



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Bộ môn XLTH & TT - Khoa KTDT1

Bài Giảng Môn Học Xử Lý Ảnh

Giảng viên: Ts. NGUYỄN MẠNH DŨNG

Điện thoại/email: 0971930377 – dungnm@ptit.edu.vn

Học kỳ 2 năm học 2019-2020

www.ptit.edu.vn



Chương 3. Xử Lý Nâng Cao Chất Lượng Ảnh

- 3.1 GIỚI THIỆU
- 3.2 CẢI THIỆN ẢNH SỬ DỤNG CÁC TOÁN TỬ ĐIỂM
- 3.3 CẢI THIỆN ẢNH SỬ DỤNG CÁC TOÁN TỬ KHÔNG GIAN
- 3.4 KHÔI PHỤC ẢNH



Xử Lý Nâng Cao Chất Lượng Ảnh Số

- Thế nào là tăng cường chất lượng ảnh số
 - Là thao tác trên ảnh sao cho kết quả phù hợp hơn với mục đích yêu cầu của ảnh gốc
- Thế nào là khôi phục ảnh số
 - Là thao tác trên ảnh nhằm khôi phục lại ảnh gốc bị lỗi
- Mục tiêu
 - Làm nổi bật chi tiết khía cạnh cần quan tâm trong bức ảnh
 - Loại bỏ nhiễu
 - Làm cho bức ảnh hấp dẫn hơn về mặt trực giác



Cải Thiện Ảnh Sử Dụng Các Toán Tử Điểm

- Là Những Phép Toán Không Phụ Thuộc Vị Trí Điểm Ảnh:
 - Tăng Giảm Độ Sáng
 - Thống Kê Tần Xuất
 - Biến Đổi Tần Xuất



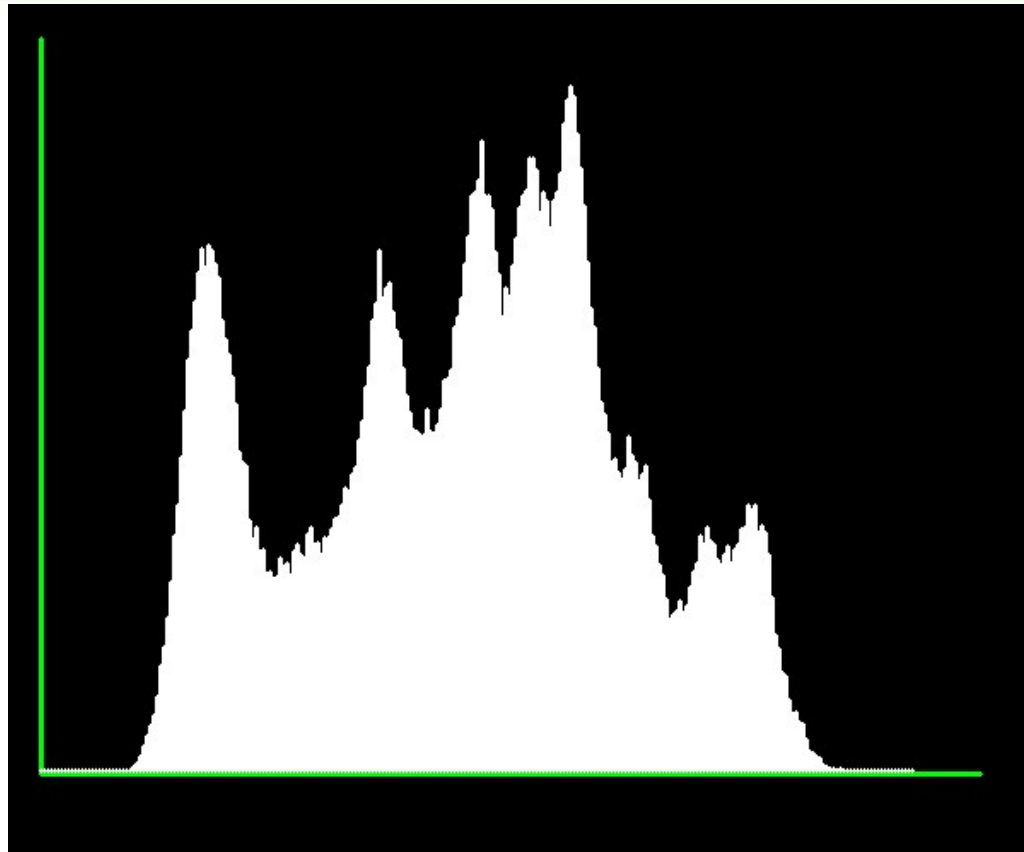
Biểu Đồ Tần Xuất

- Biểu đồ tần suất của mức xám g của ảnh I là số điểm ảnh có giá trị g của ảnh

$I =$	1	2	0	4
	1	0	0	7
	2	2	1	0
	4	1	2	1
	2	0	1	1

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

Biểu Đồ Tần Xuất



Tăng giảm độ sáng

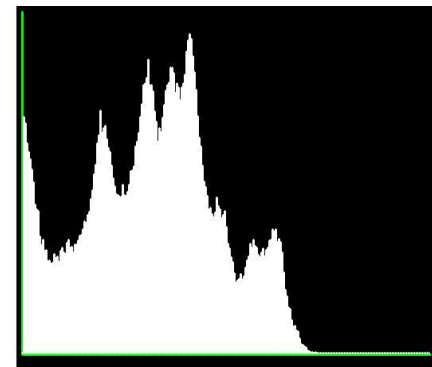
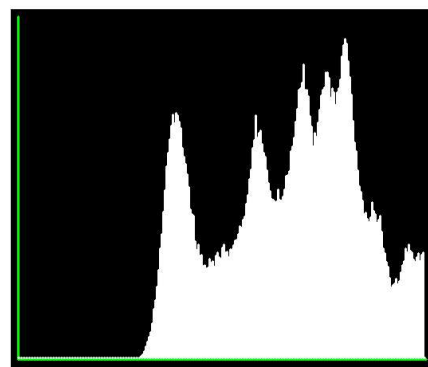
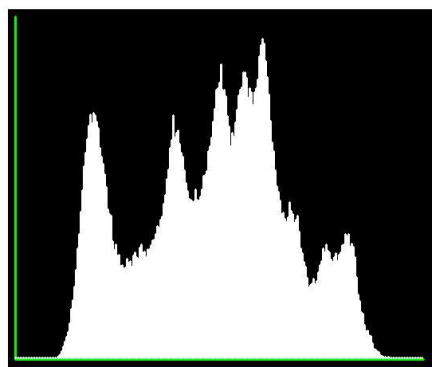
➤ Giả sử ta có ảnh I
 ~ kích thước $m \times n$
 và số nguyên c

➤ Khi đó, kỹ thuật
 tăng, giảm độ
 sáng được thể
 hiện

➤ $I[i, j] = I[i, j] + c; \forall$
 (i, j)

➤ $C > 0$ Ảnh sáng
 hơn

➤ $C < 0$ Ảnh tối hơn



Tách Ngưỡng

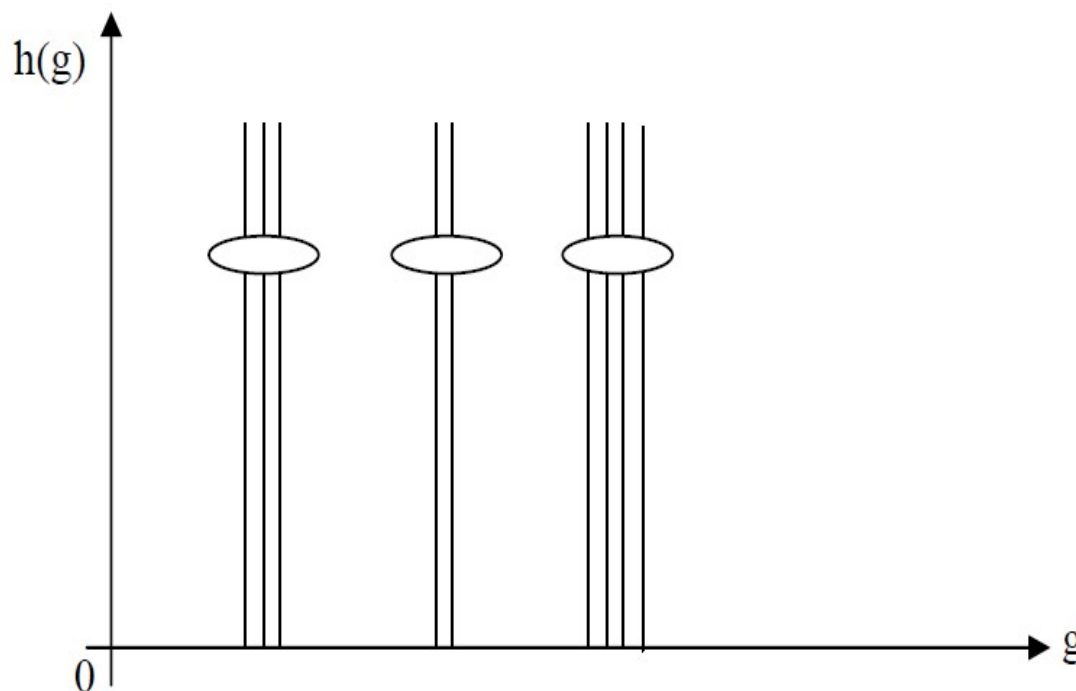
- Giả sử ta có ảnh I ~ kích thước $m \times n$ và số nguyên c
 - Khi đó, kỹ thuật tách ngưỡng được thể hiện
 - $I[i, j] = I[i, j] >= \theta ? \text{Max} : \text{Min}; \forall (i, j)$
 - Nếu $\text{Min} = 0$, $\text{Max} = 1$ kỹ thuật chuyển ảnh thành ảnh đen trắng



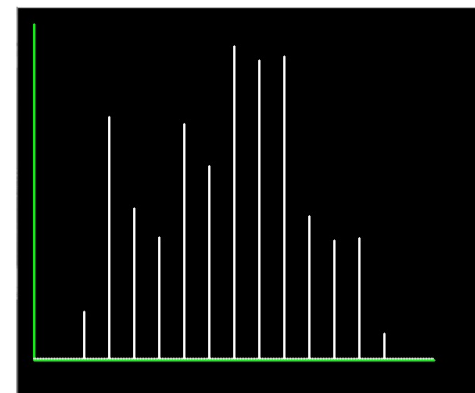
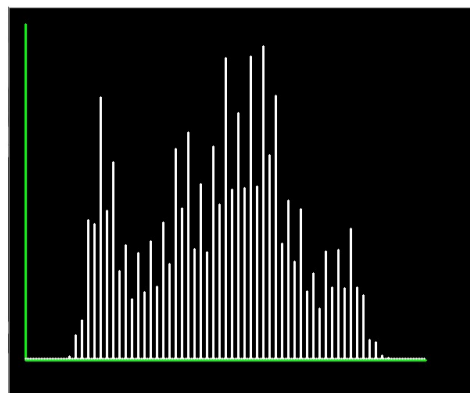
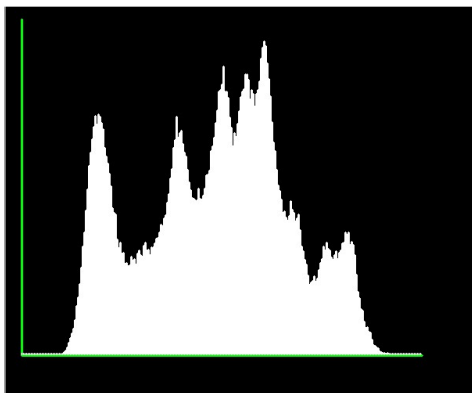
Bó Cùm

➤ Giả sử ta có ảnh I ~ kích thước $m \times n$ và số nguyên c

- Kỹ thuật nhằm giảm bớt số mức xám của ảnh bằng cách nhóm lại số mức xám gần nhau thành 1 nhóm
- $I[i,j] = I[i,j] / \text{bunch_size} * \text{bunch_size}$
 $\forall (i,j)$

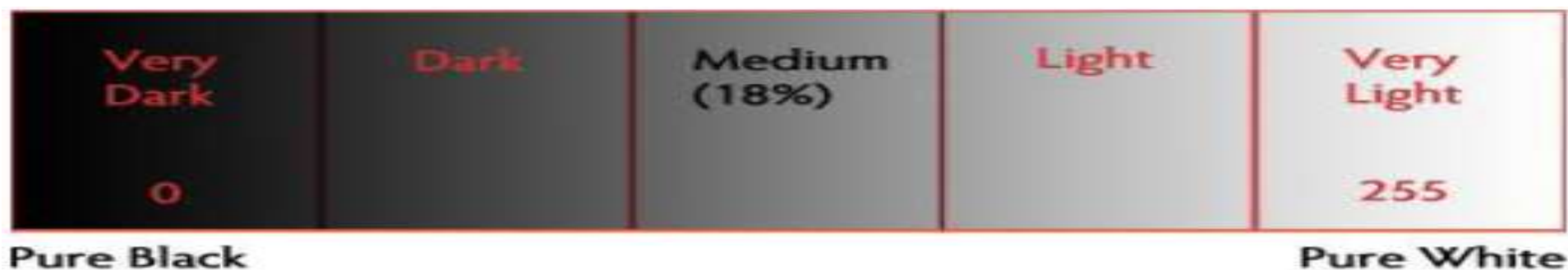


Bó Cụm



Cân Bằng Histogram

- Histogram là một lược đồ biểu diễn độ sáng của một bức ảnh.
- Mục đích cân bằng histogram là đưa ra một ảnh có mức xám được phân bố đồng đều.
- Ảnh I được gọi là cân bằng "lý tưởng" nếu với mọi mức xám g , g' ta có $h(g) = h(g')$. Nghĩa là các mức xám trong ảnh có số lượng pixel "tương đương" nhau





Cân Bằng Histogram

- Histogram là một lược đồ biểu diễn độ sáng của một bức ảnh.
- Mục đích cân bằng histogram là đưa ra một ảnh có mức xám được phân bố đồng đều.
- Ảnh I được gọi là cân bằng "lý tưởng" nếu với mọi mức xám g , g' ta có $h(g) = h(g')$. Nghĩa là các mức xám trong ảnh có số lượng pixel "tương đương" nhau



Cân Bằng Histogram

➤ Giả sử, ta có ảnh $I \sim$ kích thước $m \times n$

➤ $new_level \sim$ số mức xám của ảnh cân bằng

➤ Số điểm ảnh trung bình của mỗi mức xám của ảnh cân bằng

$$TB = \frac{m*n}{new_level}$$

➤ Số điểm ảnh có mức xám $\leq g$

$$t(g) = \sum_{i=0}^g h(i)$$

➤ Hàm chuyển đổi

$$f(g) = \max\{0, Round(\frac{t(g)}{TB}) - 1\}$$

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

$$I_{kq} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

g	h(g)	t(g)	f(g)
1	5	5	0
2	5	10	1
3	1	11	1
4	3	14	2
5	1	15	2
6	2	17	2
7	2	19	3
9	1	20	3

Cân Bằng Histogram

- Giả sử, ta có ảnh $I \sim$ kích thước $m \times n$
- L là số mức xám của ảnh hiện tại
- $L_{\text{new}} \sim$ số mức xám mới của ảnh cân bằng

- Tìm g_{\min}

$$t(g_{\min}) = \sum_{i=0}^g h(i)$$

$$t(g_{\min}) < m * n * \alpha_{\text{low_cut}}$$

- Tìm g_{\max}

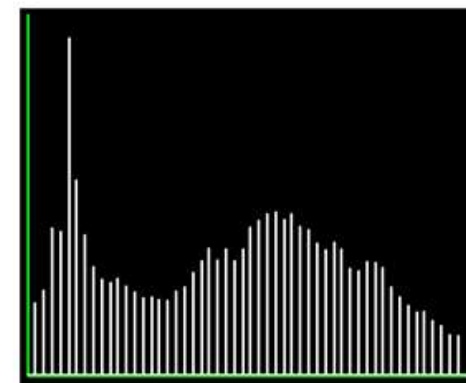
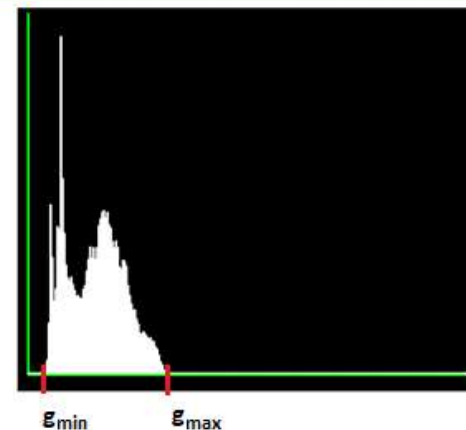
$$t(g_{\max}) = \sum_{i=g_{\max}}^L h(i)$$

$$t(g_{\max}) < m * n * \alpha_{\text{high_cut}}$$

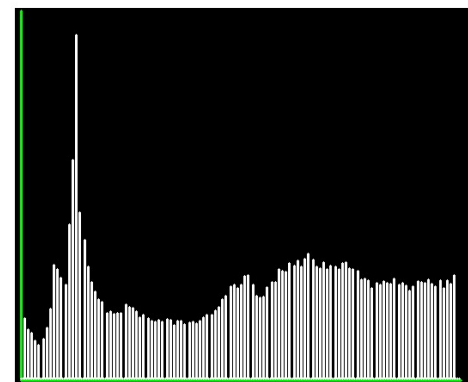
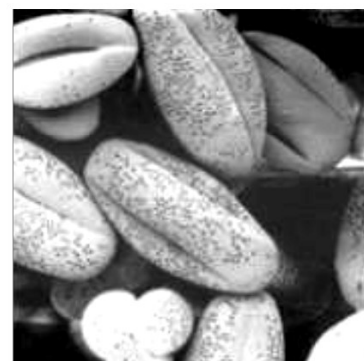
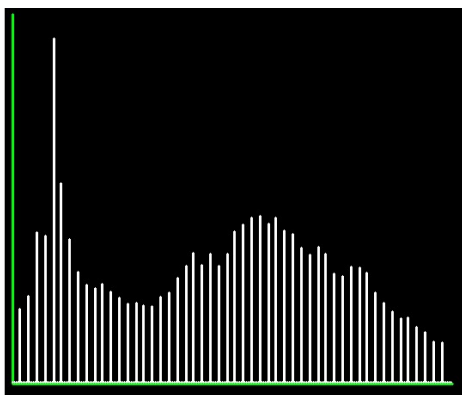
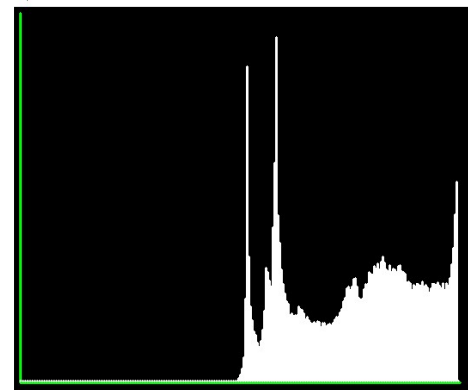
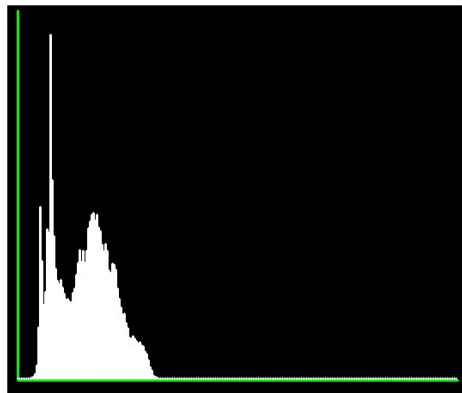
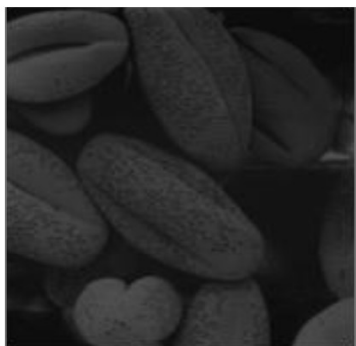
- $\alpha_{\text{low_cut}}, \alpha_{\text{high_cut}}$ là hằng số < 1 , thường là 0.005

- Hàm chuyển đổi

$$f(g) = \min\{\max\{0, \text{Round}(L_{\text{new}} \frac{g - g_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}}), L_{\text{new}}\}$$



Cân Bằng Histogram



Cân Bằng Histogram Đối Với Ảnh Màu

- Cân bằng histogram cho từng kênh màu riêng biệt
- Nên chuyển sang mô hình HSV
 - Cân bằng histogram cho độ chói của ảnh (V)
 - Giữ nguyên màu sắc H, và độ bão hòa S





Kỹ Thuật Tìm Tách Ngưỡng Tự Động

- Tìm ra ngưỡng θ một cách tự động dựa vào histogram theo nguyên lý trong vật lý là vật thể tách làm 2 phần nếu tổng độ lệch trong từng phần là tối thiểu
- Giả sử ta có ảnh I kích thước $M \times N$
- G là số mức xám của ảnh hiện tại kể cả mức khuyết
- $t(g)$ Số điểm ảnh có mức xám $\leq g$
- Mô men quán tính trung bình có mức xám $\leq g$

$$m(g) = \frac{1}{t(g)} \sum_{i=0}^g i * h(i)$$

- Hàm chuyển đổi

$$f(g) = \frac{t(g)}{M \times N - t(g)} [m(g) - m(G-1)]^2$$

- Tìm θ sao cho

$$f(\theta) = \max(f(g), 0 \leq g \leq G-1)$$



Kỹ Thuật Tách Ngưỡng Tự Động

- Ngưỡng cần tách $\theta = 1$
tương ứng với $f(\theta) = 1.66$

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

g	h(g)	t(g)	g.h(g)	$\sum_{i=0}^g ih(i)$	m(g)	f(g)
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	∞



Biến Đổi Cấp Xám Tổng Thể

- Nếu biết ảnh và hàm biến đổi thì ta có thể tính được ảnh kết quả và histogram của ảnh biến đổi.
- Nhưng thực tế nhiều khi ta chỉ biết histogram của ảnh gốc và hàm biến đổi, câu hỏi đặt ra là liệu ta có thể có được histogram của ảnh biến đổi.
- Nếu có như vậy ta có thể hiệu chỉnh hàm biến đổi để thu được ảnh kết quả có phân bố histogram như mong muốn.
- Bài toán đặt ra là biết histogram của ảnh gốc I , $h(r)$ biết hàm biến đổi $T()$ hãy vẽ histogram của ảnh mới
 - Các mức xám ảnh kết quả $I^T : s_j = T(r_j)$
 - Lược đồ xám của ảnh kết quả: $h(s_j) = \sum_{r_j \in T^{-1}(s_j)} h(r_j)$



Cải Thiện Ảnh Sử Dụng Toán Tử Không Gian

- Phép nhân và chập mẫu: Giả sử ta có ảnh I kích thước $M \times N$, mẫu T có kích thước $m \times n$ khi đó, ảnh I nhân chập theo mẫu T được xác định bởi công thức

$$I \otimes T(x, y) = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(x+i, y+j)$$

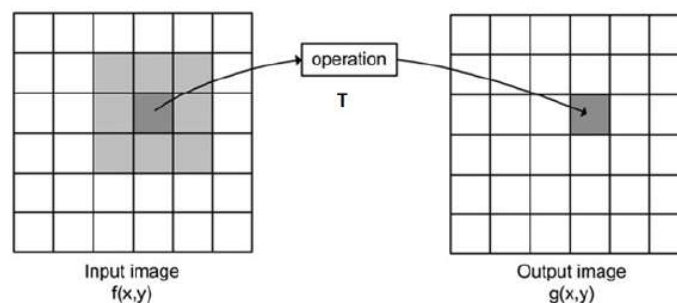
Hoặc
$$I \otimes T(x, y) = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(x-i, y-j)$$

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 5 & 8 & 7 \\ 2 & 1 & 1 & 4 & 2 & 2 \\ 4 & 5 & 5 & 8 & 8 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 1 & 4 & 4 \\ 7 & 2 & 2 & 1 & 5 & 2 \end{pmatrix} \quad T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad I \otimes T = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 8 & 7 & 10 & * \\ 7 & 6 & 9 & 12 & 4 & * \\ 6 & 6 & 6 & 12 & 12 & * \\ 3 & 4 & 2 & 6 & 6 & * \\ * & * & * & * & * & * \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} I \otimes T(x, y) &= \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 I(x+i, y+j) * T(i, j) = I(x, y) * T(0, 0) + I(x+1, y+1) * T(1, 1) \\ &= I(x, y) + I(x+1, y+1) \end{aligned}$$

Cải Thiện Ảnh Sử Dụng Toán Tử Không Gian

- Toán tử vùng lân cận: $g(x,y) = T[f(x,y)]$
 - $f(x,y)$ ảnh đầu vào
 - $g(x,y)$ ảnh đầu ra
 - $T()$ Toán tử tác động lên f
- Giá trị mức xám $g(x,y)$ tại 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 có tâm (x,y) xác định một cửa sổ trong vùng không gian
 - Kích thước cửa sổ hình chữ nhật rất nhỏ so với kích thước ảnh
 - Biến đổi kích thước không gian ảnh
 - Nắn ảnh
 - Các phép lọc nhiễu, tăng cường ảnh

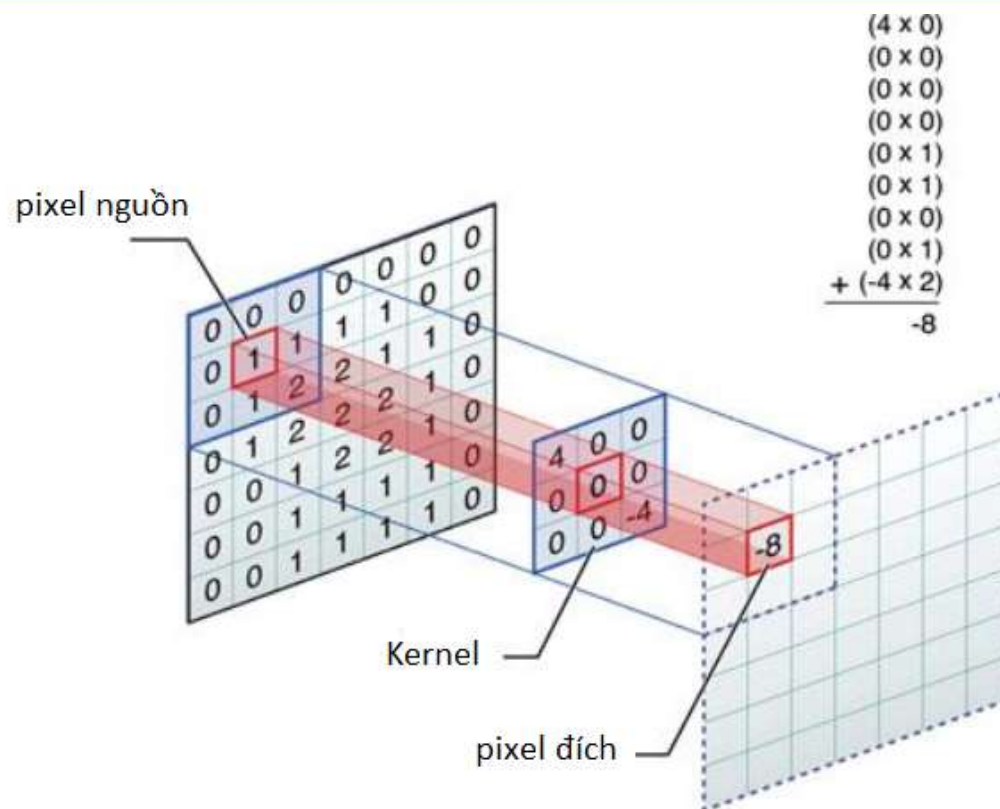




Cải Thiện Ảnh Sử Dụng Toán Tử Không Gian

- Cửa sổ lọc có kích thước $(2x_a + 1) \times (2x_b + 1)$. Hệ số tâm bộ lọc $w_{0,0}$ được xếp trùng khít với điểm (x,y) .
- Phép nhân tương quan:
 - $g(x,y) = w(x,y) * f(x,y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i,j) f(x+i, y+j)$
 - $W(i,j)$ là các hệ số của bộ lọc
- Phép nhân chập: tương tự như phép nhân tương quan nhưng bộ lọc được quay 180 độ:
 - $g(x,y) = w(x,y) * f(x,y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i,j) f(x-i, y-j)$
- Nếu bộ lọc đối xứng kết quả phép nhân tương quan bằng phép nhân chập

Cải Thiện Ảnh Sử Dụng Toán Tử Không Gian





Cải Thiện Ảnh Sử Dụng Toán Tử Không Gian

$$I = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 15 & 15 & 15 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 13 & 12 & 16 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 15 & 15 & 15 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}$$

$$H_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ và } H_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

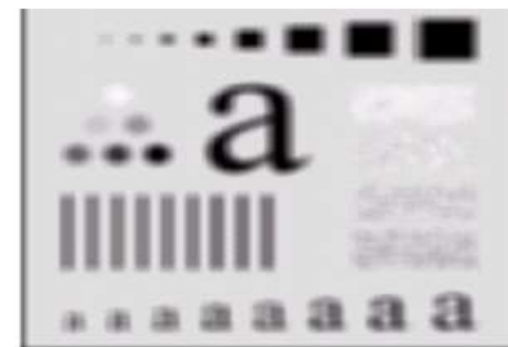
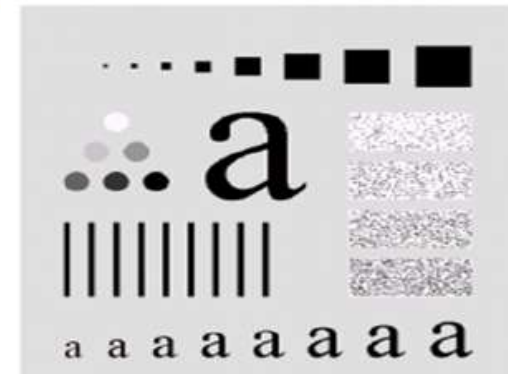


Bộ Lọc Trung Bình Thông Thường

- Giá trị mức xám ảnh ra là giá trị trung bình các của vùng lân cận bên trong cửa sổ lọc
- Có tác dụng loại bỏ làm mờ các chi tiết nhỏ hơn cửa sổ lọc trong ảnh
- Tuy nhiên cũng làm mờ biên các đối tượng trong ảnh

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

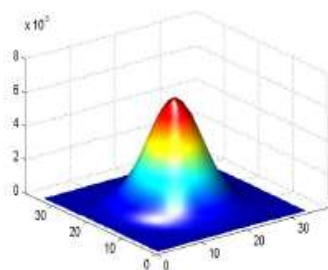
1	1	1
1	1	1
1	1	1



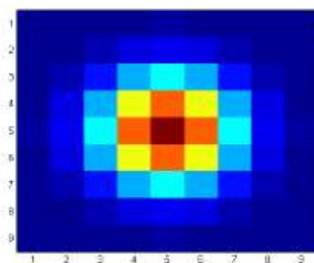
Lọc TB 15x15

Bộ Lọc Gaussian

- Xây dựng các hệ số cửa sổ lọc dựa trên phân bố Gaussian 2D



(a) 2D Gaussian Filter

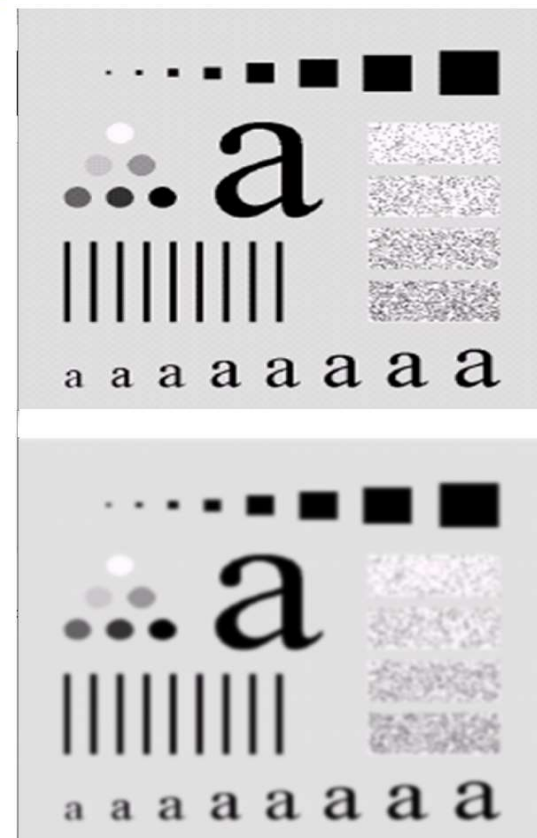


(b) Rời rạc hóa

$$\frac{1}{273}$$

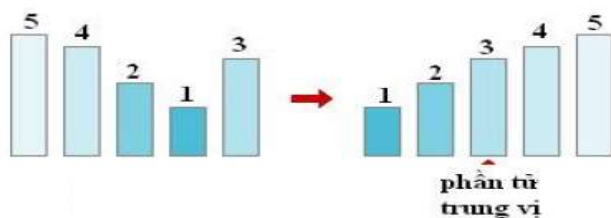
1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

(c) 5x5 GF

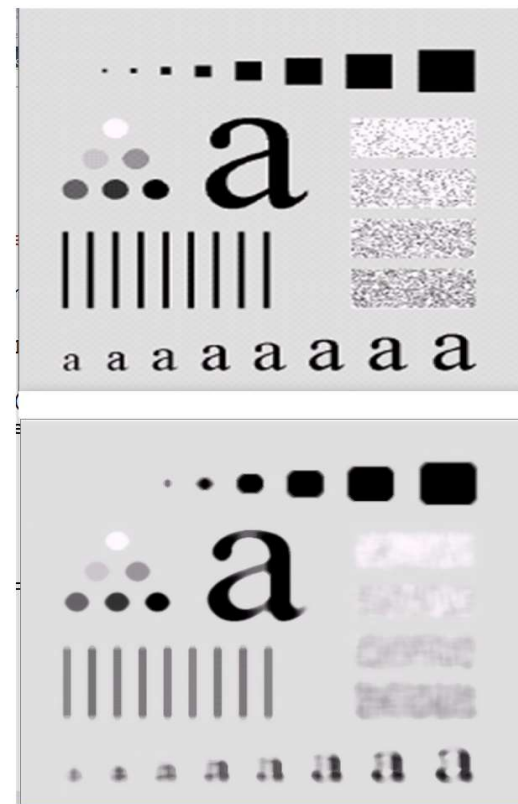


Bộ Lọc Trung Vị

- Median filter: Giá trị trung vị ξ của một tập giá trị là giá trị mà một nửa các giá trị trong tập nhỏ hơn hoặc bằng ξ , và một nửa các giá trị còn lại trong tập lớn hơn hoặc bằng ξ
- 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 $\xi = X_{n/2+1}$ Nếu n chẵn



- Ảnh I kích thước (MxN): bộ lọc $w(m \times n) = (m=2a+1, n=2b+1)$
- Ảnh kết quả: $g(x, y)$ = giá trị trung vị của các điểm lân cận (x, y) nằm trong cửa sổ lọc với (x, y) là tâm của cửa sổ lọc





Bộ Lọc Thống Kê Min Max

- Ảnh I kích thước (MxN): bộ lọc $w(m \times n) = (m=2a+1, n=2b+1)$
- Min filter: $g(x,y)$ = giá trị nhỏ nhất của các điểm lân cận (x,y) nằm trong cửa sổ lọc với (x,y) là tâm của cửa sổ lọc
- Max filter: $g(x,y)$ = giá trị lớn nhất của các điểm lân cận (x,y) nằm trong cửa sổ lọc với (x,y) là tâm của cửa sổ lọc

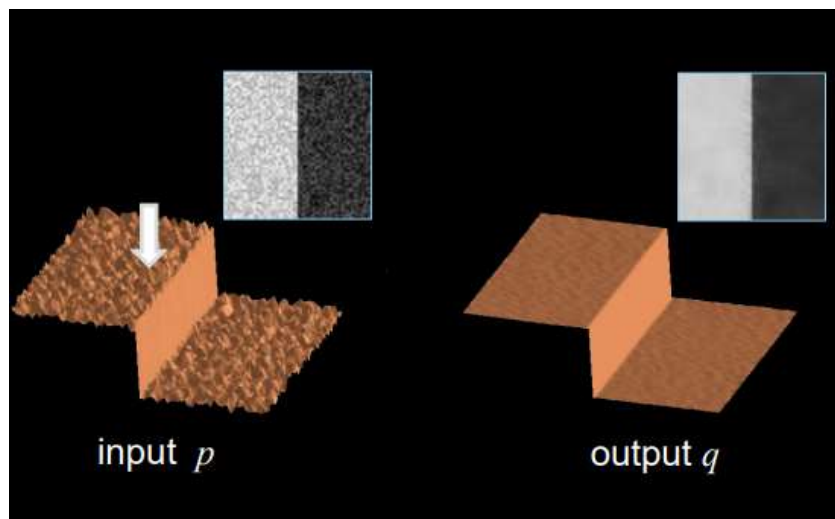


Kỹ Thuật Lọc Trung Bình

- Ảnh I kích thước (MxN): bộ lọc $w(m \times n) = (m=2a+1, n=2b+1)$, ngưỡng θ
- Giá trị trung bình: $Avg(x,y)$ = giá trị trung bình của các điểm lân cận (x,y) nằm trong cửa sổ lọc với (x,y) là tâm của cửa sổ lọc
- Khi đây bộ lọc trung bình được định nghĩa:
$$G(x,y) = \begin{cases} Avg(x,y) & \text{nếu } |I(x,y) - Avg(x,y)| \leq \theta \\ I(x,y) & \text{trong trường hợp ngược lại} \end{cases}$$

Bộ Lọc Bảo Tồn Biên

- Bộ lọc bảo tồn biên (Edge-preserving smoothing), là các bộ lọc làm mờ nhiều trong khi vẫn bảo tồn được hình dạng và đường biên các đối tượng.
- Các bộ lọc phổ biến là Bilateral Filter và Guided Filter



Bộ Lọc Bảo Tồn Biên





Bộ Lọc Tăng Tính Sắc Nét Của Ảnh

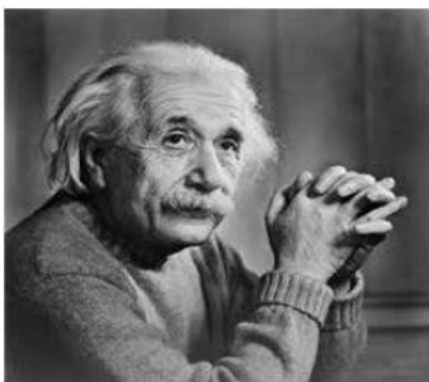
- Toán tử laplace với hàm ảnh: $\nabla^2 f(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$
 - Theo trục x: $\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
 - Theo trục y: $\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
 - $\Rightarrow \nabla^2 f(x,y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$
- Bộ lọc laplace:
 - $g(x,y) = f(x,y) + c \times \nabla^2 f(x,y)$
 - $c = -1$ sử dụng định nghĩa đạo hàm dương và ngược lại

Bộ Lọc Laplace

- Là bộ lọc để tìm cạnh của ảnh bằng cách sử dụng đạo hàm bậc hai trong miền không gian

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

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



Tăng Độ Nét Của Ảnh Sử Dụng Bộ Lọc Laplace



Original
Image

-



Laplacian
Filtered Image

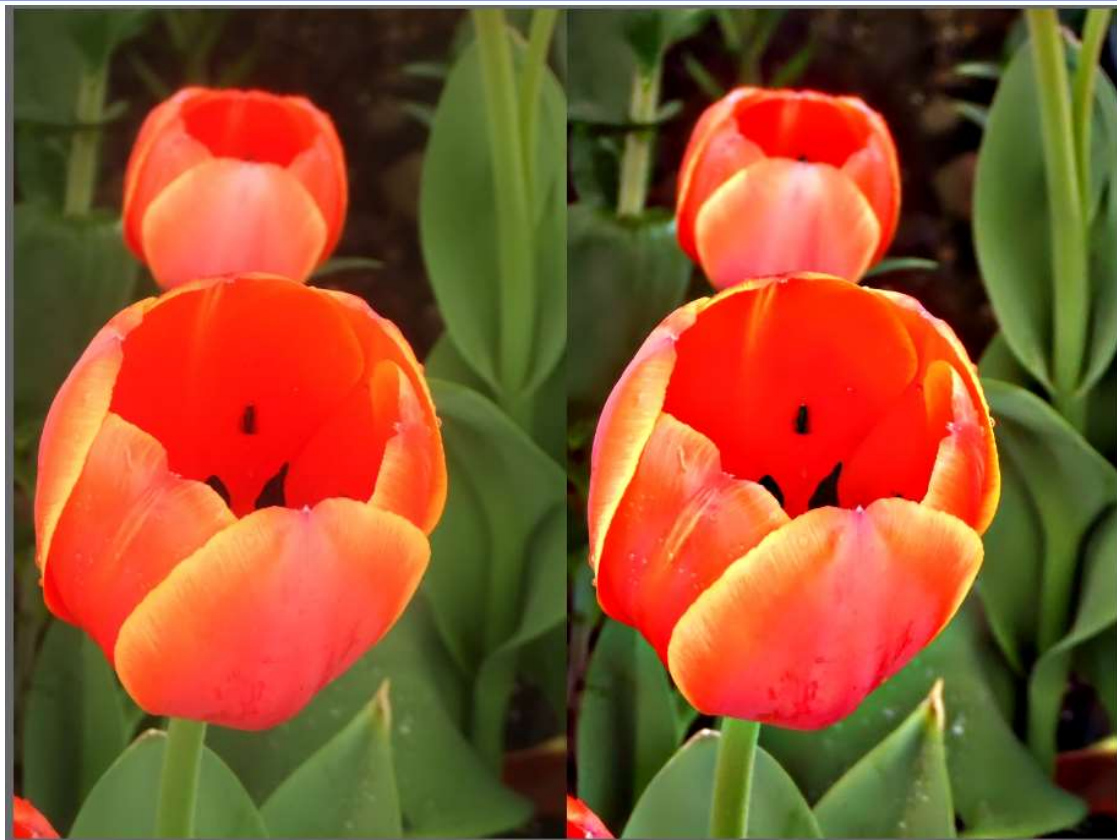
=



Sharpened
Image

Tăng Độ Nét Của ảnh Sử Dụng Mặt Nạ

- Ảnh $I(x,y)$ kích thước $(M \times N)$
- Ảnh làm trơn $\bar{f}(x,y)$
- Ảnh mặt nạ (ảnh chi tiết)
 - $g_{mask}(x,y) = I(x,y) - \bar{f}(x,y)$;
- Ảnh cuối chính là ảnh gốc cộng với ảnh chi tiết được khuếch đại:
 - $g(x,y) = I(x,y) + kxg_{mask}(x,y)$





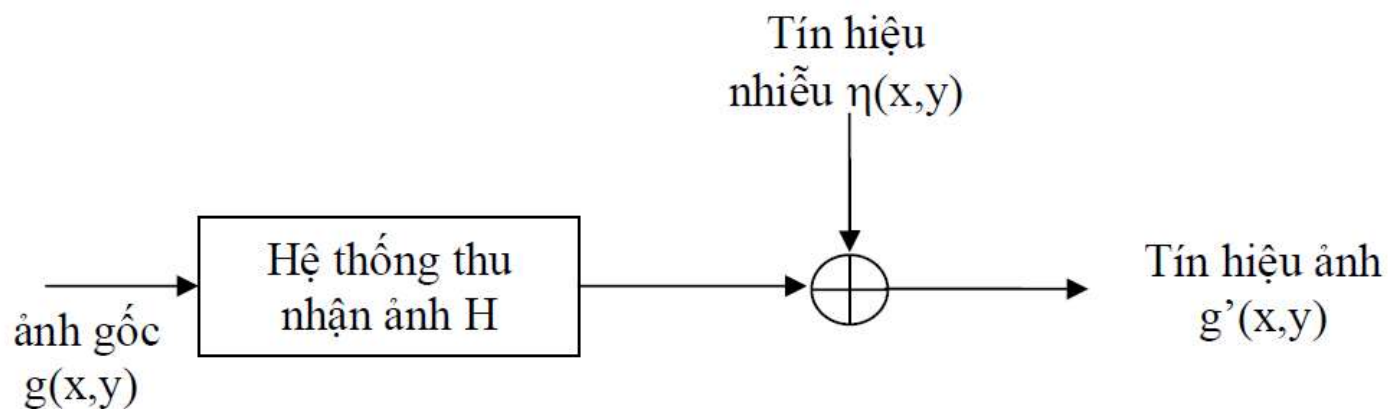
Khôi Phục Ảnh

➤ Nhiều và mô hình nhiều

- Ảnh được coi là một miền đồng nhất về mức xám, tức là các điểm ảnh lân cận có sự biến đổi liên tục về mức xám. Trong mỗi cửa sổ đang xét các điểm ảnh đều có giá trị gần bằng nhau.
- Thực tế quan sát có những điểm ảnh có giá trị khác hơn nhiều so với các điểm ảnh khác. Đó chính là nhiễu.
- Như vậy, nhiễu trong ảnh số được xem như là sự dịch chuyển đột ngột của tín hiệu thu nhận trên một khoảng cách nhỏ

Mô Hình Nhiễu

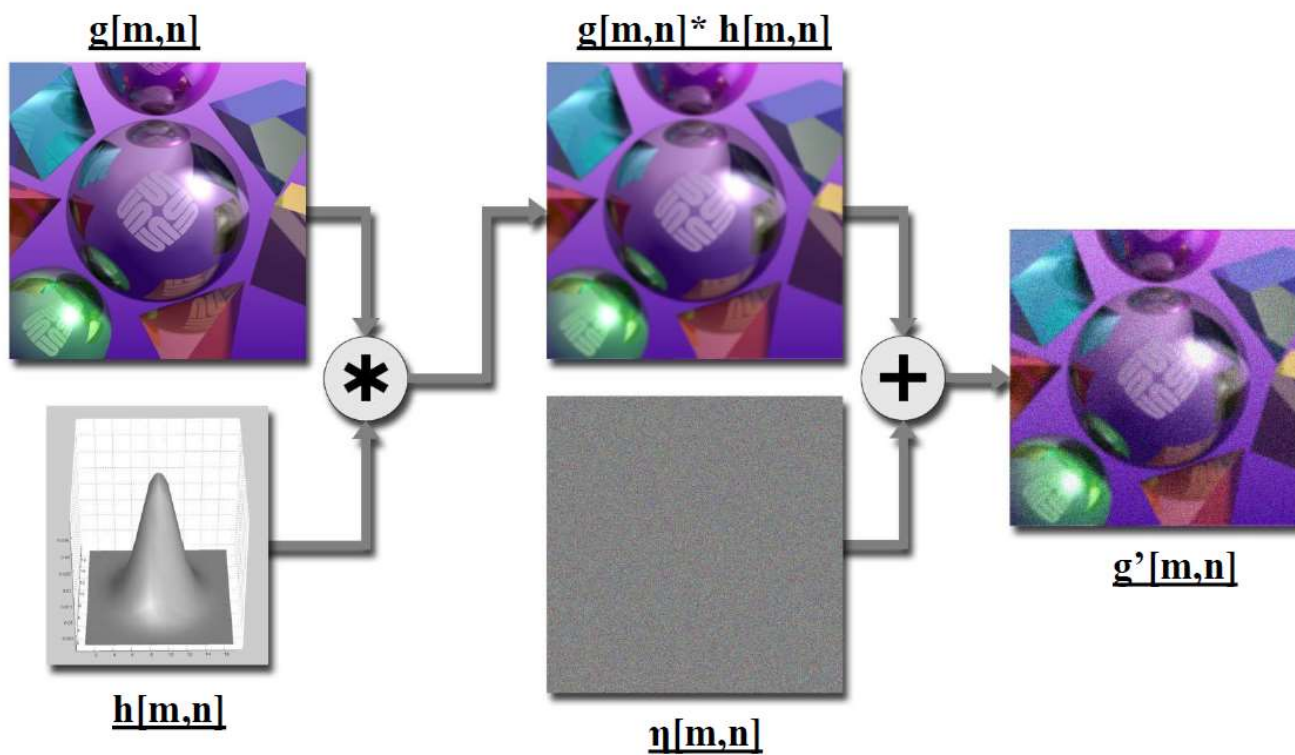
➤ Mô hình tương tự



➤ Mô hình rời rạc

- Ảnh $g(x,y)$ sẽ chuyển thành ảnh rời rạc $g[m,n]$
 - Ảnh $g'(x,y)$ sẽ chuyển thành $g'[m,n]$
 - Nhiễu $\eta(x,y)$ sẽ chuyển thành $\eta[m,n]$
- $$g'[m,n] = h[m,n] * g[m,n] + \eta[m,n]$$

Mô Hình Nhiễu





Các Loại Nhiễu

- Nhiễu do thiết bị thu nhận ảnh:
 - Quang sai của thấu kính
 - Nhiễu do cảm biến
 - Nhiễu do rung động
- Nhiễu ngẫu nhiên và độc lập
 - Ảnh hưởng của môi trường
- Nhiễu do vật quan sát
 - Do bề mặt nhám, gây tán xạ tạo nhiễu lốm đốm

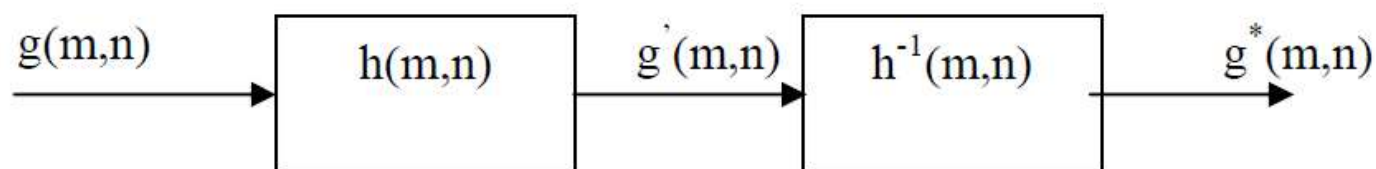


Các Kỹ Thuật Lọc Nhiễu

- Lọc đảo
- Lọc giả đảo
- Lọc nhiễu lốm đốm
- Lọc đồng cầu

Lọc Đảo

- Lọc đảo (inverse filter): Nguyên lý của lọc đảo là sử dụng hàm ngược của đáp ứng xung $h[m,n]$ để khôi phục lại một ảnh xấp xỉ ảnh nguyên gốc $q[m,n]$ từ ảnh $q'[m,n]$ đã biết



- Như vậy ảnh khôi phục $g^*[m,n]$ sẽ được tính theo công thức:
 - $g^*[m,n] = g'[m,n] * h^{-1}[m,n]$
 - Trong đó $h^{-1}[m,n]$ chính là hàm của bộ lọc đảo
 - Hàm $h^{-1}[m,n]$ rất khó để xây dựng chính xác và đôi khi không xác định



Lọc Giả Đảo

- Kỹ thuật lọc này khắc phục được nhược điểm của kỹ thuật lọc đảo là làm cho hàm $HT[u,v]$ luôn xác định:

$$H^T[u, v] = \begin{cases} \frac{1}{H[u,v]} & \text{khi } |H[u, v]| \geq \varepsilon \\ 0 & \text{khi } |H[u, v]| < \varepsilon \end{cases}$$



Bài Tập Về Nhà

- Đọc ảnh BGR từ file ảnh
- Chuyển Đổi BGR sang HSV
- Tách các kênh màu H,S,V riêng biệt
- Thực Hiện Cân bằng Histogram đối với V
- Tổng hợp H,S,V->HSV
- Chuyển đổi HSV -> BGR
- Hiển Thị ảnh



Nhận dạng biển số xe

Bước 1: Thực hiện cân bằng lược đồ xám

Bước 2: Làm trơn ảnh bằng các bộ lọc

Bước 3: Tách ngưỡng

Bước 4: Sử dụng các phép toán hình thái học để loại bỏ nhiễu bé, làm đầy đối tượng, cắt các phần nhô ra của đối tượng, và ghép nối các bộ phận tách rời của đối tượng

Bước 5: Sử dụng thuật toán dò biên để tách các đối tượng

Bước 6: Tách ảnh các đối tượng đưa vào các bộ phân loại ảnh