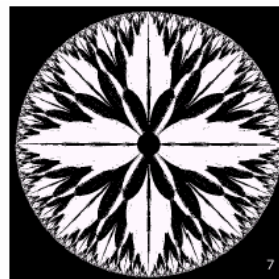
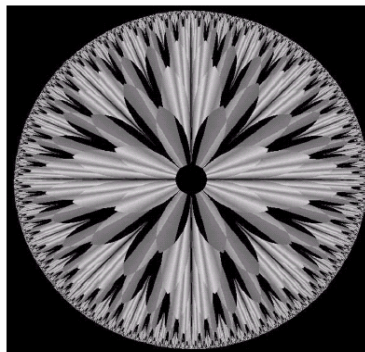
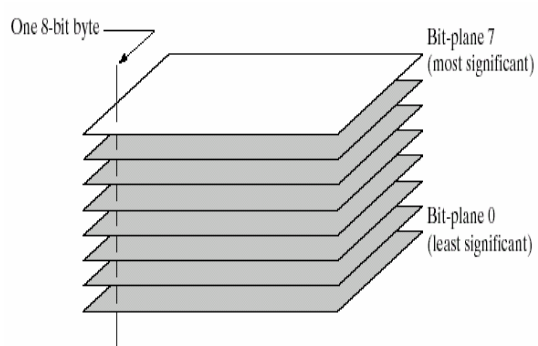
- Là trường hợp riêng của giãn độ tương phản khi  $\alpha = \gamma = 0$ ;
- Ứng dụng để giảm nhiễu khi biết tín hiệu nằm trong khoảng  $[a, b]$ ;

- Lấy ngưỡng ảnh:

- Là trường hợp riêng của tách nhiễu khi  $a = b = \theta$  - là ngưỡng.
- Ứng dụng trong trường hợp biến đổi từ ảnh đa mức xám về ảnh nhị phân



# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh



**FIGURE 3.14** The eight bit planes of the image in Fig. 3.13. The number at the bottom, right of each image identifies the bit plane.

## – Cắt lớp bit

- Phân tách các bit biểu diễn ảnh:

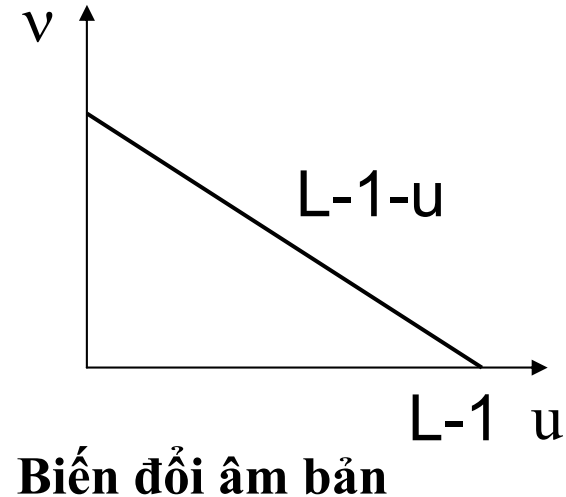
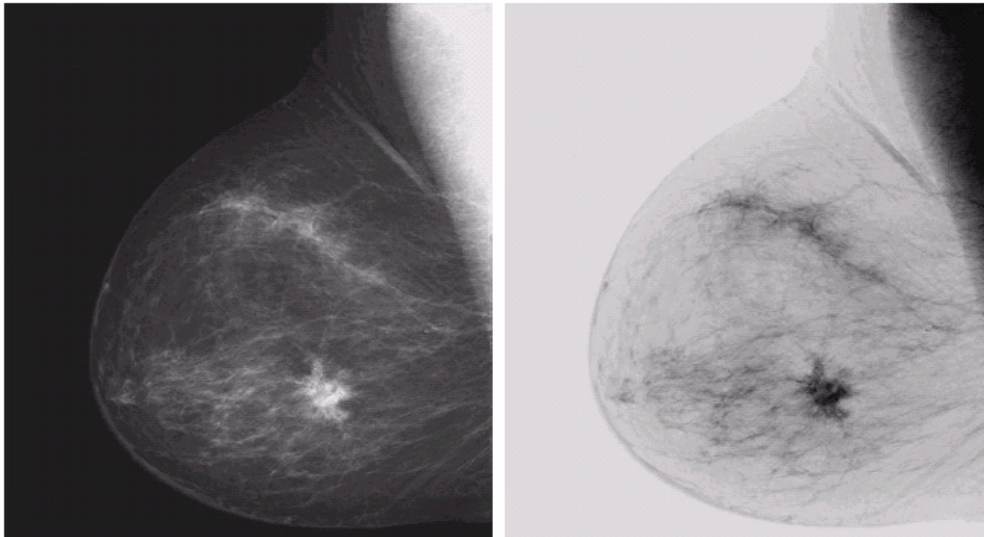
$$u = k_1 2^{B-1} + k_2 2^{B-2} + \dots + k_{B-1} 2 + k_B$$

- Lựa chọn các bit theo hệ thức:

$$v = \begin{cases} 0, & \text{otherwise} \\ L-1, & \text{bit } k_n = 1 \end{cases}$$

# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

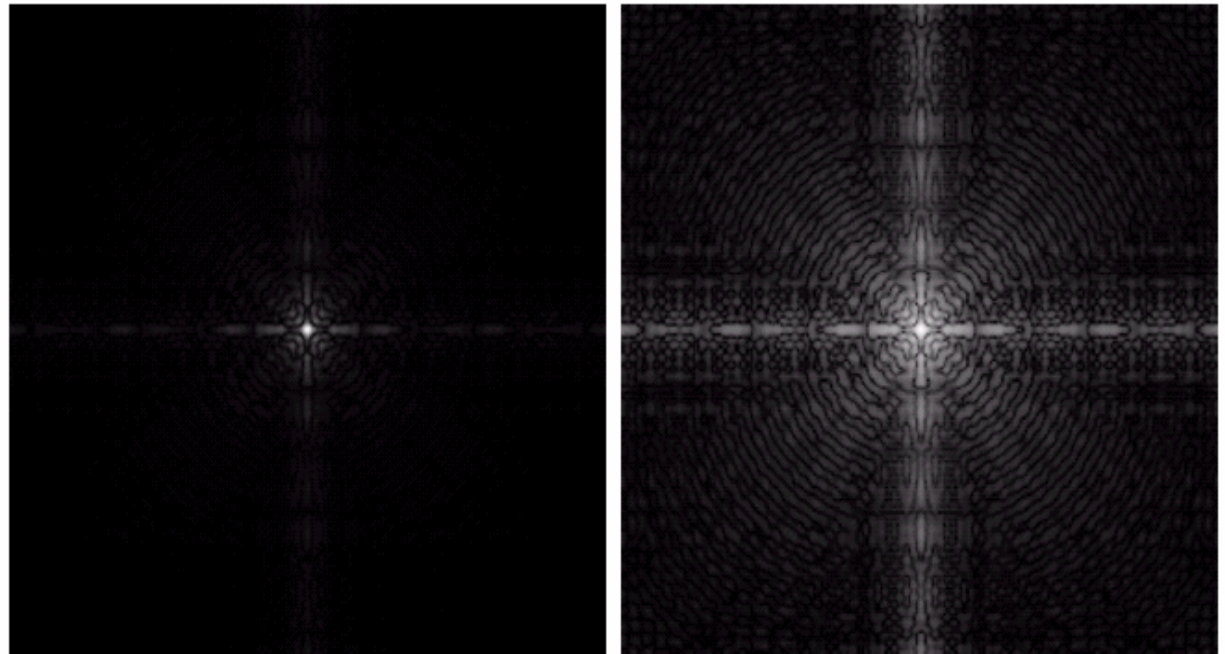
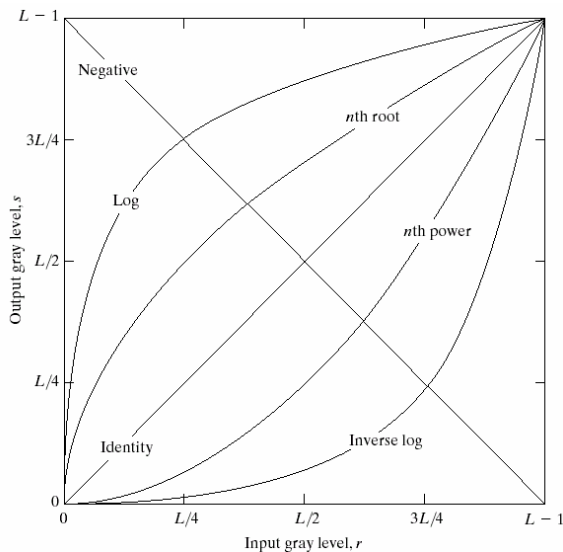
- Biến đổi âm bản
  - Chuyển đổi dương bản thành âm bản;
  - $v = f(u) = L - 1 - u$
  - Dùng để tăng cường các chi tiết trắng hoặc xám trên nền tối





# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

- Biến đổi dải động:
  - Nén dải động: biến đổi logarithm mức đơn sắc
    - Mở rộng các giá trị trong dải tối và làm tăng cường các chi tiết nằm trong vùng tối
    - $v = f(u) = c \log(1 + |u|)$

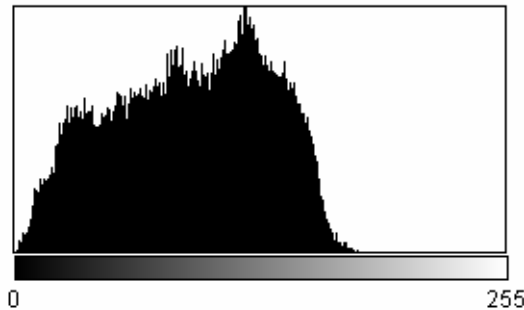
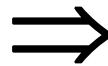


# Các phương pháp xử lý trên điểm ảnh

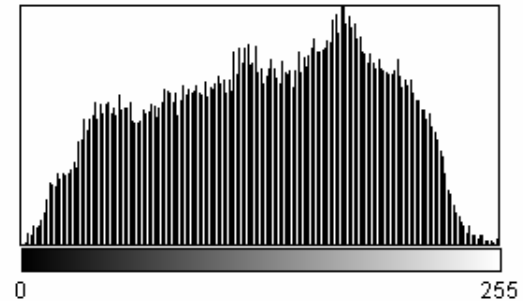
- Biến đổi tuyến tính dải động:  $v = au + b$



$$v = au + b$$



Count: 65536  
Mean: 91.187  
StdDev: 40.548  
Min: 0  
Max: 184  
Mode: 121 (661)



Count: 65536  
Mean: 130.396  
StdDev: 57.981  
Min: 0  
Max: 255  
Mode: 173 (661)

# Các phương pháp xử lý Histogram

- Các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh dựa trên xử lý histogram:
  - Cân bằng histogram ( histogram equalization );
  - Biến đổi histogram ( histogram modification );
  - Đặc trưng hóa histogram ( histogram specification );



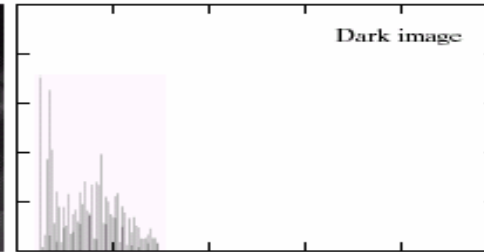
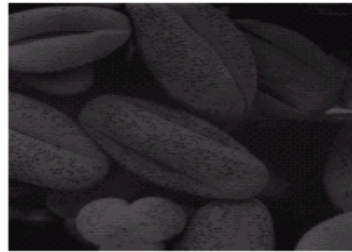
# Các phương pháp xử lý Histogram

- Các phương pháp xử lý histogram:
  - Histogram: phân bố các mức xám trong ảnh;
  - Là đánh giá gần đúng hàm mật độ phân bố xác suất;
  - $h(u)$  = Số lượng điểm ảnh có giá trị mức xám bằng  $u$ ;
  - Xác suất xuất hiện của một giá trị mức xám trên ảnh:
$$p_u(x_i) = \frac{h(x_i)}{\sum_{i=0}^{L-1} h(x_i)}, i = 0, 1, \dots, L-1$$
  - Mô hình biểu diễn ảnh: mô hình ngẫu nhiên với giả thiết:
    - Mỗi điểm ảnh là một giá trị của các hàm ngẫu nhiên độc lập với cùng một phân bố xác suất

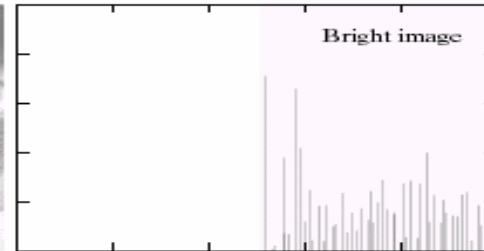
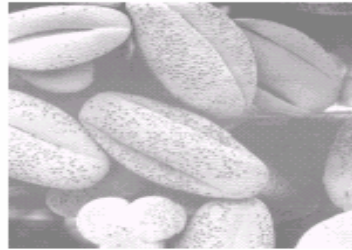
# Các phương pháp xử lý Histogram

– Một số đặc điểm ảnh đa mức xám theo histogram

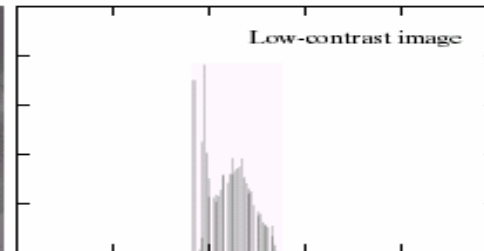
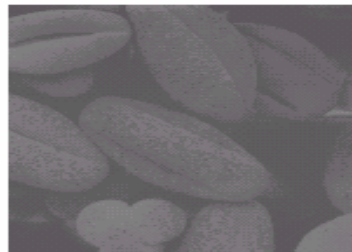
Ảnh thiếu  
sáng



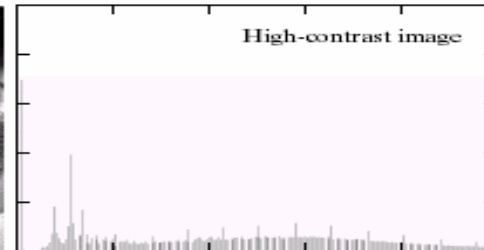
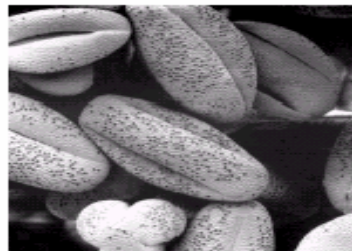
Ảnh thừa  
sáng



Ảnh có độ  
tương  
phản thấp

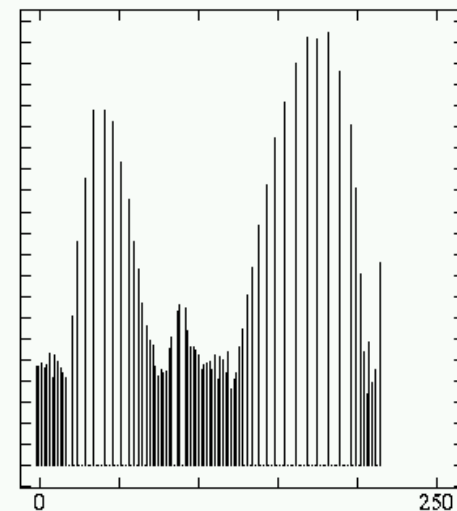
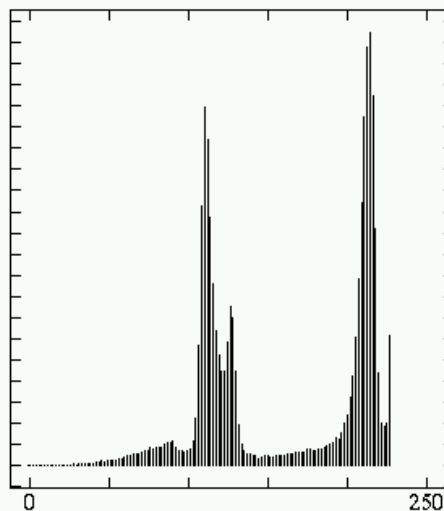
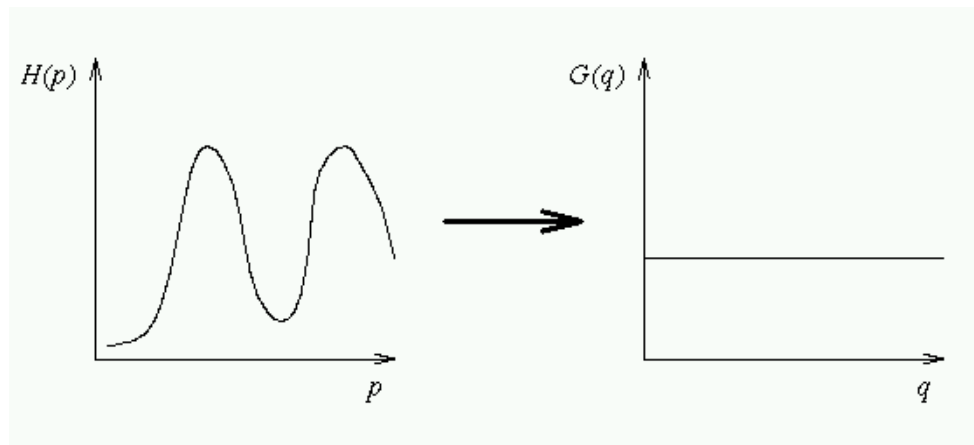


Ảnh có độ  
tương  
phản cao



# Các phương pháp xử lý Histogram

- Cân bằng histogram:
  - Ánh xạ độ chói của ảnh vào vùng giá trị mới sao cho histogram mới nhận được có dạng phân bố đều.



# Các phương pháp xử lý Histogram

– Ý tưởng:

- Xét biến ngẫu nhiên  $U$ : phân bố liên tục trên đoạn  $[0, 1]$ , xây dựng biến ngẫu nhiên  $V$  từ  $U$ :

$$V = F_U(u) = P[U \leq u] = \int_0^u p_U(x) dx$$

- Biến ngẫu nhiên  $V$  phân bố đều trên đoạn  $[0, 1]$  khi và chỉ khi:  $F_V(v) = v$  vì:

$$F_V(v) = P[V \leq v] = P[F_U(u) \leq v] = P[U \leq F_U^{-1}(v)] = F_U(F_U^{-1}(v)) = v$$

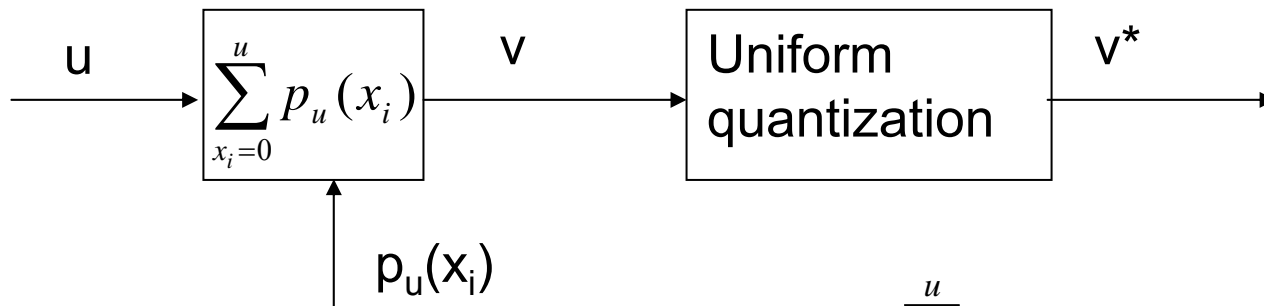
- Như vậy, ta sẽ ánh xạ độ chói  $u$  vào  $v$ : khi đó  $v$  sẽ phân bố gần như đều đối với  $u$  có phân bố rời rạc

# Các phương pháp xử lý Histogram

– Thuật toán:

- Ảnh ban đầu  $U$  có  $u$  nhận các giá trị mức xám  $x_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, L - 1$ ;
- Xác suất xuất hiện các mức xám trong ảnh ban đầu:

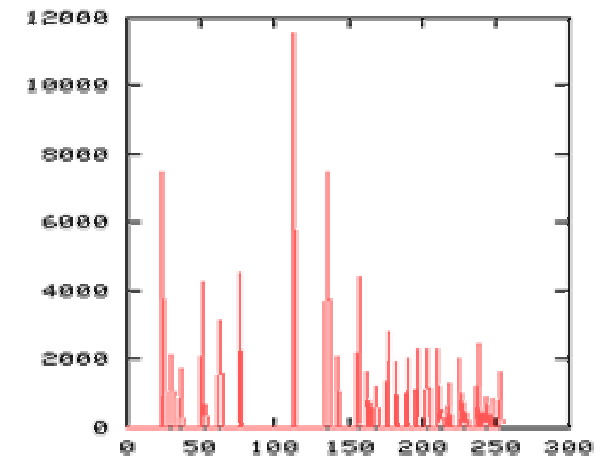
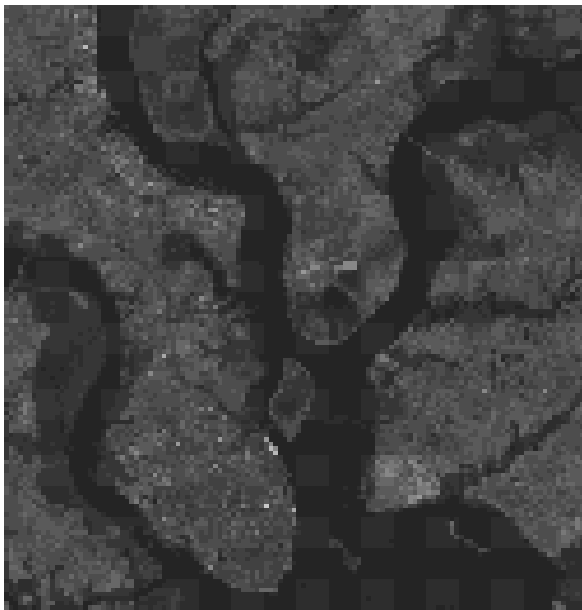
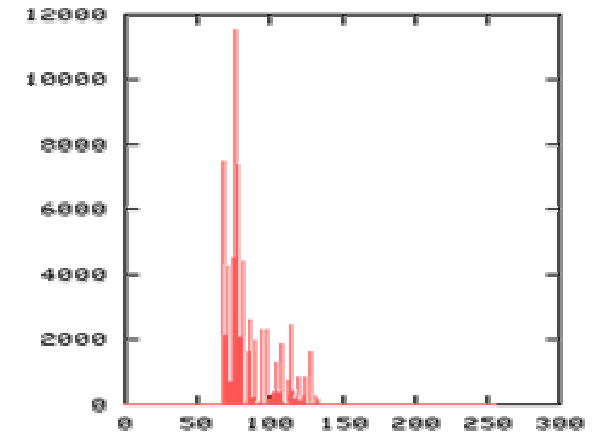
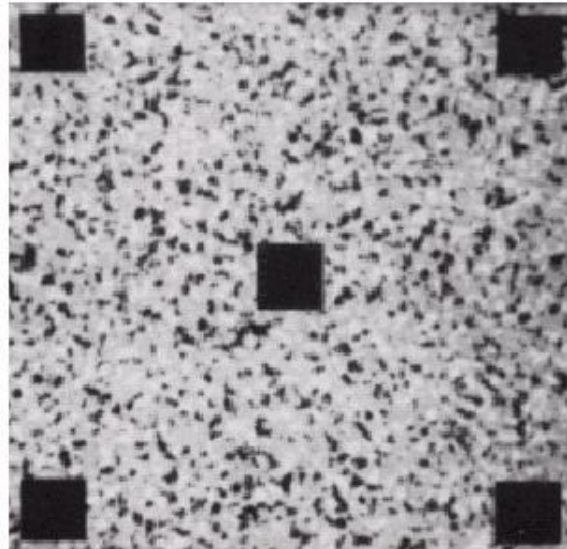
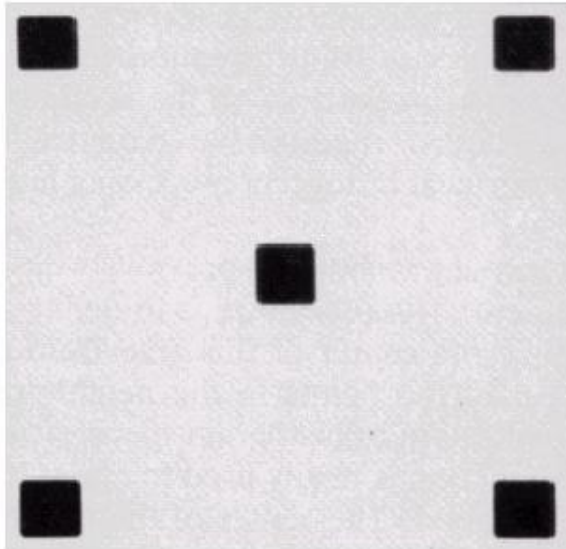
$$p_u(x_i) = \frac{h(x_i)}{\sum_{i=0}^{L-1} h(x_i)}, \quad i = 0, 1, \dots, L - 1$$



- Biến ngẫu nhiên phân bố đều  $v$ :  $v(u) = \sum_{x_i}^u p_u(x_i)$

- Giá trị điểm ảnh mới:  $v^*(u) = \text{Int} \left[ \frac{(v(u) - v_{\min})}{1 - v_{\min}} (L - 1) + 0.5 \right]$

# Các phương pháp xử lý Histogram



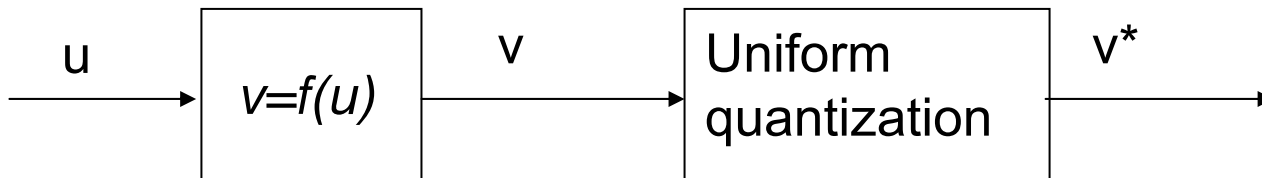
# Các phương pháp xử lý Histogram

- Biến đổi histogram
  - Mở rộng của cân bằng histogram với các hàm biến đổi khác.
  - Trong cân bằng histogram:  $v = f(u) = \sum_{x_i}^u p_u(x_i)$
  - Trong các trường hợp khác:  $v = f(u)$ , trong đó hàm  $f$  có thể là:

$$v = f(u) = \log(1 + u), u \geq 0$$

$$v = f(u) = u^{1/n}, u = 2, 3, \dots$$

$$v = f(u) = \frac{\sum_{x_i=0}^u p_u^{1/n}(x_i)}{\sum_{x_i}^{x_{L-1}} p_u^{1/n}(x_i)}, \quad n = 2, 3, 4, \dots$$



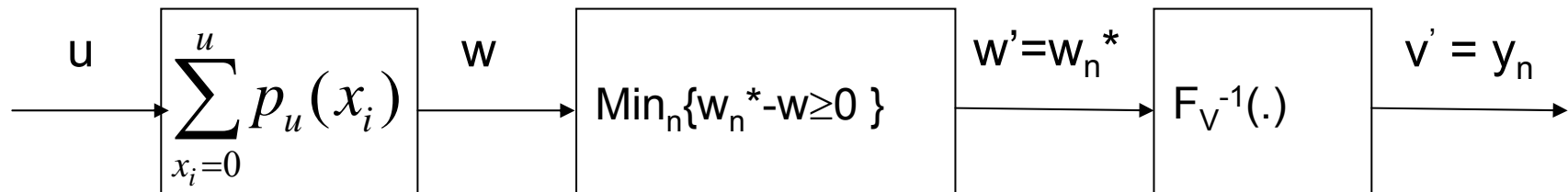
# Các phương pháp xử lý Histogram

- Đặc trưng hóa histogram

- Ảnh đầu vào có histogram nhận một phân bố cho trước;
- $W$  – biến ngẫu nhiên phân bố đều:
- $W = F_U(u) = F_V(v) \Rightarrow V = F_V^{-1}(W) = F_V^{-1}(F_U(u))$
- $u$  và  $v$  nhận các giá trị rời rạc  $x_i$  và  $y_i$ ,  $i=0, 1, 2, \dots, L-1$ ,

$$w = \sum_{x_i=0}^u p_u(x_i) \quad w^* = \sum_{i=0}^k p_v(y_i), \quad k = 0, 1, \dots, L-1$$

- Với  $w'$  là giá trị của  $w_n^*$  sao cho  $w_n^* - w \geq 0$  với giá trị nhỏ nhất của  $n$ , khi đó  $v' = y_n$  là giá trị đầu ra tương ứng với  $u$





# Lọc ảnh

- Khái niệm nhiễu;
- Các phép lọc trên miền không gian;
- Các phép lọc trên miền tần số.

# Khái niệm tạp nhiễu

- Ảnh thường chịu biến dạng do nhiễu ngẫu nhiên;
- Nhiễu xuất hiện trong quá trình thu nhận ảnh, truyền tin hoặc trong quá trình xử lý;
- Nhiễu có thể phụ thuộc hoặc độc lập với nội dung ảnh;
- Nhiễu thường được biểu diễn bằng các thuộc tính thống kê;

# Khái niệm tạp nhiễu

- Nhiễu trắng:
  - Là nhiễu có phổ năng lượng không đổi;
  - Cường độ nhiễu trắng không đổi khi tần số tăng;
  - Thông thường nhiễu trắng được sử dụng để xấp xỉ thô tạp nhiễu trong nhiều trường hợp;
  - Hàm tự tương quan của nhiễu trắng là hàm  $\delta$ -ta. Như vậy nhiễu trắng không tương quan tại hai mẫu bất kỳ;
  - Sử dụng nhiễu trắng là mô hình nhiễu đơn giản nhất và có lợi về mặt tính toán.

# Khái niệm tạp nhiễu

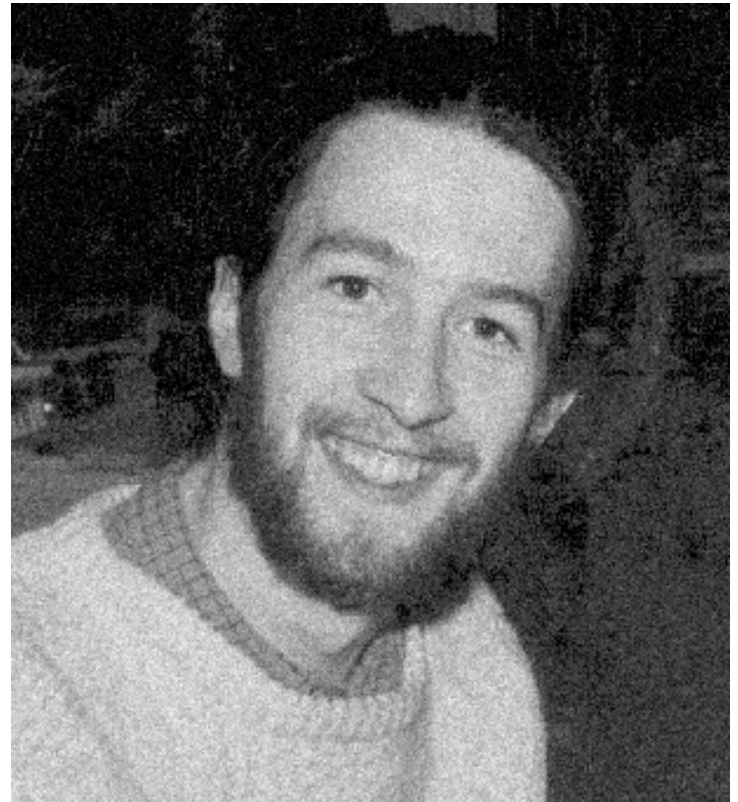
## – Nhiễu Gauss

- Là trường hợp đặc biệt;
- Nhiễu Gauss là dạng xấp xỉ nhiễu tốt trong nhiều trường hợp thực tế;
- Mật độ phân bố xác suất của nhiễu được đặc trưng bằng hàm Gauss;
- Trong trường hợp một chiều, nhiễu Gauss được đặc trưng bằng giá trị trung bình  $\mu$  và độ lệch tiêu chuẩn của biến ngẫu nhiên ( phương sai  $\sigma^2$  )

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

# Khái niệm tạp nhiễu

- Ảnh chịu ảnh hưởng của nhiễu Gauss với trị trung bình không và phương sai bằng 13:



# Khái niệm tạp nhiễu

– Một số dạng ảnh hưởng nhiễu:

- Nhiễu cộng:

$$f(m, n) = g(m, n) + v(m, n)$$

trong đó nhiễu  $v(m, n)$  độc lập thống kê với tín hiệu;

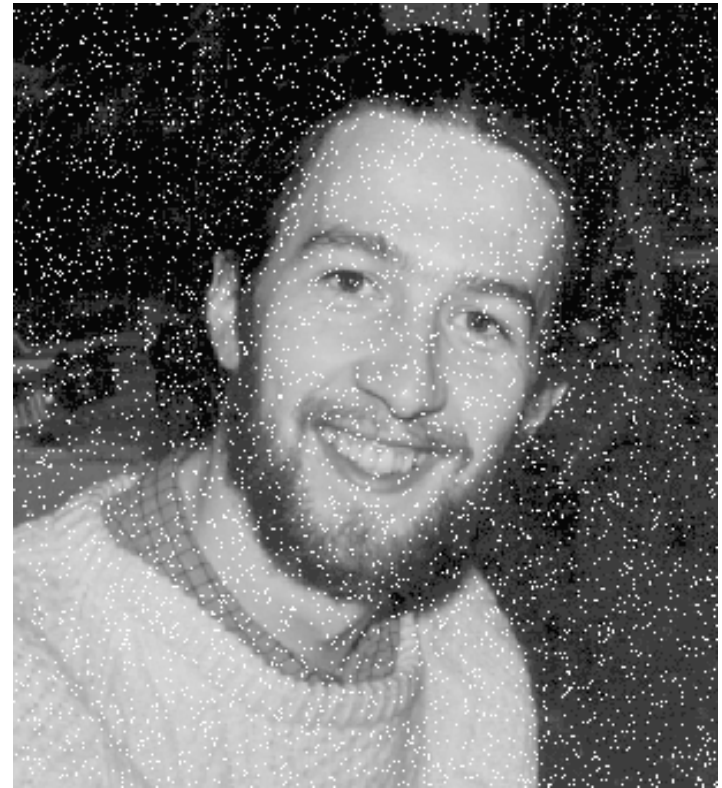
- Nhiễu nhân: nhiễu là hàm của biên độ tín hiệu

$$\begin{aligned} f(m, n) &= g(m, n) + v(m, n)g(m, n) = \\ &= g(m, n)(1 + v(m, n)) = \\ &= g(m, n)n(m, n) \end{aligned}$$

- Nhiễu xung: khi trên ảnh xuất hiện các điểm nhiễu riêng biệt có độ sáng khác biệt lớn so với các điểm lân cận;
- Nhiễu dạng muối tiêu: xuất hiện khi ảnh bị bão hòa bởi nhiễu xung. Khi đó ảnh sẽ bị ảnh hưởng của các điểm nhiễu đen trắng.

# Khái niệm tạp nhiễu

- Ví dụ nhiễu dạng muối tiêu: với tỷ lệ nhiễu là 1% và 5% tương ứng. Giá trị của các điểm ảnh trong khoảng  $[0, 255]$ .



# Các phép lọc trên miền không gian

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



# Các phép lọc trên miền không gian

- Mặt nạ không gian

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

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

- Biểu diễn trên miền tần số:

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

- Các ứng dụng:

- Lọc làm trơn: lọc thấp;
- Lọc làm nét: lọc cao

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

# Các phép lọc trên miền không gian

- Phương pháp lọc trung bình

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

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

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

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

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

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

# Các phép lọc trên miền không gian

- Lọc trung bình là lọc làm trơn nhiều:

$$\mathbf{x}(\mathbf{m}, \mathbf{n}) = \mathbf{s}(\mathbf{m}, \mathbf{n}) + \boldsymbol{\eta}(\mathbf{m}, \mathbf{n})$$

- $\eta(m,n)$  - nhiều trắng với giá trị trung bình không và phương sai  $\sigma_{\eta}^2$ .

- Một số dạng mặt nạ bộ lọc:

$$\begin{array}{c|cc}
 & 0 & 1 \\
 \hline
 k & & \\
 0 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1
 \end{array}$$
$$\begin{array}{c|ccc}
 & 1 & -1 & 0 & 1 \\
 \hline
 k & & & & \\
 -1 & \downarrow & 1 & 1 & 1 \\
 0 & \frac{1}{9} & 1 & 1 & 1 \\
 1 & & 1 & 1 & 1
 \end{array}$$
$$\begin{array}{c|cc|ccc} k & l & & -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & & & 0 & 1 & 0 \\ 0 & & & 1 & 2 & 1 \\ 1 & & & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

# Các phép lọc trên miền không gian

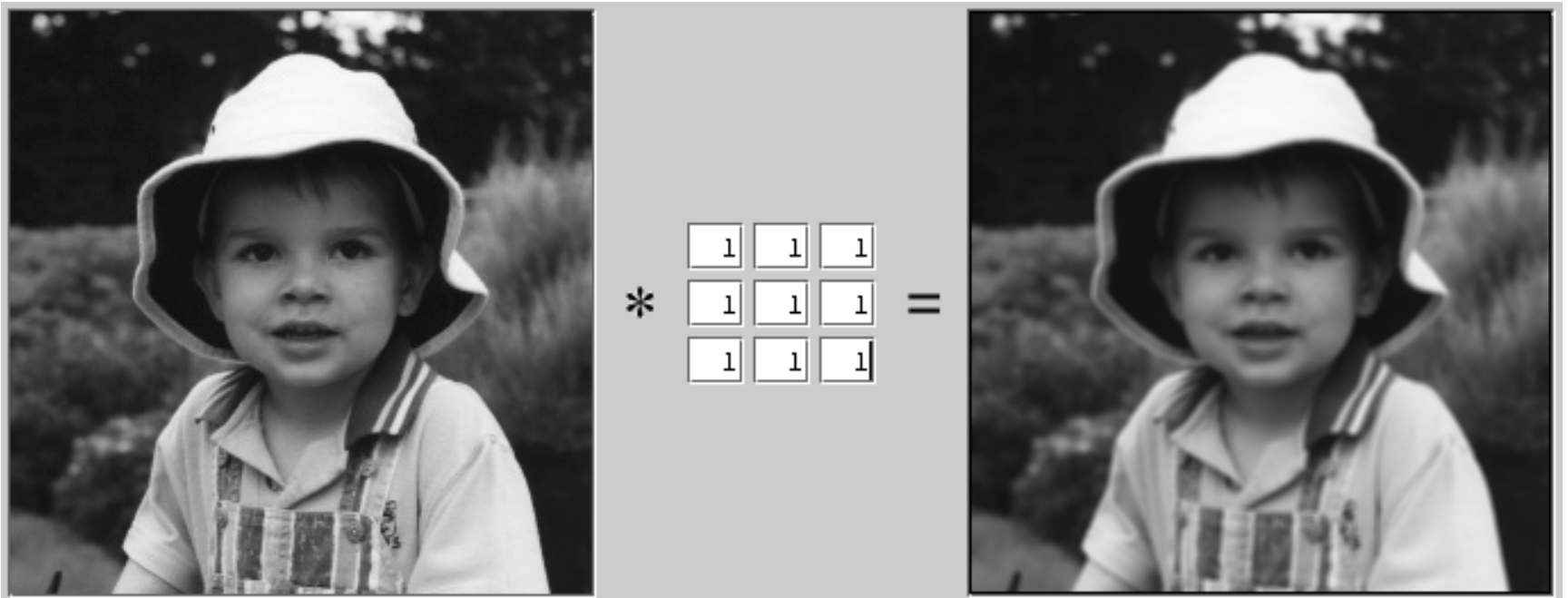
- Lọc trung bình không gian có dạng:

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

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

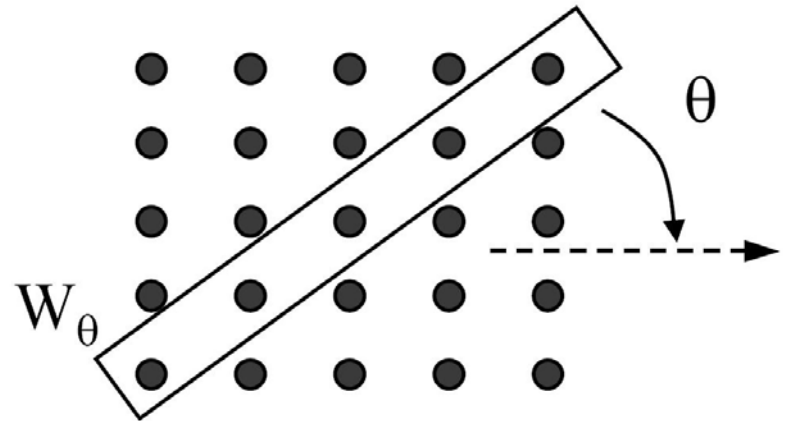
# Các phép lọc trên miền không gian

- Nhược điểm:
  - Làm mờ đường nét trên ảnh
- Ví dụ:



# Các phép lọc trên miền không gian

- Lọc trung bình theo hướng
  - Làm trơn nhiều dọc theo các đường nét;
  - Ngăn chặn làm trơn cắt ngang đường nét;
  - Làm trơn theo hướng
    - Tính phép lọc trung bình dọc theo một số hướng;
    - Lấy kết quả theo hướng sinh ra sự biến đổi nhỏ nhất trước và sau khi lọc;



# Các phép lọc trên miền không gian

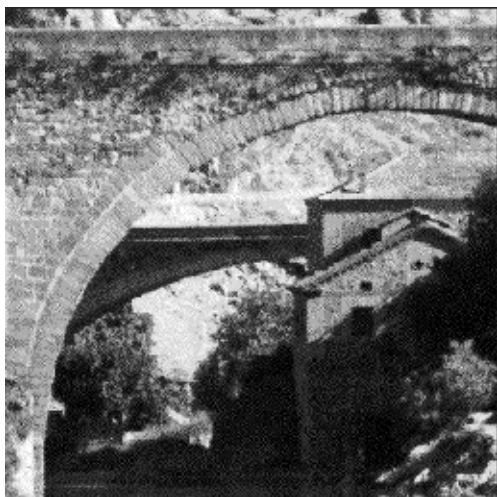
- Lọc trung vị
  - Dùng trong trường hợp:
    - Xuất hiện các điểm nhiễu cô lập ngẫu nhiên dàn trải trên ảnh;
    - Lọc trung bình có thể làm ảnh bị mờ;
  - Phương pháp lọc trung vị:
    - Lấy điểm trung vị trong dãy được sắp các giá trị trong cửa sổ;
    - Lọc trung vị là lọc phi tuyến:
$$\text{Median}\{x(m) + y(m)\} \neq \text{Median}\{x(m)\} + \text{Median}\{y(m)\}$$
    - Thông thường cửa sổ có số điểm lẻ: 3x3, 5x5, 5 điểm +;
    - Cửa sổ có số điểm chẵn: lấy giá trị trung bình của 2 điểm ở giữa

# Các phép lọc trên miền không gian

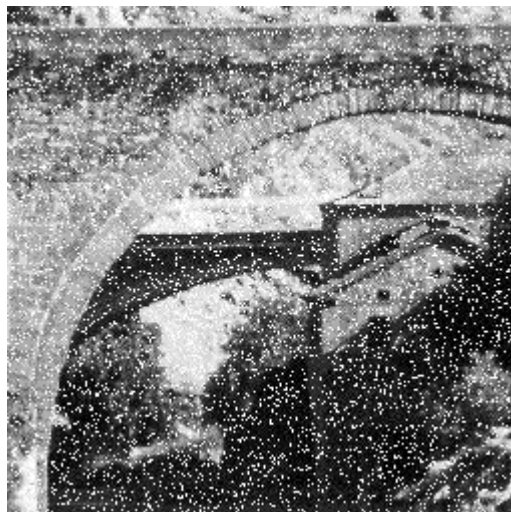




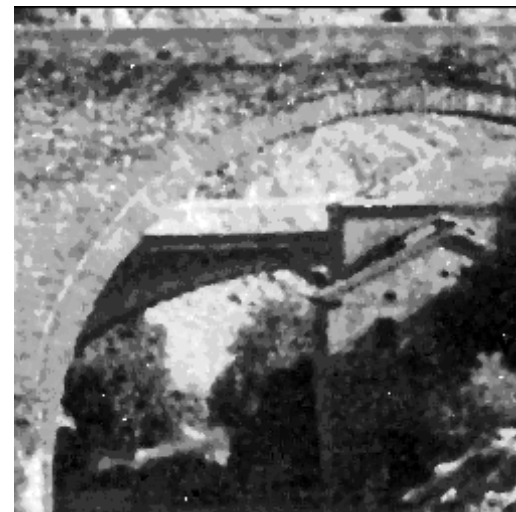
# Các phép lọc trên miền không gian



Ảnh ban đầu



Ảnh có nhiễu



Ảnh sau khi lọc trung vị 3x3



Lọc trung bình 5x5



Lọc trung vị 3x3, lặp 3 lần



Lọc trung vị 5x5

# Các phép lọc trên miền không gian

- Lọc làm nét:
  - Mục đích:
    - Làm tăng cường các thành phần chi tiết thanh mảnh của ảnh;
    - Làm nét các thành phần chi tiết bị mờ, nhòe.
  - Phương pháp:
    - Các thành phần chi tiết thanh mảnh – đường nét tương ứng với các thành phần tần số cao;
    - Dùng các bộ lọc thông cao để tìm các thành phần tần số cao trong ảnh và làm nét ảnh;
    - Nhược điểm: khi làm nét các chi tiết thanh mảnh, các thành phần nhiễu cũng được làm tăng cường.

# Các phép lọc trên miền không gian

– Các bước thực hiện:

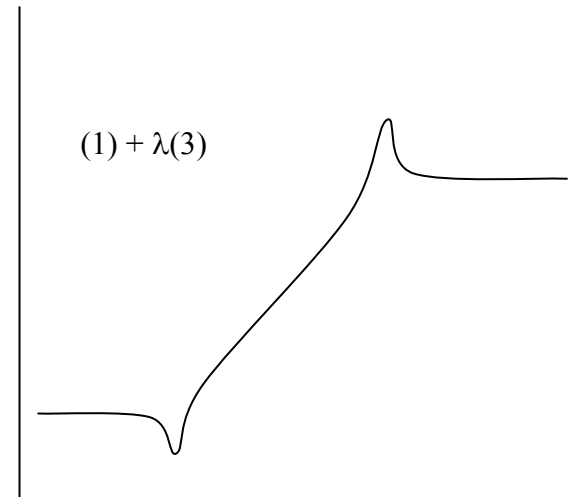
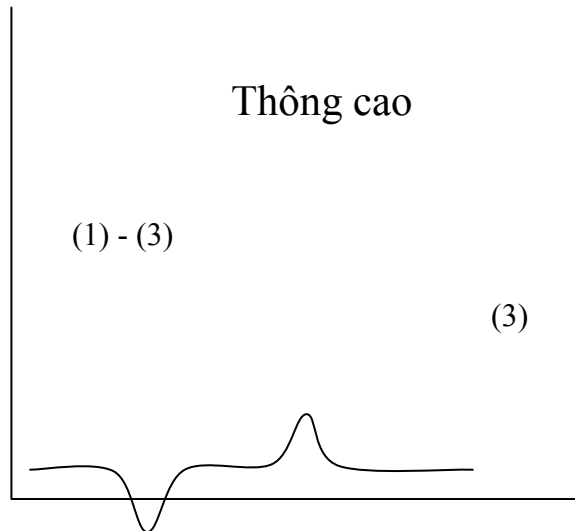
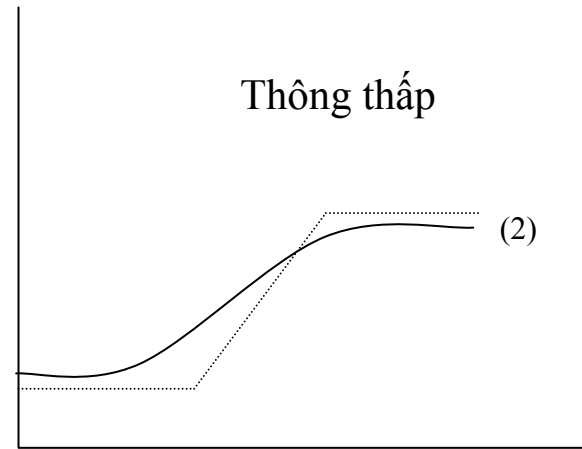
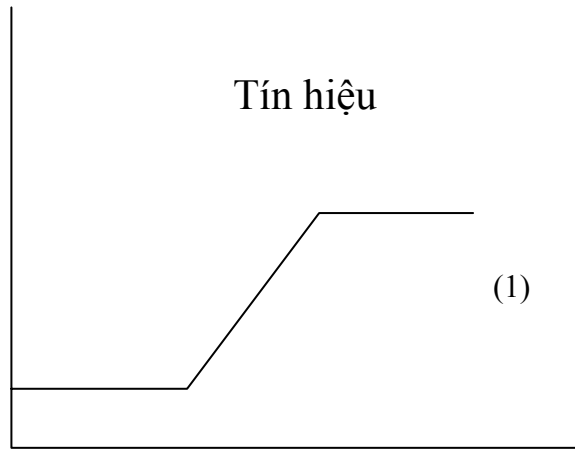
- Xác định đường nét: lọc các thành phần tần cao bằng các bộ lọc thông cao;
- Tăng cường đường nét trên ảnh: cộng các thành phần biến thiên nhanh vào ảnh – làm tăng cường các thành phần biến thiên nhanh.

$$v(m,n) = s(m,n) + \lambda g(m,n)$$

Trong đó  $g(m, n)$  là thành phần biến thiên nhanh.

- Các thành phần biến thiên nhanh có thể được xác định bằng phương pháp đạo hàm( cấp 1 hoặc cấp 2)

# Các phép lọc trên miền không gian



# Các phép lọc trên miền không gian

– Tách các thành phần biến thiên nhanh:

- $G(m, n)$ : gradient tại điểm  $(m, n)$ ;
- Đáp ứng xung của bộ lọc đạo hàm bậc hai Laplace:

$$g(m, n) = \Delta s(m, n) = s(m, n) - \frac{1}{4} [s(m-1, n) + s(m, n-1) + s(m+1, n) + s(m, n+1)]$$

- Đặc điểm của bộ lọc đạo hàm Laplace:
  - Đạo hàm bậc 2:

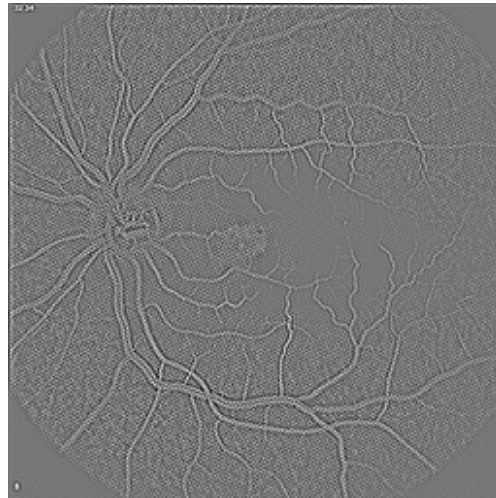
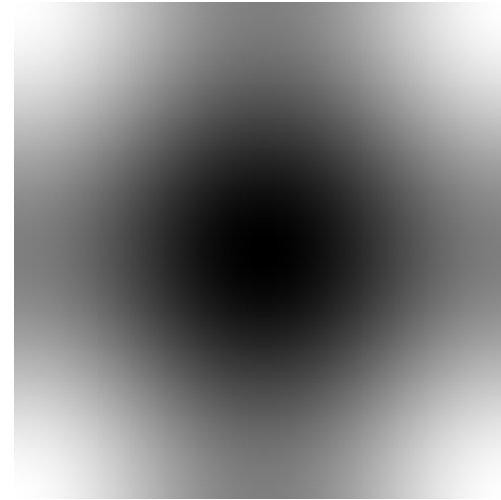
$$\Delta f(x, y) = \nabla(\nabla f(x, y)) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

- Các hệ số dương nằm gần tâm
- Các hệ số âm nằm ở vùng ngoài biên;
- Tổng các hệ số của bộ lọc bằng 0: không có thành phần DC;

# Các phép lọc trên miền không gian

Bộ lọc đạo hàm bậc hai Laplace

$$H = \frac{1}{4} \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$



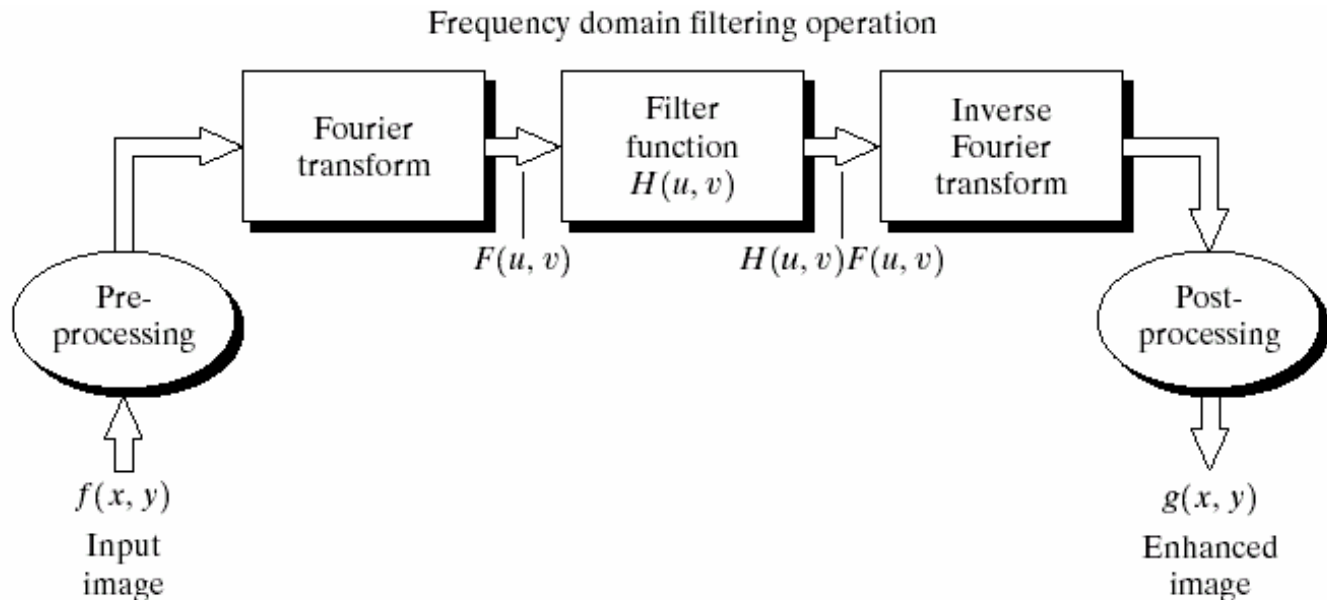
# Các phép lọc trên miền tần số

- Cơ sở các phép lọc cải thiện ảnh trên miền tần số
- Lọc thông thấp
  - Lọc thông thấp lý tưởng;
  - Lọc lũy thừa;
  - Lọc Butterworth;
- Lọc thông cao
  - Lọc thông cao từ lọc thông thấp;
  - Lọc thông cao lý tưởng;
  - Lọc thông cao lũy thừa;
  - Lọc thông cao Butterworth

# Cơ sở lọc trên miền tần số

Những bước cơ bản:

1. Tiền xử lý;
2. Tính biến đổi Fourier DFT của  $s(m, n)$  là  $S(u, v)$ ;
3. Áp dụng hàm lọc:  $G(u, v) = S(u, v)H(u, v)$
4. Biến đổi Fourier ngược  $g_1(m, n) = F^{-1}\{G(u, v)\}$
5. Hậu xử lý.



**FIGURE 4.5** Basic steps for filtering in the frequency domain.

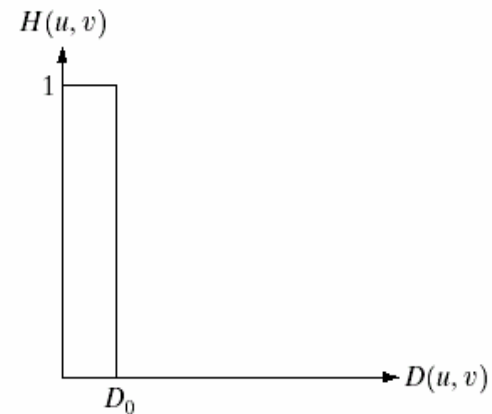
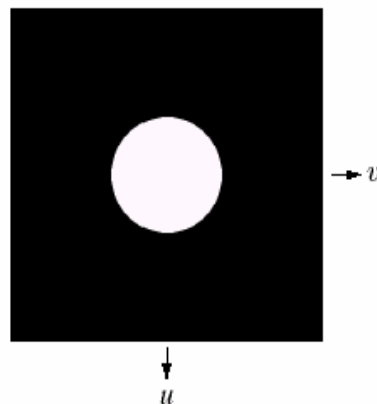
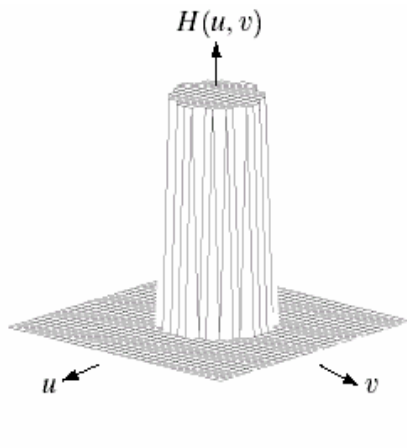
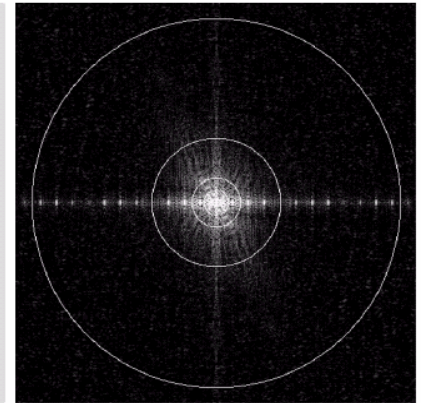
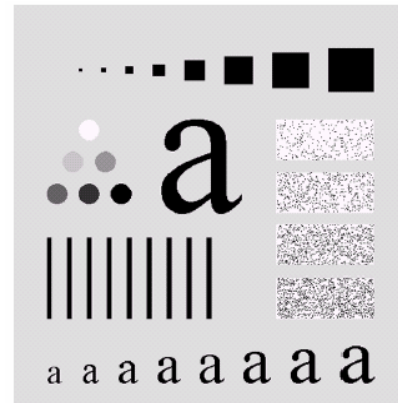


# Cơ sở lọc trên miền tần số

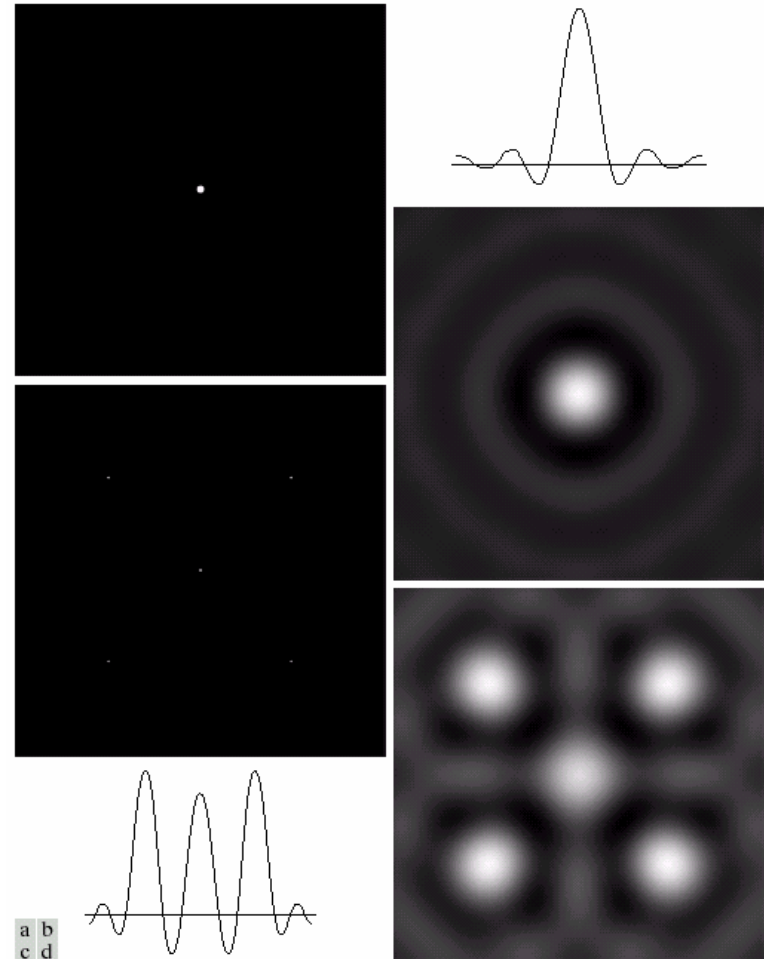
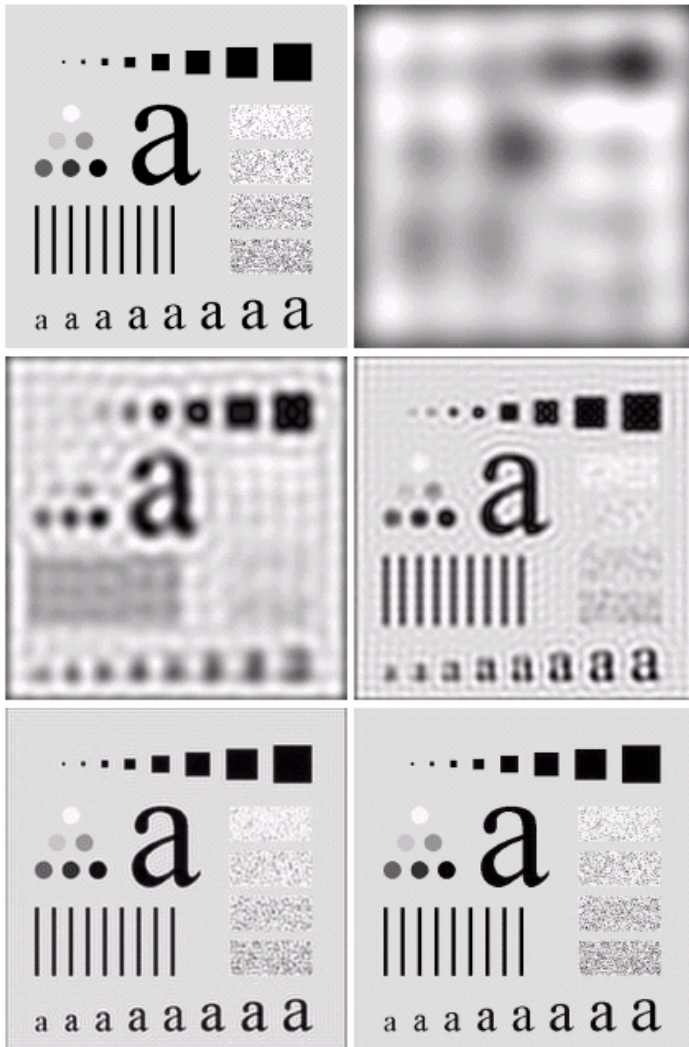
- Các bộ lọc thông thấp làm trơn ảnh và lọc nhiễu;
- Các bộ lọc thông cao làm nét ảnh và tách đường biên;
- Xây dựng bộ lọc thông cao từ bộ lọc thông thấp.

# Lọc thông thấp

- Bộ lọc thông thấp lý tưởng:
  - Tần số cắt  $D_0$  xác định % năng lượng được lọc bỏ;
  - Do không có tính trơn tại điểm cắt nên xuất hiện hiệu ứng Gibbs: gây nên hiện tượng run ảnh;



# Lọc thông thấp



**FIGURE 4.13** (a) A frequency-domain ILPF of radius 5. (b) Corresponding spatial filter (note the ringing). (c) Five impulses in the spatial domain, simulating the values of five pixels. (d) Convolution of (b) and (c) in the spatial domain.

# Lọc thông thấp

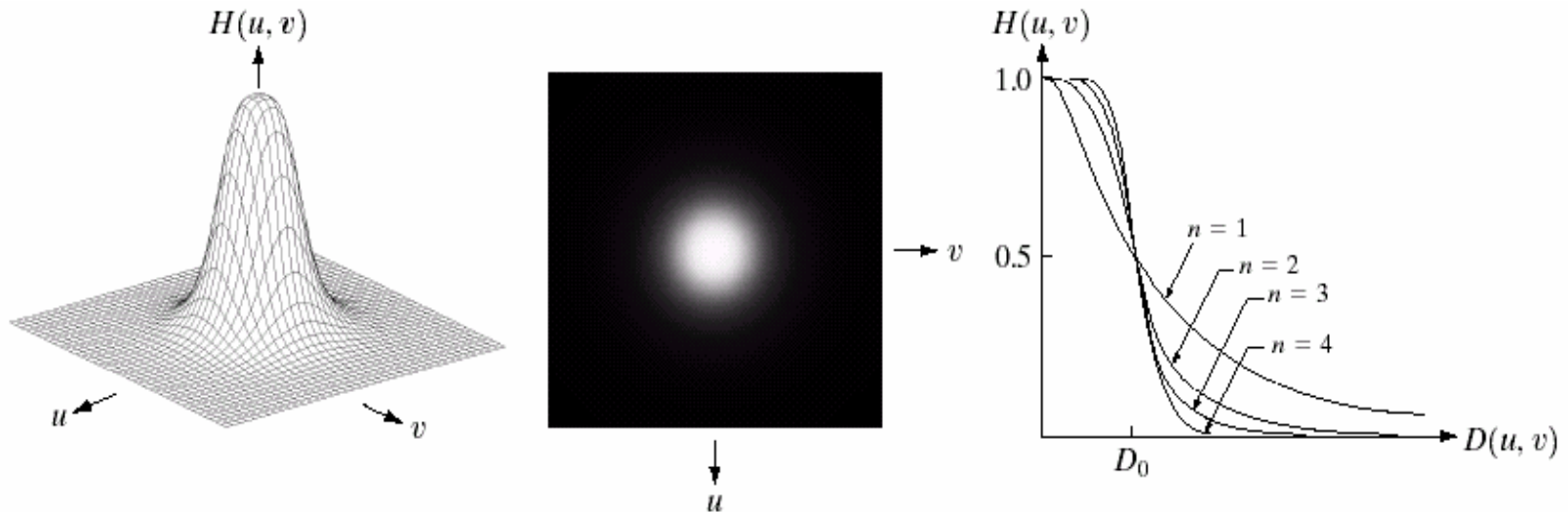
- Ví dụ lọc ảnh bằng bộ lọc thông thấp lý tưởng
  - Chú ý hiện tượng Gibbs khi cắt các thành phần tần số cao và đột biến tần



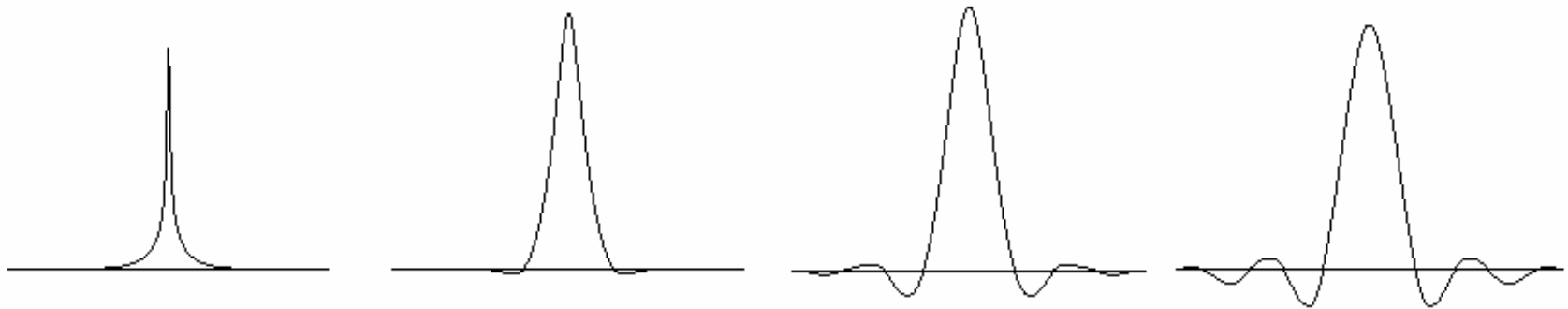
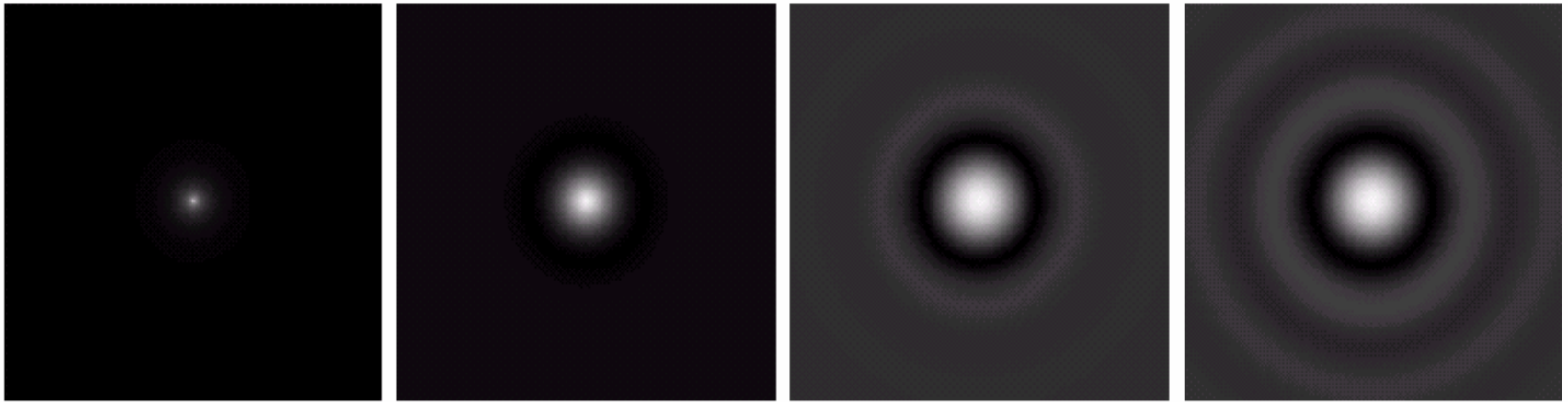
# Lọc thông thấp

- Lọc thông thấp Butterworth:
  - Lọc thông thấp; loại bỏ các thành phần tần số cao hơn  $D_0$  Tần số cắt  $D_0$  : xác định các mức năng lượng được loại bỏ;
  - Bậc của bộ lọc  $n$ : xác định độ nét của bộ lọc.  $n$  càng lớn, hiệu ứng loại bỏ các tần số cao càng lớn

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D(u, v) / D_0]^{2n}}$$



# Lọc thông thấp

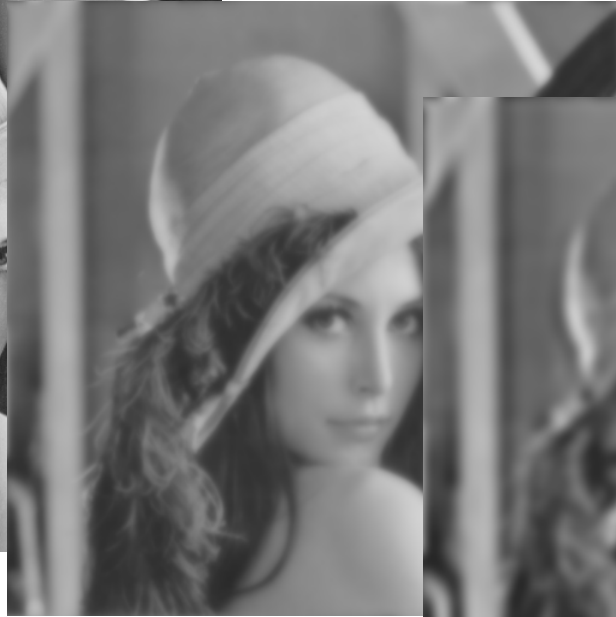


# Lọc thông thấp

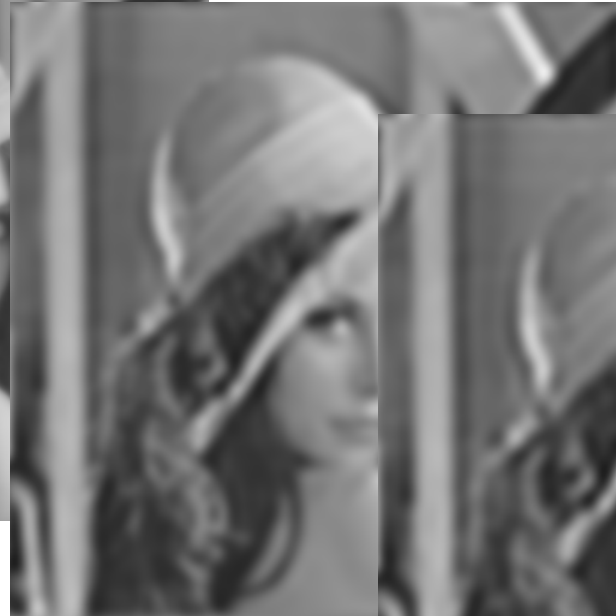
– Ảnh hưởng của các tham số  $n$  và  $D_0$



ảnh gốc



$n = 1$



$n = 3$



$n = 5$

$D_0=0.1$

# Lọc thông thấp

$n = 3$



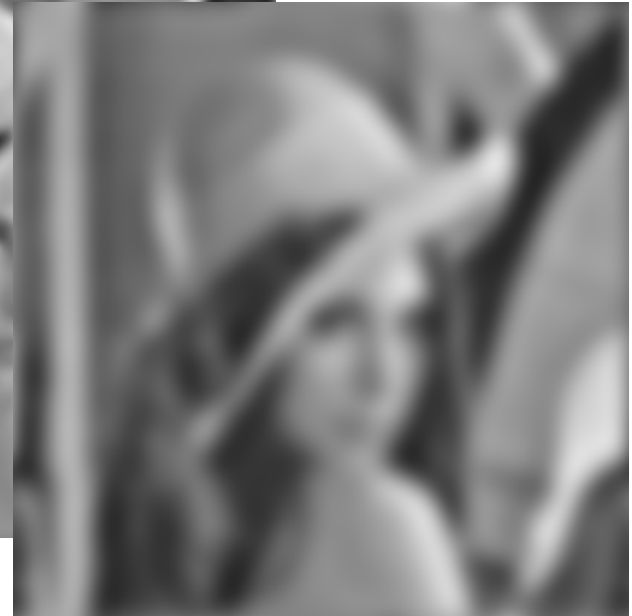
ảnh gốc



$D_0 = 0.2$



$D_0 = 0.1$



$D_0 = 0.05$



# Lọc thông thấp

– Đặc điểm của bộ lọc Butterworth:

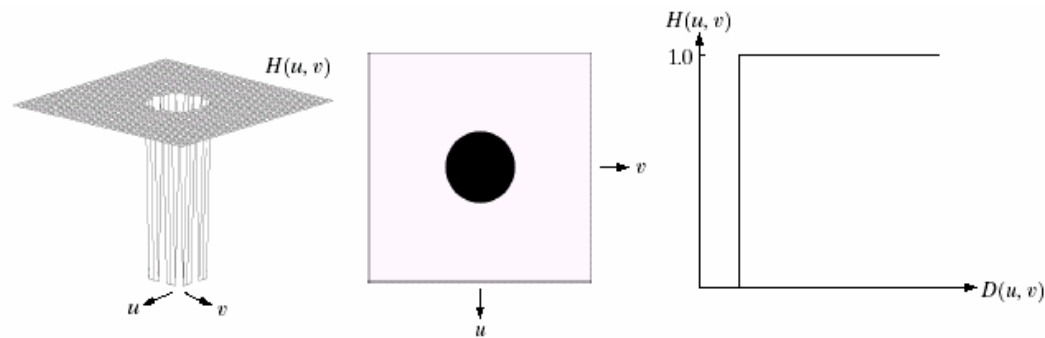
- Lọc thông thấp;
- Do làm suy giảm các thành phần tần cao nên làm mờ ảnh, đồng thời loại bỏ nhiễu;
- Do vẫn lưu giữ các thành phần tần cao ( tuy có làm suy giảm về biên độ ) nên ảnh vẫn sắc nét hơn so với lọc thông thấp lý tưởng với cùng tần số cắt  $D_0$ ;
- Do hàm có tính trơn tại mọi điểm ( kể cả tại điểm cắt ) nên làm suy giảm đáng kể hiệu ứng Gibbs;
- Dễ dàng điều khiển hiệu ứng của bộ lọc theo các tham số  $D_0$  và tham số bậc  $n$ .

# Lọc thông cao

- Các bộ lọc thông cao:

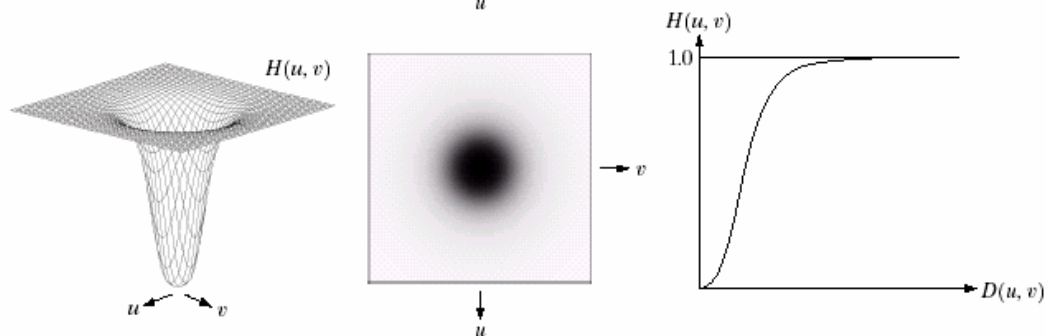
- Bộ lọc thông cao lý tưởng

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D(u, v) \leq D_o \\ 1 & \text{otherwise.} \end{cases}$$



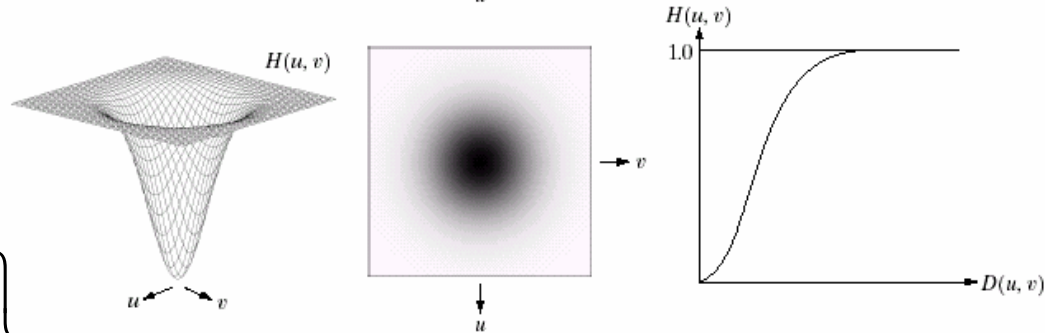
- Bộ lọc thông cao Butterworth

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D_0 / D(u, v)]^{2n}}$$

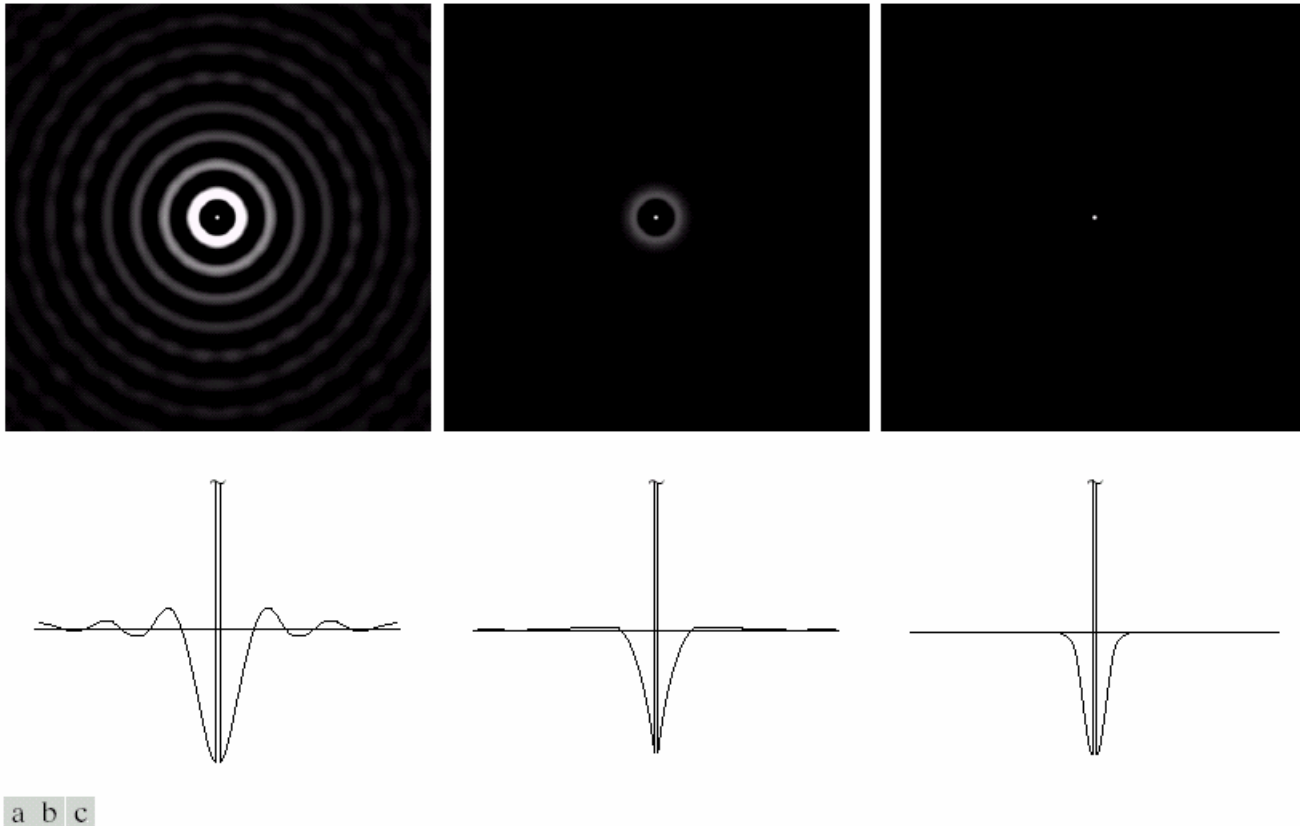


- Bộ lọc thông cao Gauss

$$H(u, v) = 1 - \exp\left\{-\frac{(D(u, v))^2}{2D_0^2}\right\}$$

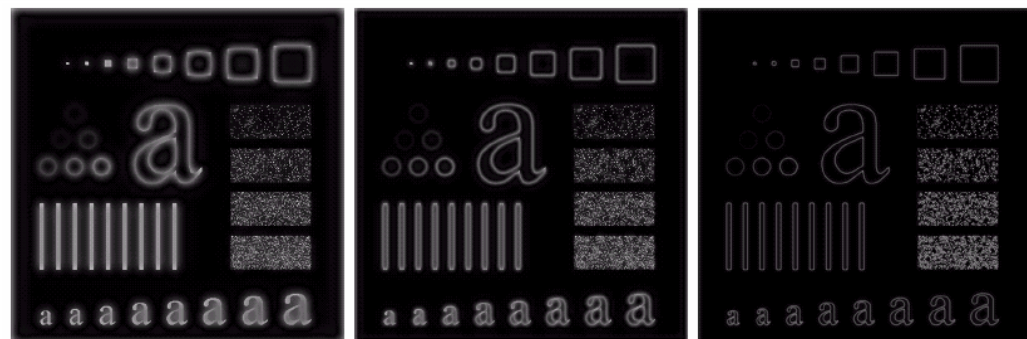
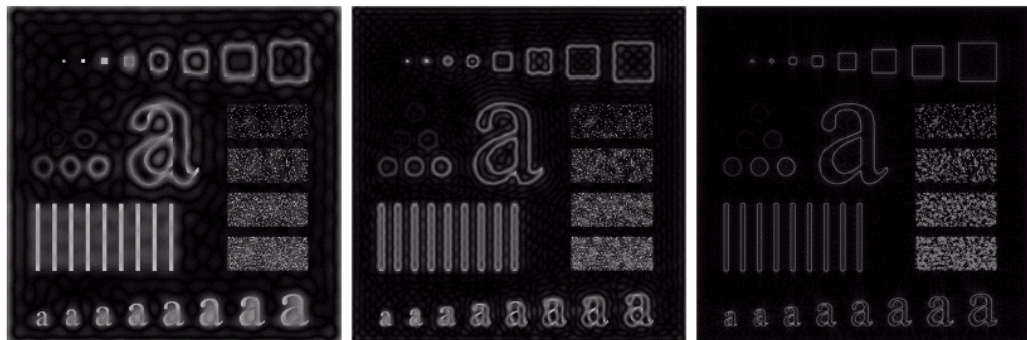


# Lọc thông cao



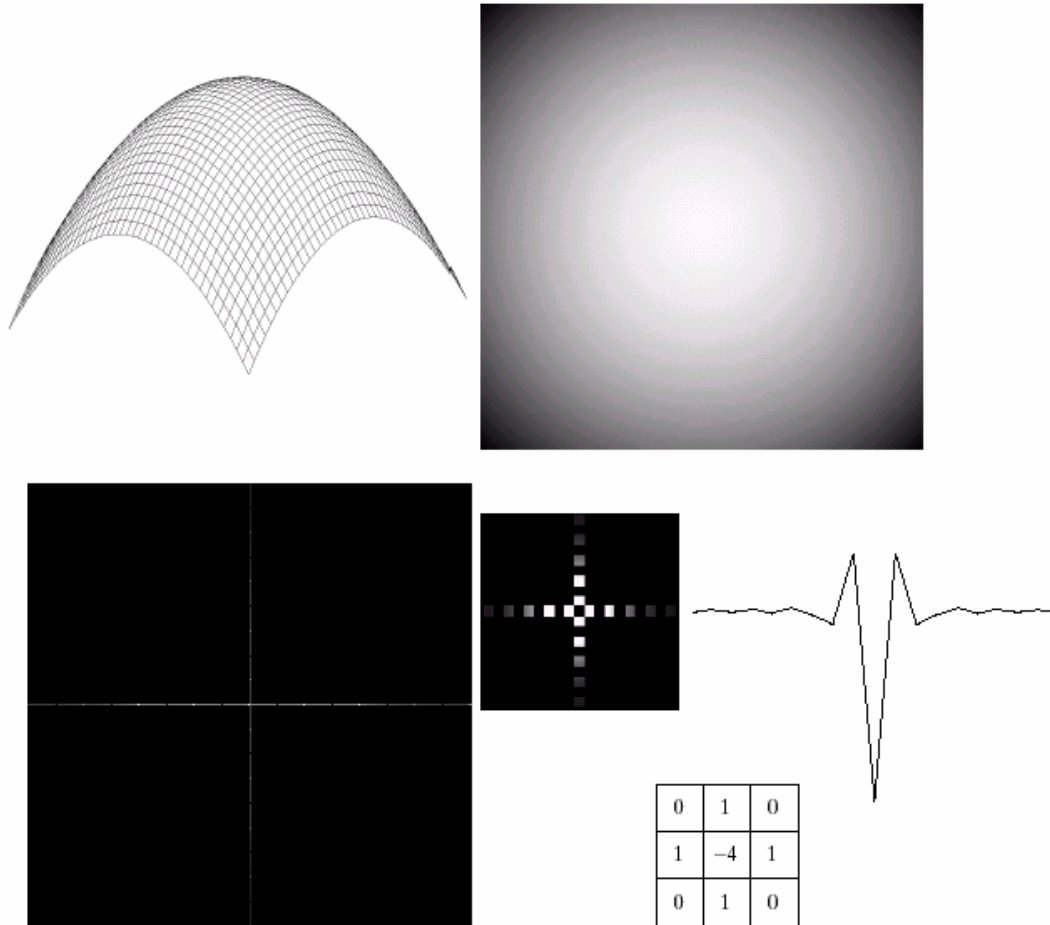
**FIGURE 4.23** Spatial representations of typical (a) ideal, (b) Butterworth, and (c) Gaussian frequency domain highpass filters, and corresponding gray-level profiles.

# Lọc thông cao



- Ideal HPF
  - $D_0 = 15, 30, 80$
- Butterworth HPF
  - $n = 2,$
  - $D_0 = 15, 30, 80$
- Gaussian HPF
  - $D_0 = 15, 30, 80$

# Lọc thông cao Laplace



- Biểu diễn 3D của toán tử Laplace;
- Ảnh 2D của toán tử Laplace;
- Đáp ứng miền không gian với vùng trung tâm được khuếch đại;
- Mặt nạ đáp ứng xấp xỉ

# Lọc thông cao Laplace

a	b
c	d

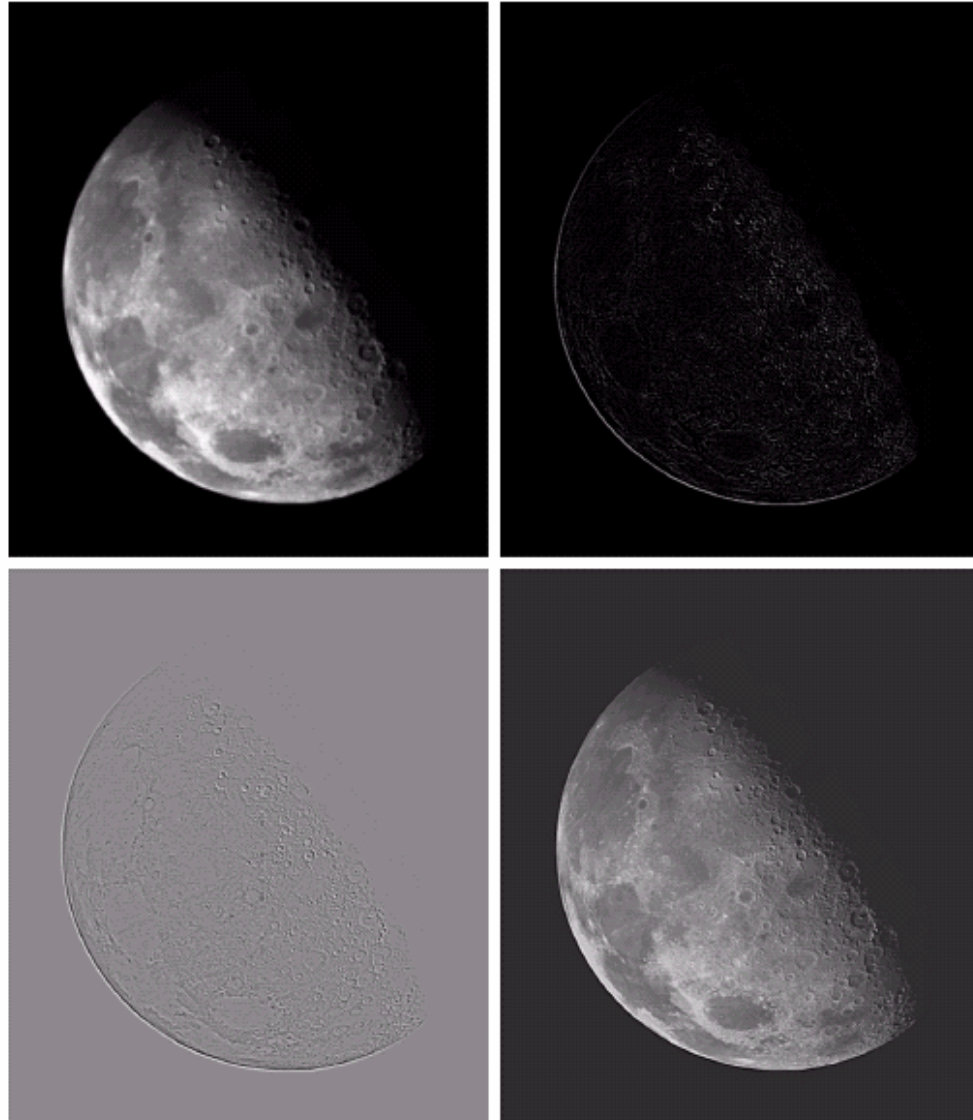
**FIGURE 4.28**

(a) Image of the North Pole of the moon.

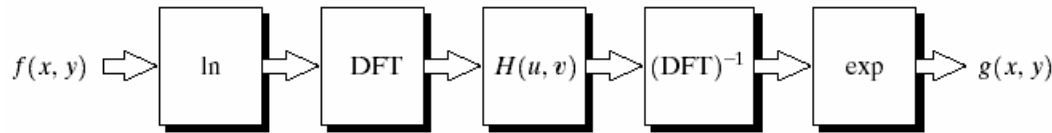
(b) Laplacian filtered image.

(c) Laplacian image scaled.

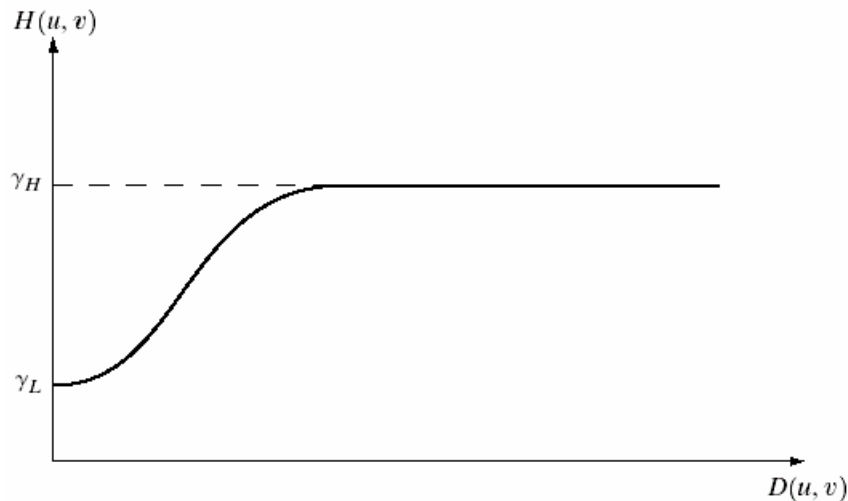
(d) Image enhanced by using Eq. (4.4-12). (Original image courtesy of NASA.)



# Lọc đồng hình



**FIGURE 4.31**  
Homomorphic  
filtering approach  
for image  
enhancement.



**FIGURE 4.32**  
Cross section of a  
circularly  
symmetric filter  
function.  $D(u, v)$   
is the distance  
from the origin of  
the centered  
transform.

- $\gamma_L$  và  $\gamma_H$  được chọn thỏa mãn  $\gamma_L < 1$  và  $\gamma_H > 1$ ;
- Hàm lọc có xu hướng làm suy giảm các thành phần tần thấp và tăng cường các thành phần tần cao;
- Kết quả cuối cùng là vừa thực hiện nén giải động và làm tăng cường độ tương phản.



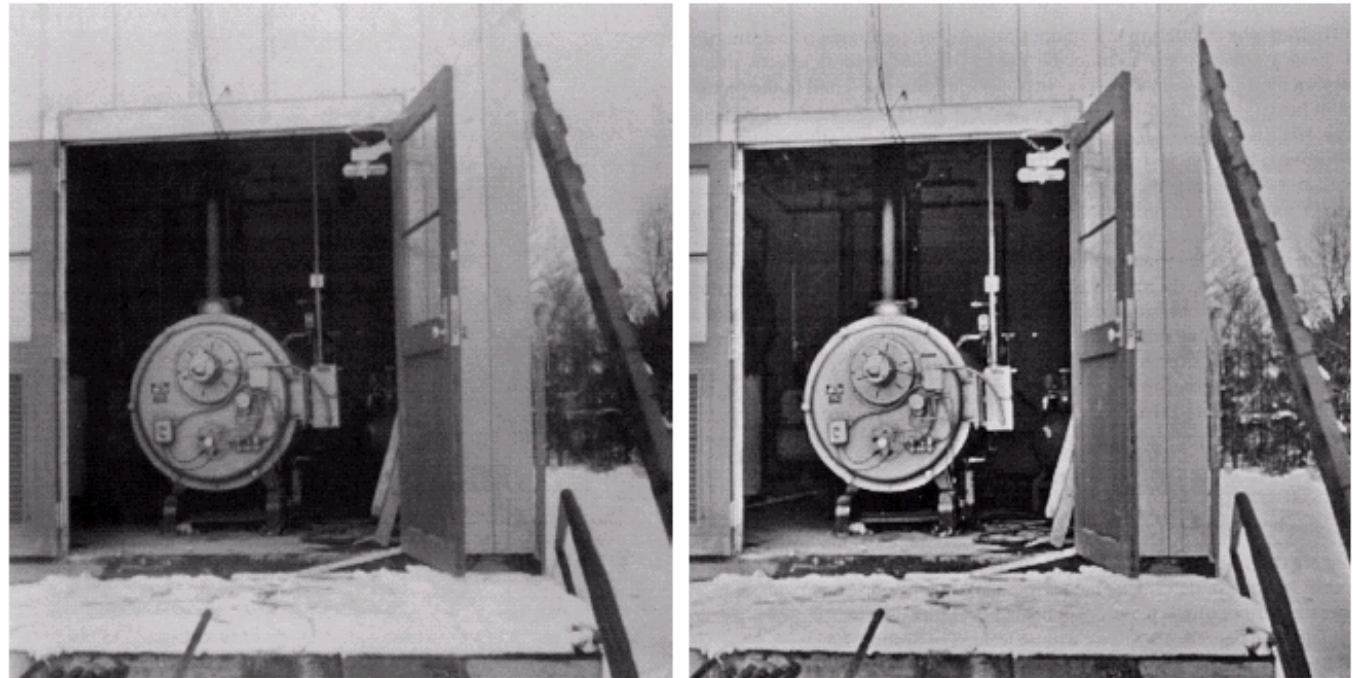
# Lọc đồng hình

- Ví dụ với  $\gamma_L = 0.5 < 1$  và  $\gamma_H = 2 > 1$ ;
- Phép lọc tương ứng với việc làm nén giải động trong độ sáng và tăng cường độ tương phản;
- Kết quả: làm tăng cường chi tiết trong phần tối và cân bằng độ tương phản bên ngoài phần sáng

a b

**FIGURE 4.33**

(a) Original image. (b) Image processed by homomorphic filtering (note details inside shelter). (Stockham.)





# Giả màu

- Đặc điểm của hệ thống thị giác:
  - Hệ thống thị giác của người chỉ có thể phân biệt được 30 sắc thái màu xám;
  - Có thể phân biệt hàng trăm sắc màu.
- Phương pháp giả màu:
  - Giả màu là kỹ thuật gán màu cho các mức xám.
  - Các phương pháp gán giả màu:
    - Phân lớp cường độ sáng: gán màu cho tất cả các mức xám dưới một giá trị xác định và gán màu khác cho những giá trị vượt quá một giá trị xác định.

# Giả màu

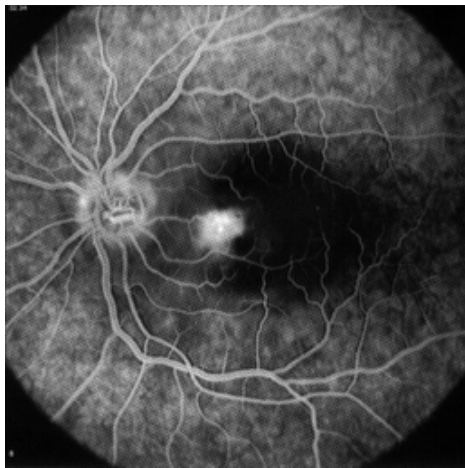
- Phần lớn các phương pháp thực hiện chuyển đổi mức xám sang màu sắc: thực hiện 3 phép chuyển đổi đối với một mức xám xác định;
  - Ảnh kết quả có thuộc tính màu phụ thuộc vào các mức xám đối với phép chuyển đổi màu
- Các thủ tục gán màu và các lựa chọn bảng màu:
- Hai phương pháp chính để tô giả màu:
    - Thủ tục gán màu tự động: bảng màu hiện thời được thay thế bằng bảng màu được xác định trước;
    - Thao tác ánh xạ bảng màu: các giá trị trong bảng màu được thay đổi theo một thuật toán xác định.

MAP Data

0	Red	Green	Blue
1	Red	Green	Blue
2	Red	Green	Blue
3	Red	Green	Blue
4	Red	Green	Blue
	Red	Green	Blue
	Red	Green	Blue

# Giả màu

- Các thủ tục gán màu tự động
  - Ánh xạ vị trí: các giá trị của ánh xạ tại những vị trí bất kỳ trong bảng được tạo ra là hàm của vị trí ( index). Ở đây không có sự phụ thuộc vào tính chất của giá trị điểm ảnh mà chỉ phụ thuộc vào bố trí vật lý
  - Ánh xạ phụ thuộc dữ liệu: các giá trị của ánh xạ được tạo ra là các hàm của giá trị điểm.



Ảnh đơn sắc



Ảnh đơn sắc với thang mức xám

# Giả màu

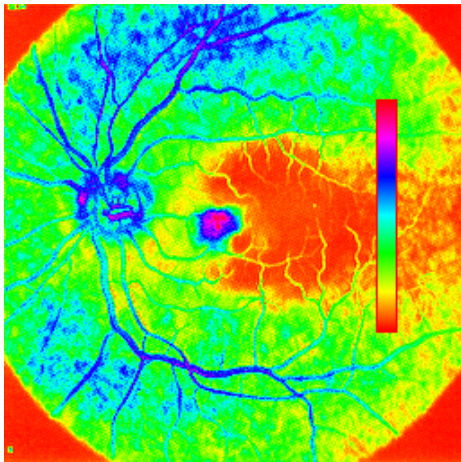
- Ví dụ: gán giả màu dùng các bảng màu khác nhau



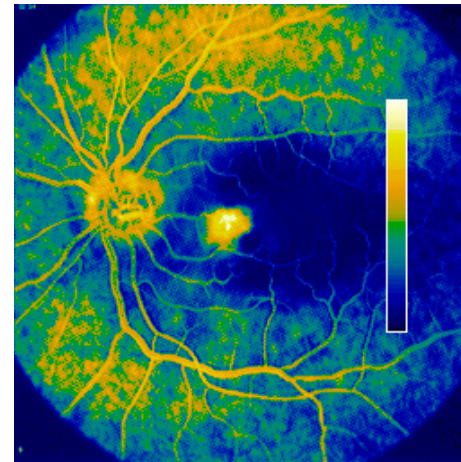
Ảnh đơn sắc



Ảnh đơn sắc với thang mức xám



Bảng màu cầu vồng



Bảng màu SApseudo