

## CHƯƠNG 3: CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI PHỤ THUỘC VÀO KHÔNG GIAN

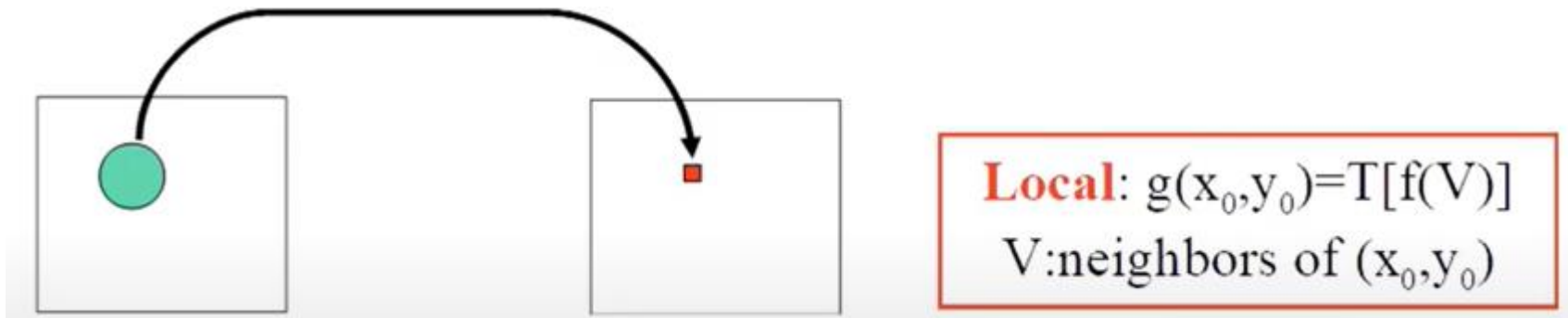
---

- Phương pháp tích chập
- Các kỹ thuật lọc thông dụng

## CHƯƠNG 3: CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI PHỤ THUỘC VÀO KHÔNG GIAN

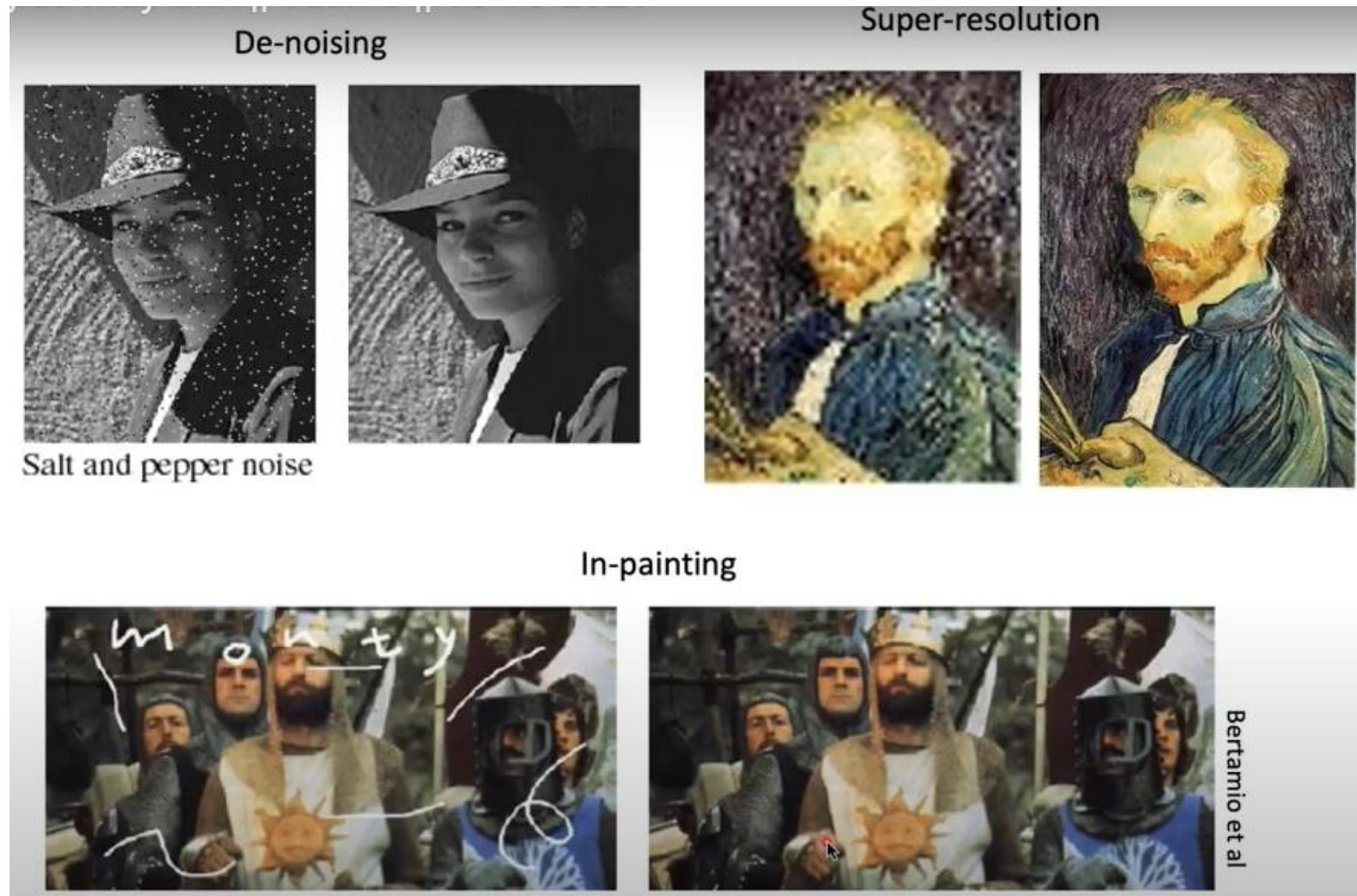
---

- Các phép toán phụ thuộc không gian là các phép toán cục bộ phụ thuộc vào vị trí của điểm ảnh. Thường phụ thuộc vào các lân cận của điểm ảnh



# CHƯƠNG 3: CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI PHỤ THUỘC VÀO KHÔNG GIAN

Ứng dụng các bộ lọc ảnh



## 3.1. Phương pháp tích chập

---

- Tích chập (Convolution):  $\otimes$
- Giả sử ta có ảnh  $I$  kích thước  $M \times N$
- Nhân lọc (kernel) mẫu  $T$  có kích thước  $m \times n$  ( $m \times n \ll M \times N$ )
- Mẫu  $T$  thường có kích thước  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$

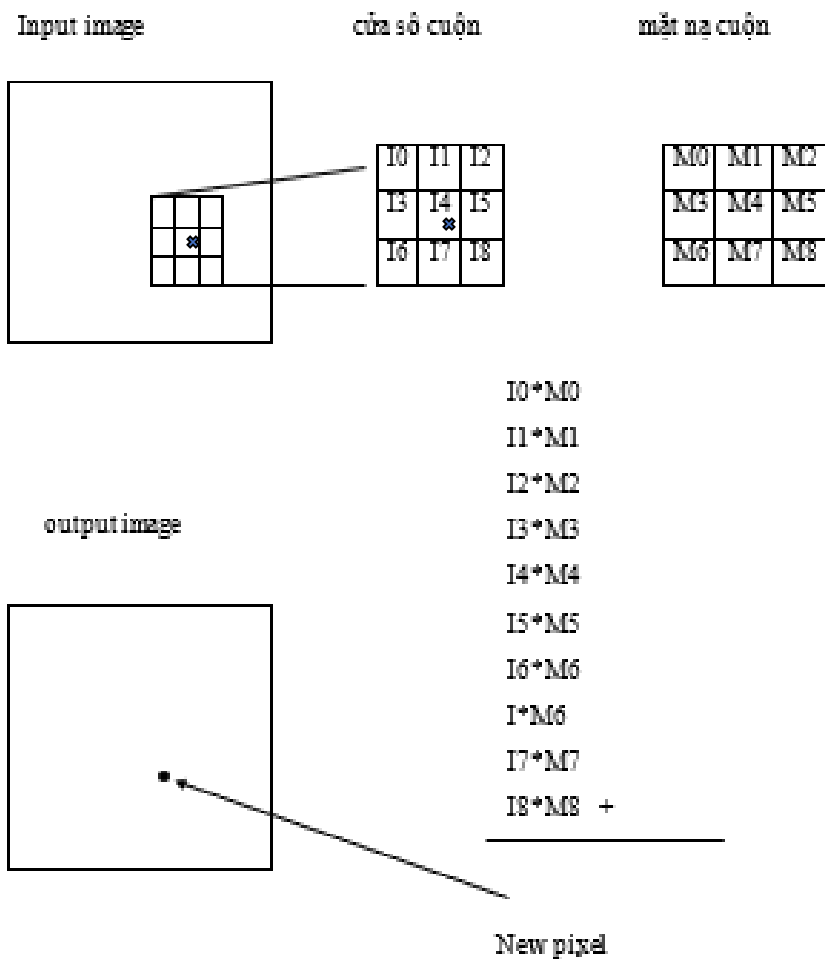
## 3.1. Phương pháp tích chập

---

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

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

# 3.1. Phương pháp tích chập



# 3.1. Phương pháp tích chập

---

- Thực hiện tích chập ảnh I và mẫu T sau

x	

	x	

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 2 & 4 & 6 & 8 \\ 3 & 4 & 6 & 7 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

## 3.1. Phương pháp tích chập

---

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 2 & 4 & 6 & 8 \\ 3 & 4 & 6 & 7 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8 & 14 & 20 & 7 \\ 10 & 16 & 21 & 8 \\ 8 & 12 & 15 & 7 \\ 2 & 3 & 4 & 2 \end{pmatrix}$$

Xét điểm  $I(1,1)=1$

Đặt mẫu chồng lên ảnh, điểm neo trùng với điểm  $I(1,1)$

$$I'(1,1) = 1 \times 1 + 3 \times 1 + 2 \times 0 + 4 \times 1 = 8$$



## 3.1. Phương pháp tích chập

---

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 0 \\ 2 & 4 & 6 & 8 & 0 \\ 3 & 4 & 6 & 7 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 0 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8 & 14 & 20 & 7 & 0 \\ 10 & 16 & 21 & 8 & 0 \\ 8 & 12 & 15 & 7 & 0 \\ 2 & 3 & 4 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

Xét điểm  $I(1,4)=7$

Đặt mẫu chồng lên ảnh, điểm neo trùng với điểm  $I(1,4)$

$$I'(1,1) = 7 \times 1 + 0 \times 1 + 8 \times 0 + 0 \times 1 = 7$$



Original

0	0	0
0	1	0
0	0	0



Filtered  
(no change)

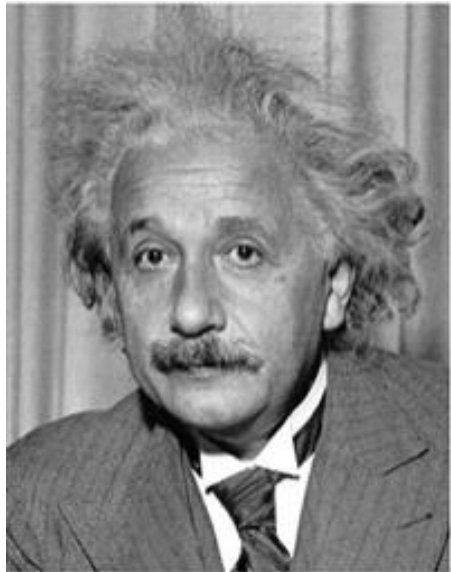


Original

0	0	0
0	0	1
0	0	0



Shifted left  
By 1 pixel

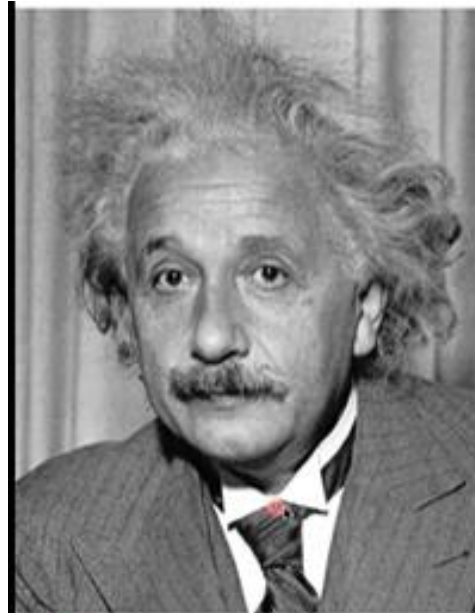


1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

Sobel



Vertical Edge



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

Sobel



Horizontal Edge



Original

0	0	0
0	2	0
0	0	0

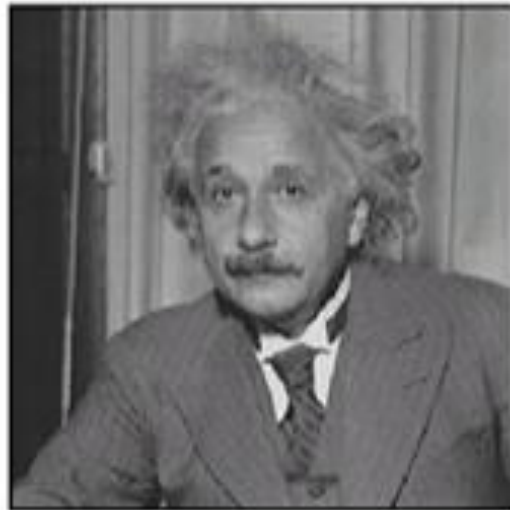
-  $\frac{1}{9}$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

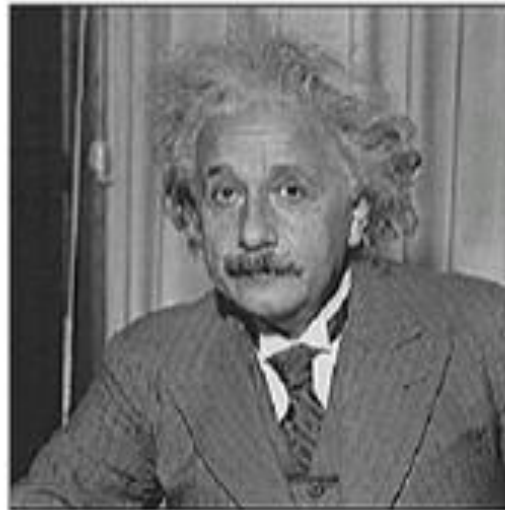


**Sharpening filter**

- Accentuates differences with local average



before



after



Original

•0	•0	•0
•0	•2	•0
•0	•0	•0

(Note that filter sums to 1)

•1	•1	•1
•1	•1	•1
•1	•1	•1

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

= ?

"details of the image"

•0	•0	•0
•0	•1	•0
•0	•0	•0

+

•0	•0	•0
•0	•1	•0
•0	•0	•0

-

•1	•1	•1
•1	•1	•1
•1	•1	•1

$\frac{1}{9}$



Original

•0	•0	•0
•0	•2	•0
•0	•0	•0

-

$\frac{1}{9}$

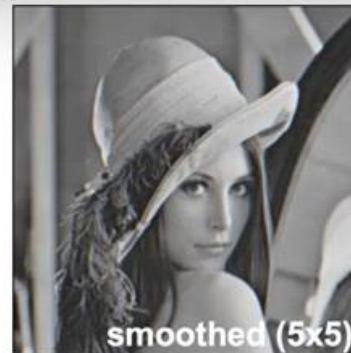
•1	•1	•1
•1	•1	•1
•1	•1	•1

=



original

-



smoothed (5x5)

=



detail

- Let's add it back:



original

+ a



detail

=



sharpened

## 3.1. Phương pháp tích chập

---

- Các mẫu thường dùng

$$T_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$T_1$  dùng để lọc nhiễu  
(lọc thông thấp)

$$T_2 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 3 & 16 & 3 \\ 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

$T_2$  dùng để lọc trơn bề mặt  
(lọc thông trung bình)

$$T_3 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$T_3$  dùng để tách cạnh  
-phát hiện ra các điểm  
có giá trị thay đổi hẳn  
so với các giá trị bên cạnh

## 3.1. Phương pháp tích chập

---

I

1    1    1    1

1    2    2    1

1    4    4    1

1    1    1    1

$$T_3 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

# 3.1. Phương pháp tích chập

---

I				
0	0	0	1	1
0	1	1		
0	1	2	2	1
	1	4	4	1
	1	1	1	1

$$T_3 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$I \otimes T_3$			
2	0	0	2
0	0	0	0
-2	8	8	-2
2	-2	-2	2

$$I'(1,1) = 0*0 + 0*(-1) + 0*0 + 0*(-1) + 1*4 + 1*(-1) + 0*0 + 1*(-1) + 2*0 = 2$$

$$I'(2,2) = 1*0 + 1*(-1) + 1*0 + 1*(-1) + 2*4 + 2*(-1) + 1*0 + 4*(-1) + 4*0 = 0$$



## 3.1. Phương pháp tích chập

---

- Một số mặt nạ làm ảnh sắc nét

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

- Mẫu tách cạnh

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$$

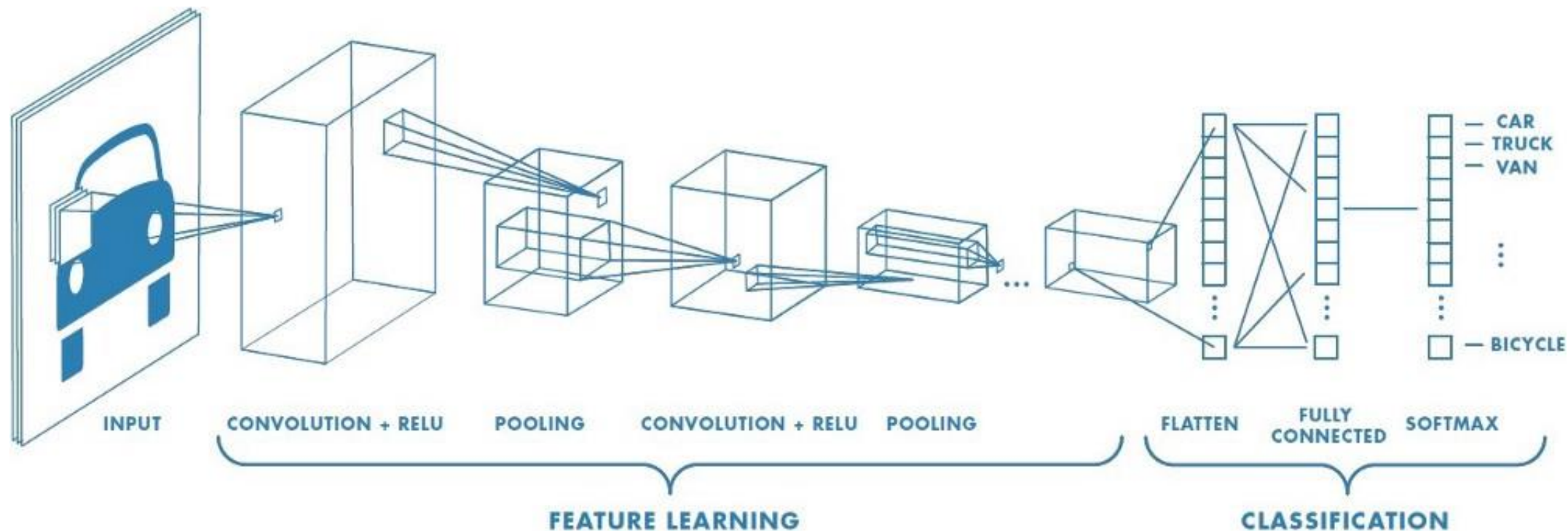
Theo chiều dọc

$$B = \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

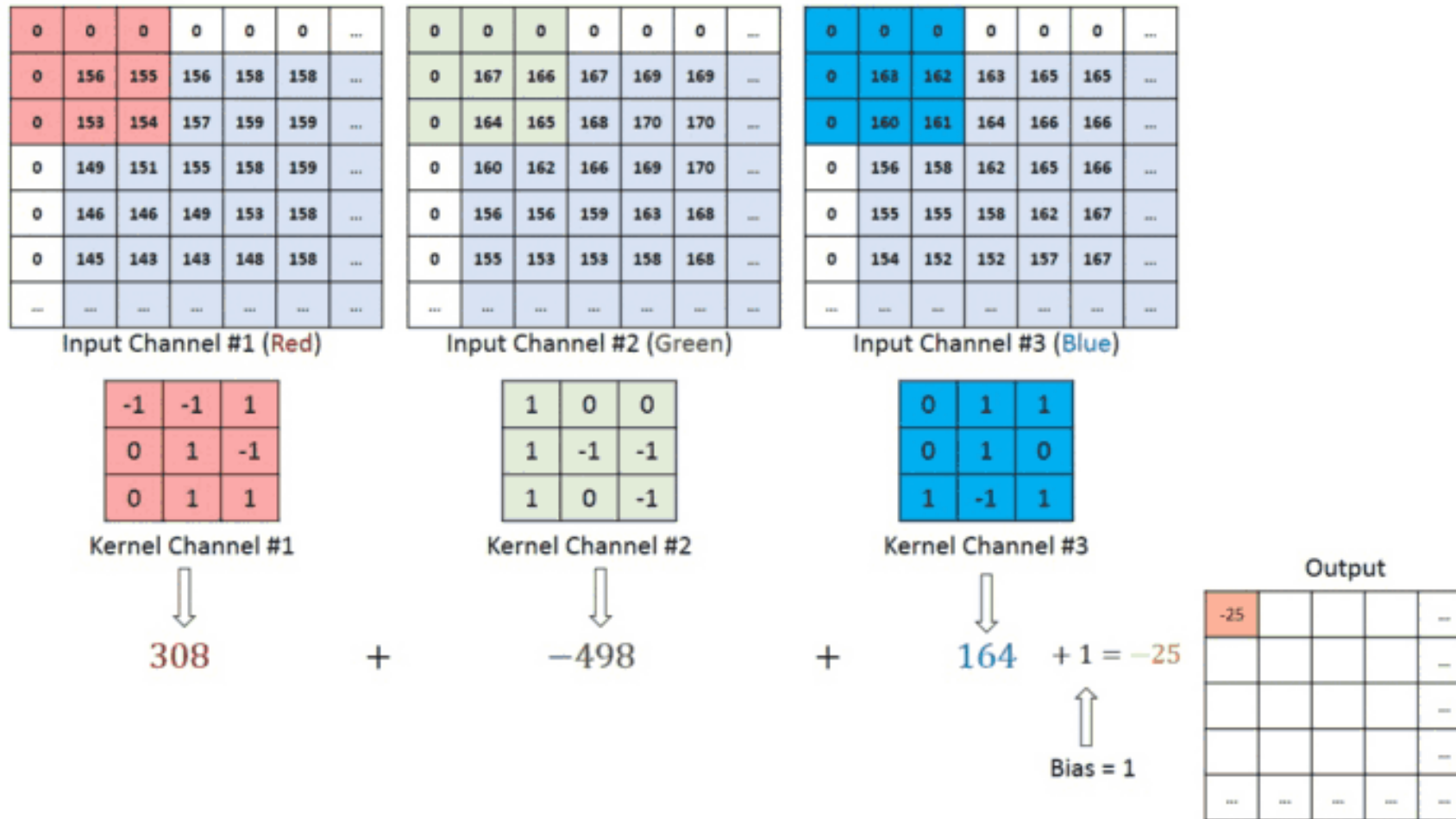
theo chiều ngang

## 3.1. Phương pháp tích chập

- Mạng nơ ron tích chập (Convolutional neural network-CNN)



# 3.1. Phương pháp tích chập



# Kỹ thuật 1: Lọc trung vị

---

- Với mỗi P, lấy cửa sổ  $W(P)$
- Tính trung vị  $TV(P)$  = trung vị  $W(P)$
- $I'(P) = \begin{cases} I(P) & \text{nếu } |I(P) - TV(P)| \leq \theta \\ TV(P) & \text{nếu ngược lại} \end{cases}$
- $\theta > 0$  là một ngưỡng cho trước

# Kỹ thuật 1: Lọc trung vị

---

- Lọc trung vị là lọc phi tuyến
- Cho 2 dãy  $x(m)$  và  $y(m)$

$$\text{Trung vị}\{x(m)+y(m)\} \neq \text{Trung vị}\{x(m)\} + \text{Trung vị}\{y(m)\}$$

# Kỹ thuật 1: Lọc trung vị

---

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$W(3 \times 3); \theta = 2$$

# Kỹ thuật 1: Lọc trung vị

---

$$I = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 2 \\ 0 & 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad TV = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$W(3 \times 3); \theta = 2$

$TV(1,1)=\text{trung vị } \{0,0,0,0,\textcolor{red}{0},1,2,4,16\}=0$

$TV(2,2)=\text{trung vị } \{1,1,2,2,\textcolor{red}{2},3,4,4,16\}=2$

# Kỹ thuật 1: Lọc trung vị

---

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$TV = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$W(3 \times 3); \theta = 2$

$$|I-TV| = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 14 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$|I(1,1)-TV(1,1)|=|1-0|=1$$



# Kỹ thuật 1: Lọc trung vị

---

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$TV = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$W(3 \times 3); \theta = 2$

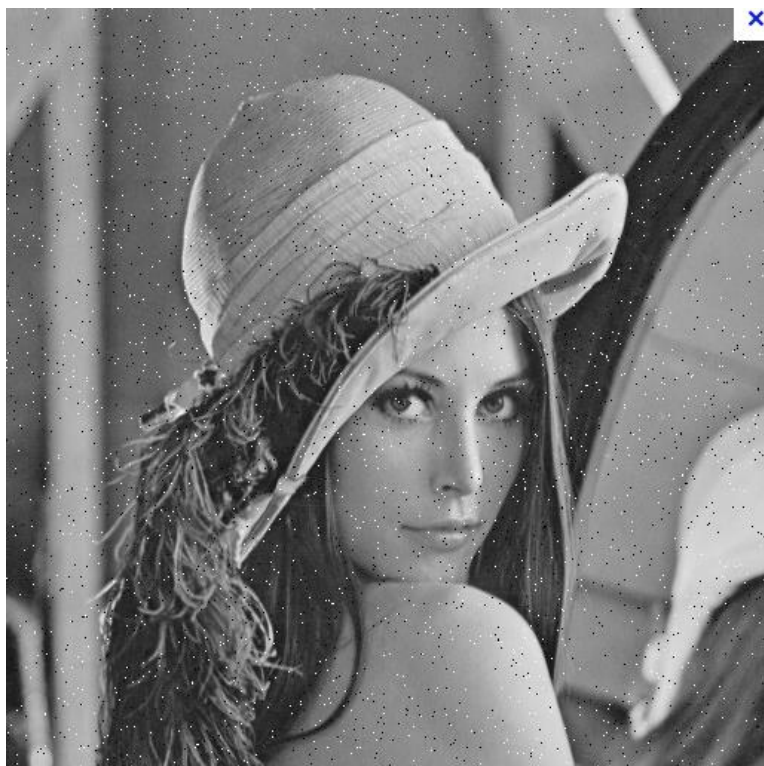
$$|I-TV| = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 14 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$I_{kq} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 2 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

# Kỹ thuật 1: Lọc trung vị

---

Hiệu quả đối với hai loại nhiễu: nhiễu đốm (speckle noise) và nhiễu muối tiêu (salt-pepper noise)



# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---

- Với mỗi P, lấy cửa sổ  $W(P)$
- Tính trung bình  $TB(P)$  trong cửa sổ  $W(P)$
- $I'(P) = \begin{cases} I(P) & \text{nếu } |I(P) - TB(P)| \leq \theta \\ TB(P) & \text{nếu ngược lại} \end{cases}$
- $\theta > 0$  là một ngưỡng cho trước

# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---

- Việc tính ảnh trung bình chính là thực hiện cuộn với mặt nạ với các phần tử có trọng số bằng nhau và bằng  $1/m \times n$
- Ví dụ với mặt nạ  $3 \times 3$  trọng số mỗi phần tử bằng  $1/9$

$$\frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$W_{3 \times 3}, \theta = 2$$

# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---

$$I = \begin{array}{c} \begin{array}{|ccc|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 2 \\ 0 & 4 & 16 \\ \hline \end{array} & \begin{array}{cc} 3 & 2 \\ 2 & 1 \\ 4 & 2 \\ 2 & 1 \end{array} \end{array} \quad TB = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

TB(1,1)= (0+0+0+0+0+0+1+2+4+16)/9 =2.56 lấy tròn làm 3

TB(2,2)= (1+2+3+4+16+2+4+2+1)/9 =3.89 lấy tròn làm 4

# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$TB = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$W_{3 \times 3}, \theta = 2$$

$$|I(1,1) - TB(1,1)| = |1 - 3| = 2$$

$$|I - TB| = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 12 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---

$$\begin{array}{l}
 I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 16 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad TB = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \\
 \text{W}(3 \times 3); \theta = 2 \\
 |I-TB| = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 12 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad I_{kq} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 \\ 4 & 4 & 2 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}
 \end{array}$$



# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---

- Tác dụng của lọc trung vị và lọc trung bình: làm trơn ảnh, giảm nhiễu, hiệu quả với việc giảm nhiễu Gaussian
- Bộ lọc trung bình làm mờ các cạnh và chi tiết của ảnh
- Giá trị các pixel lân cận điểm nhiễu (pixel gốc) cũng bị thay đổi theo

# Kỹ thuật 2: Lọc trung bình

---



a

Ảnh nhiễu muối tiêu



b

Ảnh lọc trung bình

# Kỹ thuật 3: Lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

---

- Giả sử ta có ảnh I, điểm ảnh P, cửa sổ  $W(P)$ , ngưỡng  $\theta$  và số k
- B1: tìm k giá trị gần nhất với  $I(P)$   
 $\{I(q) \mid q \in W(P)\} \rightarrow \{k \text{ giá trị gần } I(p) \text{ nhất}\}$
- B2: tính trung bình  $\{k \text{ giá trị gần } I(P) \text{ nhất}\} \rightarrow TB_k(P)$
- B3: tính giá trị

$$I'(P) = \begin{cases} I(P) & \text{nếu } |I(P) - TB_k(P)| \leq \theta \\ TB_k(P) & \text{nếu ngược lại} \end{cases}$$

# Kỹ thuật 3: Lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

---

- Ví dụ: cho ảnh I ,  $W_{3 \times 3}$ ,  $\theta=2$ ,  $k=3$
- Thực hiện lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

	1	2	3	2
I=	4	16	2	1
	4	2	1	1
	2	1	2	1

# Kỹ thuật 3: Lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

---

I=	0	0	0			TB <sub>k</sub> (P)			
	0	1	2	3	2	0	2	2	2
	0	4	16	2	1	3	8	2	1
		4	2	1	1	3	2	1	1
		2	1	2	1	2	1	2	1

- Xét điểm ảnh tại tọa độ (1,1), đặt cửa sổ lên ảnh tại điểm (1,1) ta thu được các điểm như hình
- Tìm 3 điểm có giá trị gần giá trị 1 nhất: 1, 0, 0
- Tính trung bình 3 điểm này cho giá trị 0.33 lấy tròn là 0

## Kỹ thuật 3: Lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

									TB <sub>k</sub> (P)										
I=	1	2	3	2					0	2	2	2							
	4	16	2	1					3	8	2	1							
	4	2	1	1					3	2	1	1							
	2	1	2	1					2	1	2	1							

- Xét điểm ảnh tại tọa độ (2,2), đặt cửa sổ lên ảnh tại điểm (1,1) ta thu được các điểm như hình
- Tìm 3 điểm có giá trị gần giá trị 16 nhất: 16, 4, 4
- Tính trung bình 3 điểm này cho giá trị 8

# Kỹ thuật 3: Lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

---

					TB <sub>k</sub> (P)			
					0	2	2	2
I=	1	2	3	2	3	8	2	1
	4	16	2	1	3	2	1	1
	4	2	1	1	2	1	2	1
	2	1	2	1				
					I(P)-TB <sub>k</sub> (P)			
					1	0	1	0
					1	8	0	0
					1	0	0	0
					0	0	0	0

$$|I(1,1)-TB_k(1,1)|=|1-0|=1$$

# Kỹ thuật 3: Lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

[illegible]



# Kỹ thuật 3: Lọc trung bình theo k giá trị gần nhất

---

Nhận xét:

- Nếu  $k \geq$  kích thước của số  $W$  thì kỹ thuật này trở thành lọc trung bình
- Nếu  $k=1$  thì ảnh kết quả không thay đổi
- $\Rightarrow$  Chất lượng của kỹ thuật phụ thuộc vào số phân tử lựa chọn  $k$

# Kỹ thuật 4: Giả trung bình

---

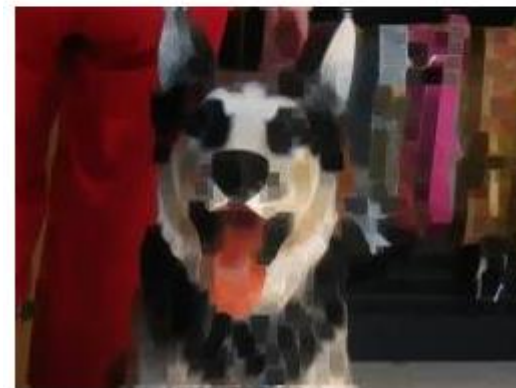
- $TB(P) = 0,5 \{ \max I(q) + \min I(q) \mid q \in W(P) \}$
- Phương pháp này thường dùng để lọc nhiễu ngẫu nhiên như nhiễu Gauss hoặc nhiễu thuần nhất

# Kỹ thuật 5: Lọc cực đại, lọc cực tiểu

---

## Lọc cực tiểu

- $I'(P) = \min \{I(q) \mid q \in W(P)\}$



# Kỹ thuật 5: Lọc cực đại, lọc cực tiểu

---

## Lọc cực đại

- $I'(P) = \max \{I(q) | q \in W(P)\}$

