

# CHƯƠNG 2: CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI KHÔNG PHỤ THUỘC VÀO KHÔNG GIAN VÀ CÁC PHÉP TOÁN TRÊN ĐA ẢNH

---

- Giới thiệu
- Các phép biến đổi không phụ thuộc vào không gian
- Các phép toán trên đa ảnh

## 2.1. Giới thiệu

---

### Biến đổi ảnh

- ◆ **Nguyên lý:** Thực hiện thay đổi giá trị của các điểm ảnh trên  $I$  để tạo thành ảnh  $I'$  có cùng kích thước với  $I$  nhưng có các tính chất mong muốn

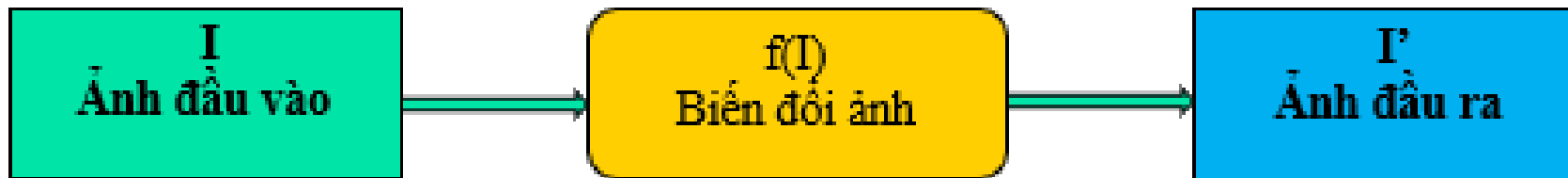
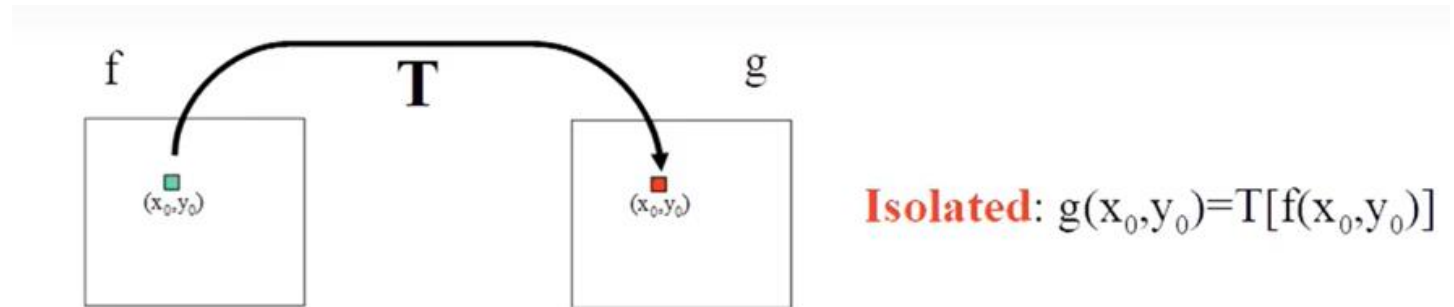
$$I_{N_x \times N_y} \xrightarrow{t} I'_{N_x \times N_y}$$

- ◆ **Biến đổi mức điểm (pixelwise):** Giá trị của 1 điểm ảnh trên  $I'$  được tính toán dựa trên giá trị của 1 điểm ảnh tương ứng trên  $I$
- ◆ **Biến đổi mức cục bộ (local):** Giá trị của 1 điểm ảnh trên  $I'$  được tính toán dựa trên giá trị của các điểm ảnh lân cận với điểm ảnh tương ứng trên  $I$
- ◆ **Biến đổi toàn cục (global):** Giá trị của 1 điểm ảnh trên  $I'$  được tính toán dựa trên giá trị của tất cả các điểm ảnh trên  $I$

## 2.1. Giới thiệu

- Các phép toán không phụ thuộc không gian là các phép toán toàn cục không phụ thuộc vào vị trí của điểm ảnh. Hay còn gọi là toán tử xử lý điểm ảnh dùng các ánh xạ nhằm biến đổi giá trị của một điểm ảnh chỉ dựa vào giá trị của chính nó mà không quan tâm đến giá trị của điểm ảnh khác.

- $I'(m,n) = f(I(m,n))$



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

### Histogram (Lược đồ mức xám)

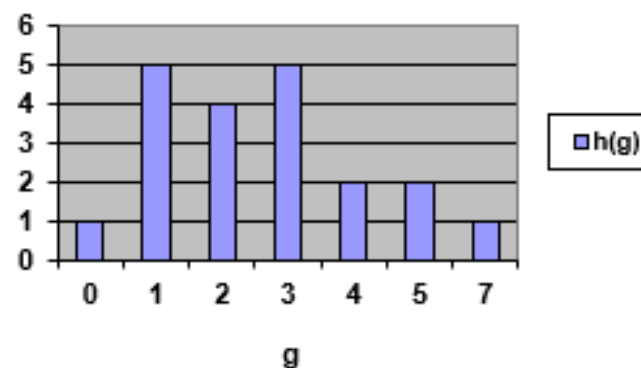
- Histogram là một biểu đồ cung cấp tần suất xuất hiện của mỗi mức xám trong ảnh
- Tần suất của cấp xám  $g$  là số điểm ảnh có mức xám  $g$  trong ảnh
- $h(g)$ : số điểm ảnh có giá trị bằng  $g$
- $h(g) = \# \{P \mid I(P) = g\}$

## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

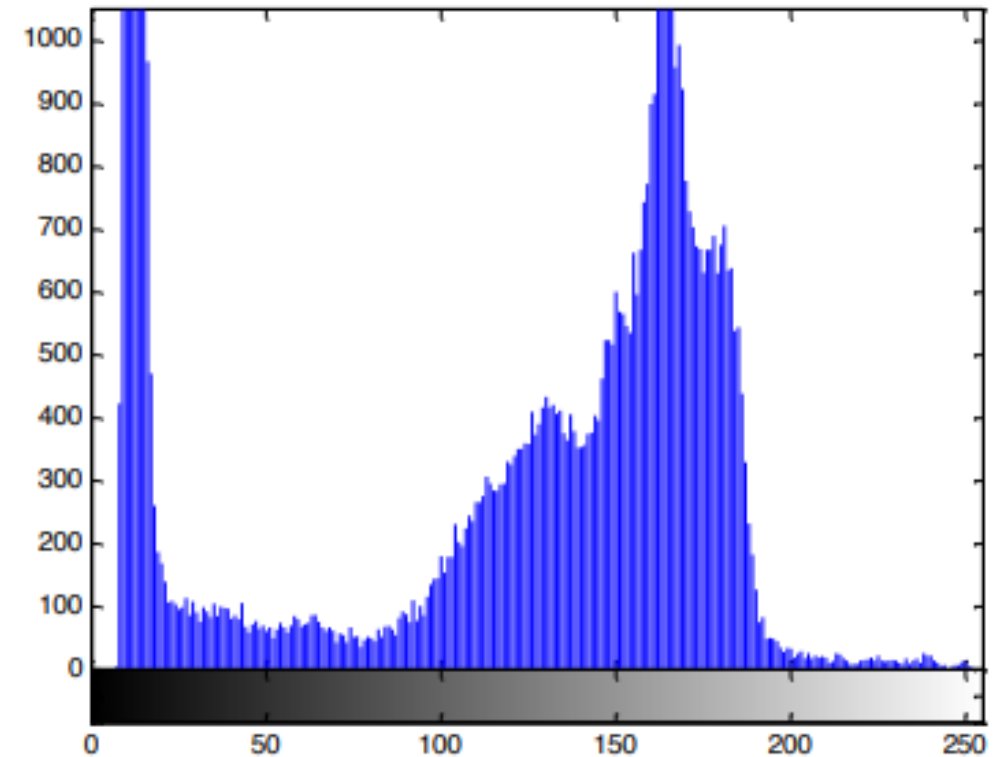
$$I = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 & 7 & 5 \\ 1 & 4 & 3 & 2 & 5 \\ 1 & 1 & 2 & 3 & 3 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

g	0	1	2	3	4	5	7
h(g)	1	5	4	5	2	2	1



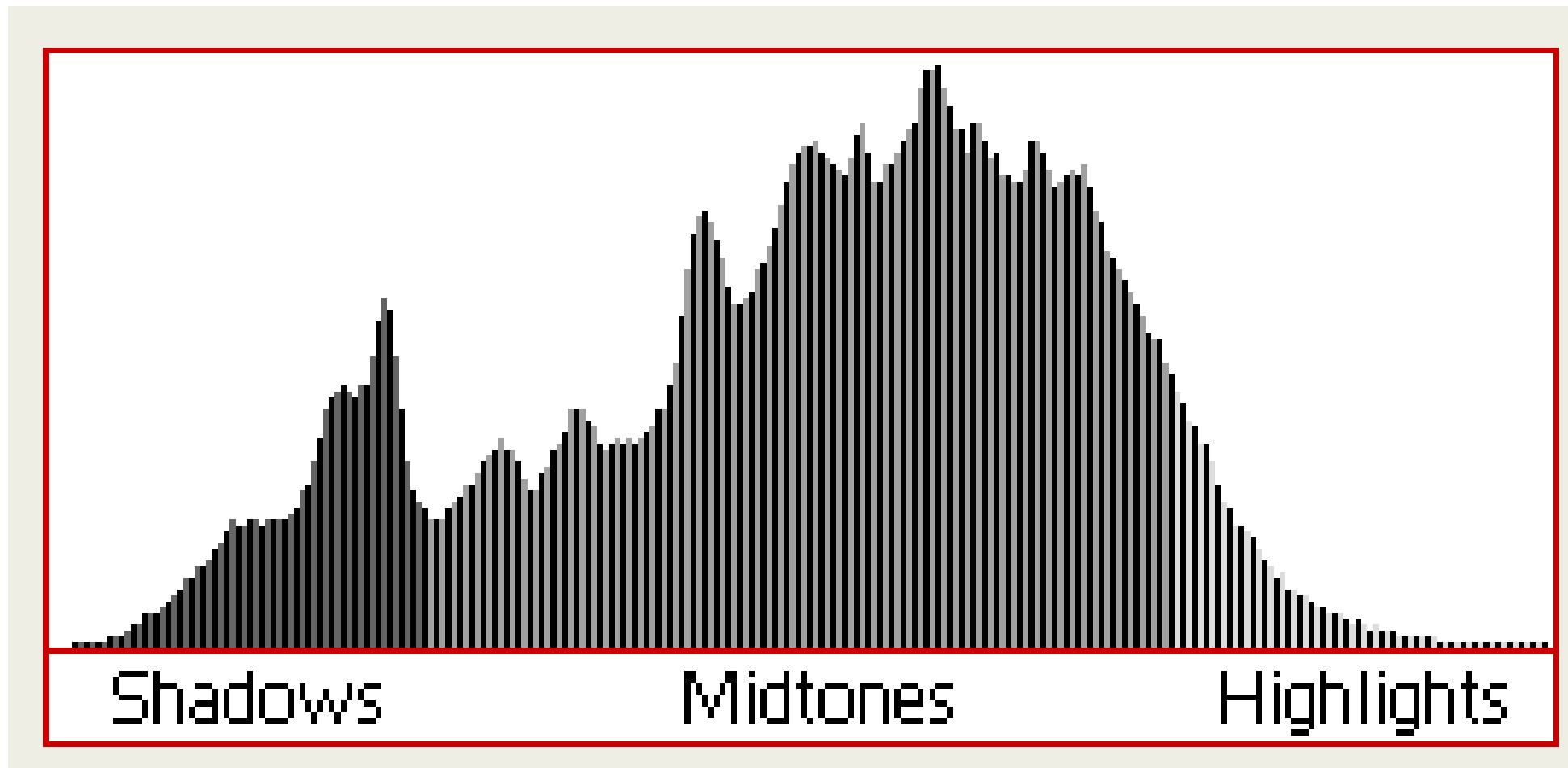
## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

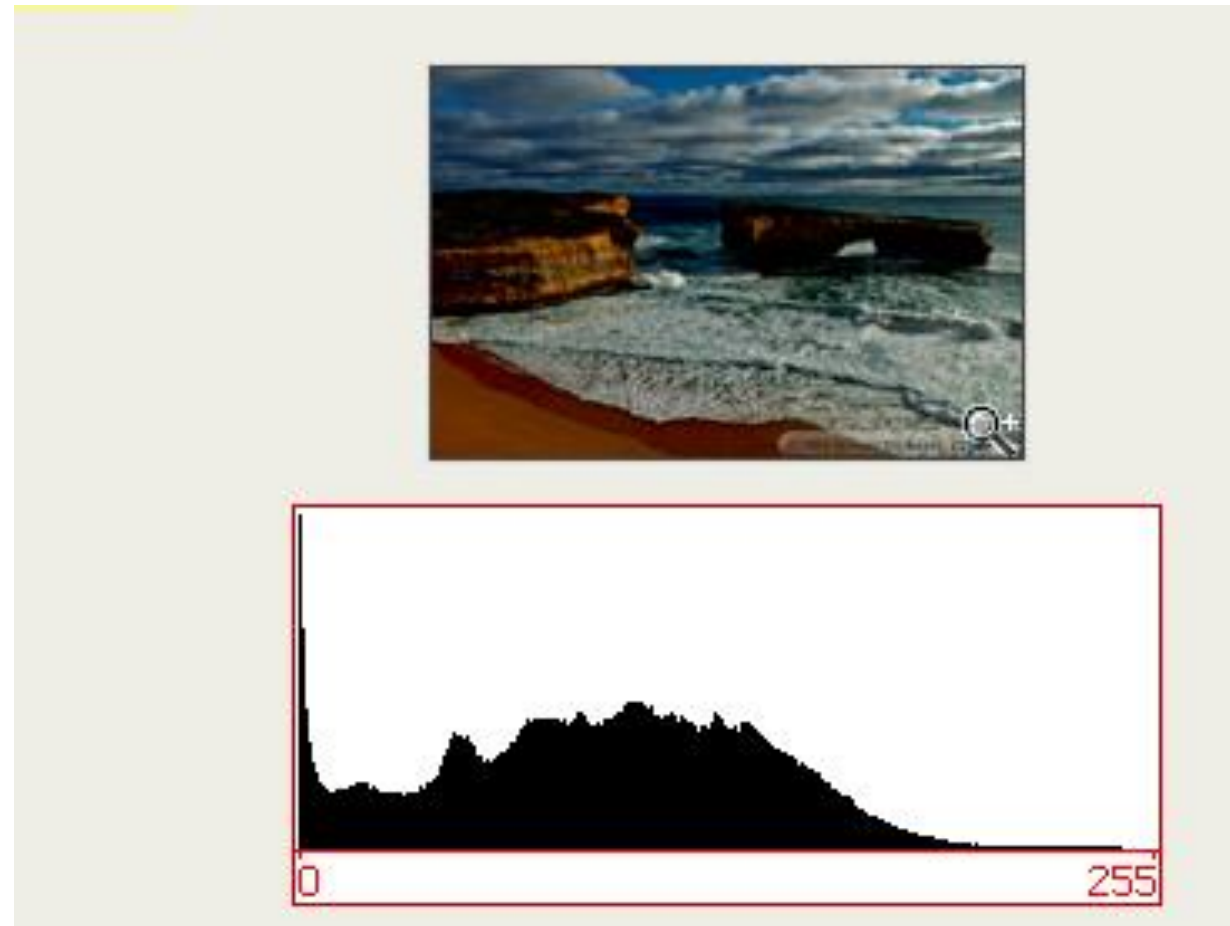
---



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

Ảnh tối

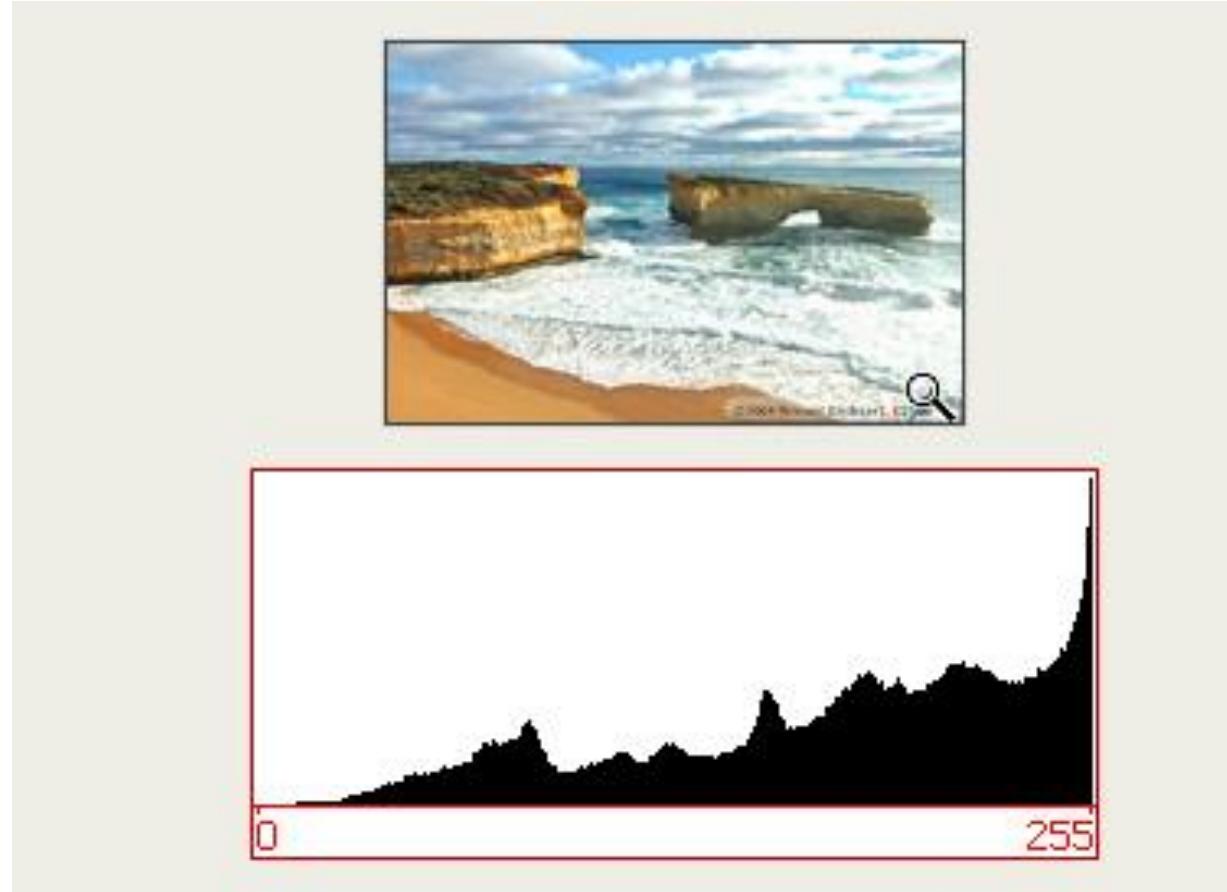




## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

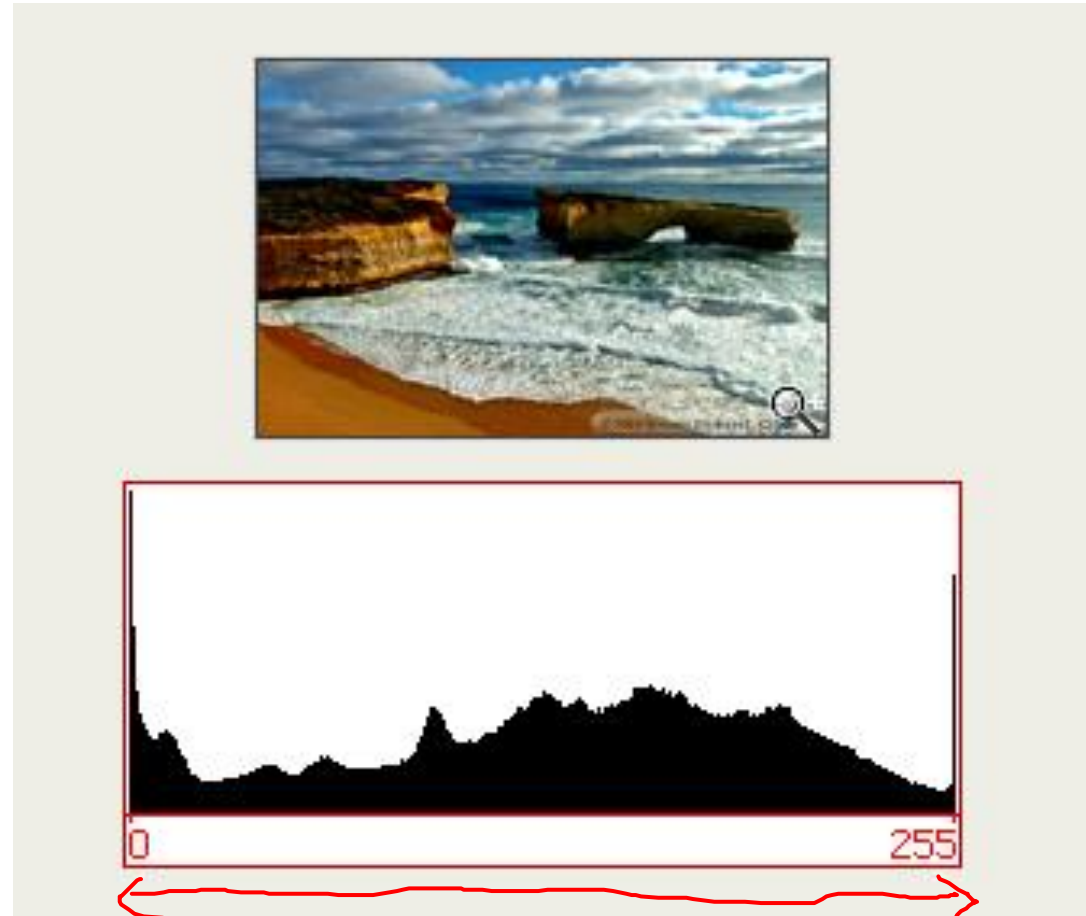
Ảnh sáng



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

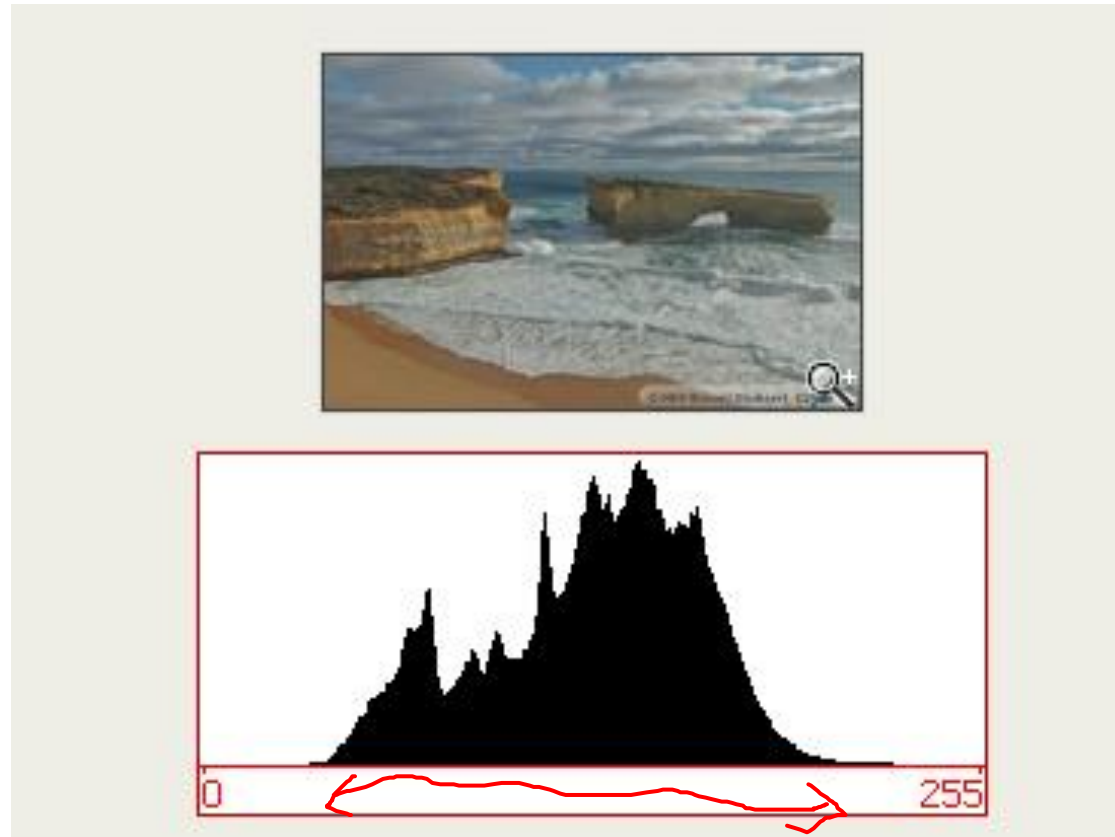
Ảnh độ tương phản cao



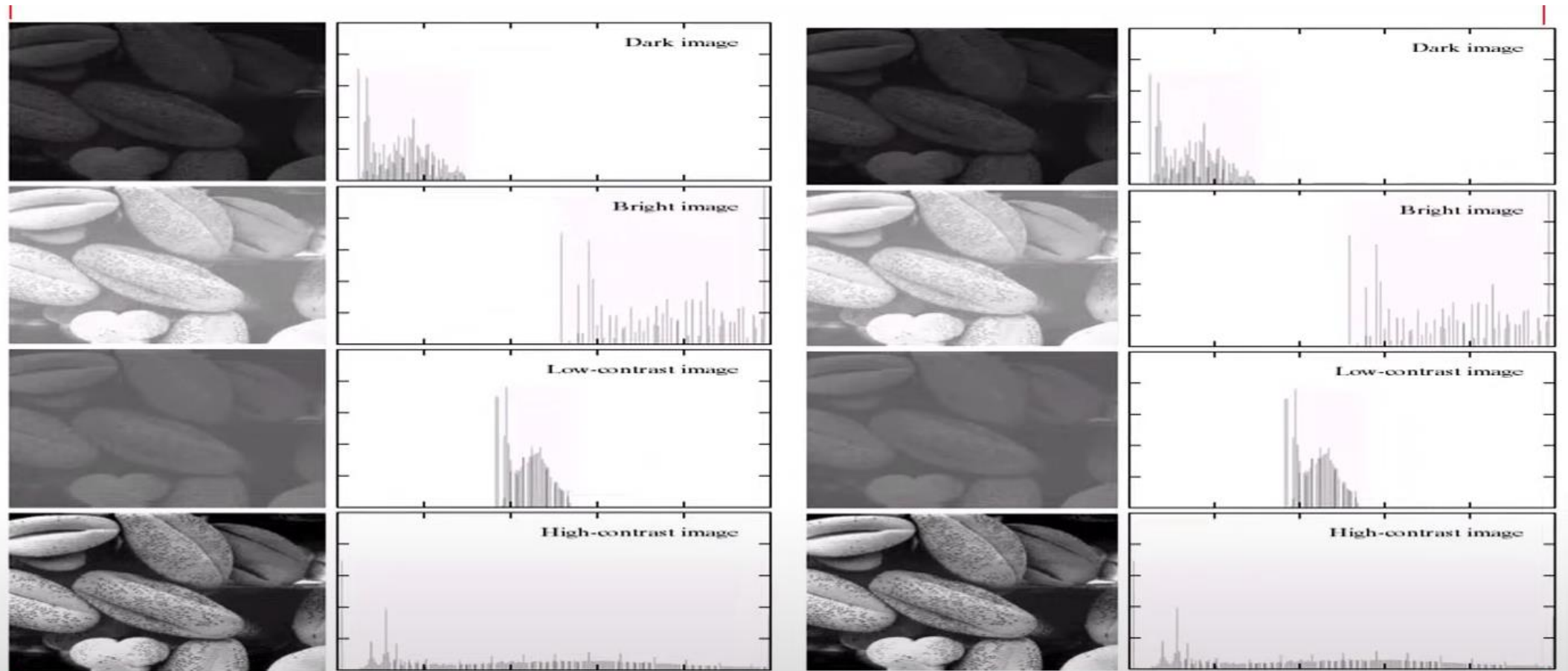
## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

Ảnh độ tương phản thấp



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian



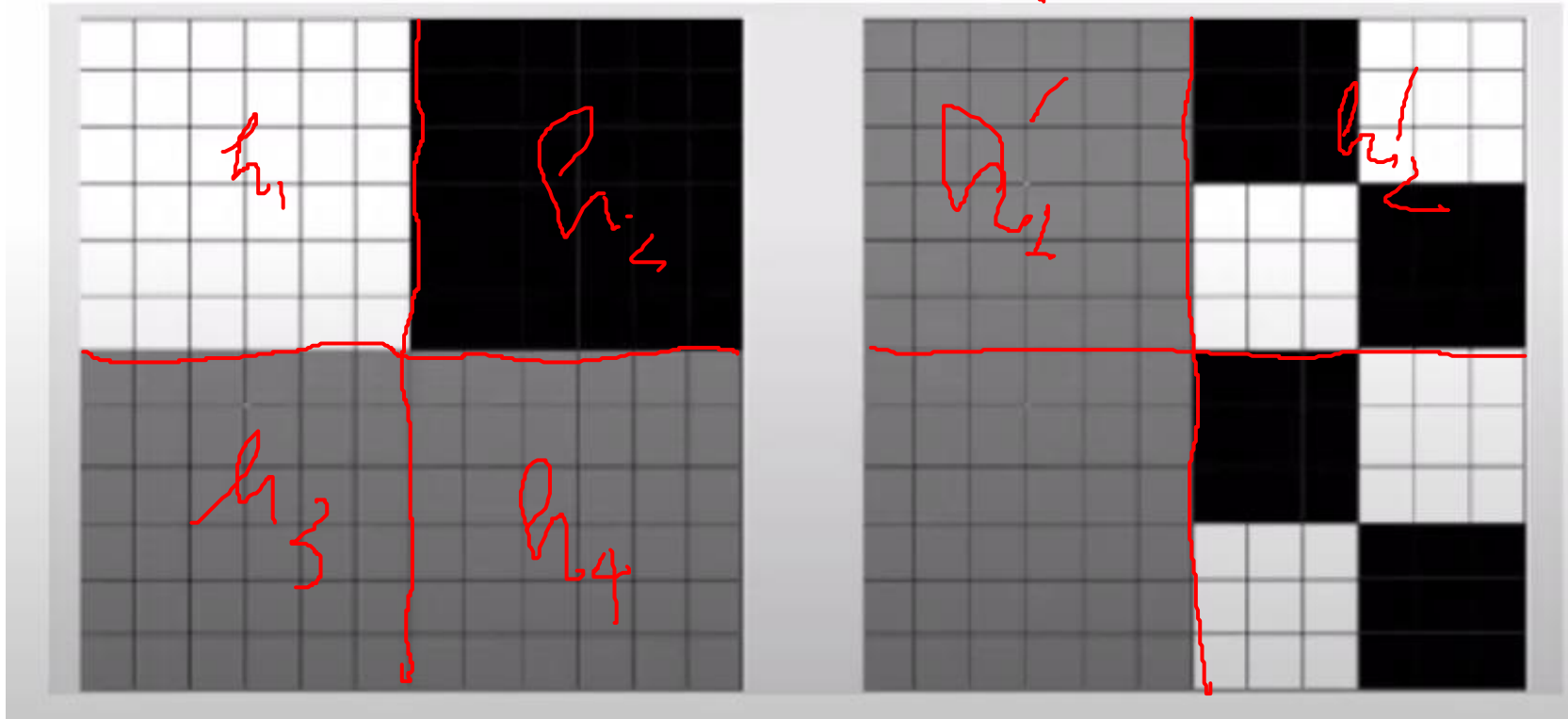
a b

**FIGURE 3.15** Four basic image types: dark, light, low contrast, high contrast, and their corresponding histograms. (Original image courtesy of Dr. Roger Heady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)

## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

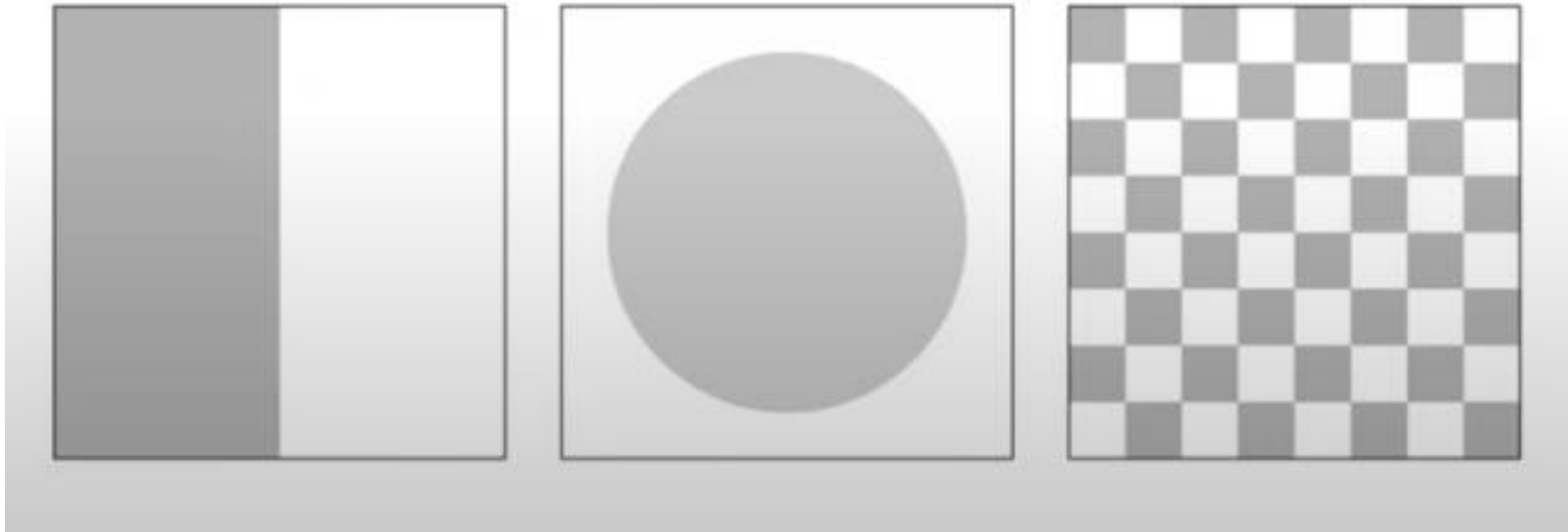
Đánh mất tính không gian của ảnh



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

Các ảnh khác nhau có cùng một histogram



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

---

- Độ sáng của ảnh (Image luminance)

Độ sáng của ảnh được xác định bằng trung bình của tất cả các mức xám trên ảnh

# Độ tương phản (Image contrast)

- Có thể được xác định bằng nhiều cách khác nhau:

- Dựa trên độ lệch

$$C = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} (f(x,y) - \text{Mean})^2}$$

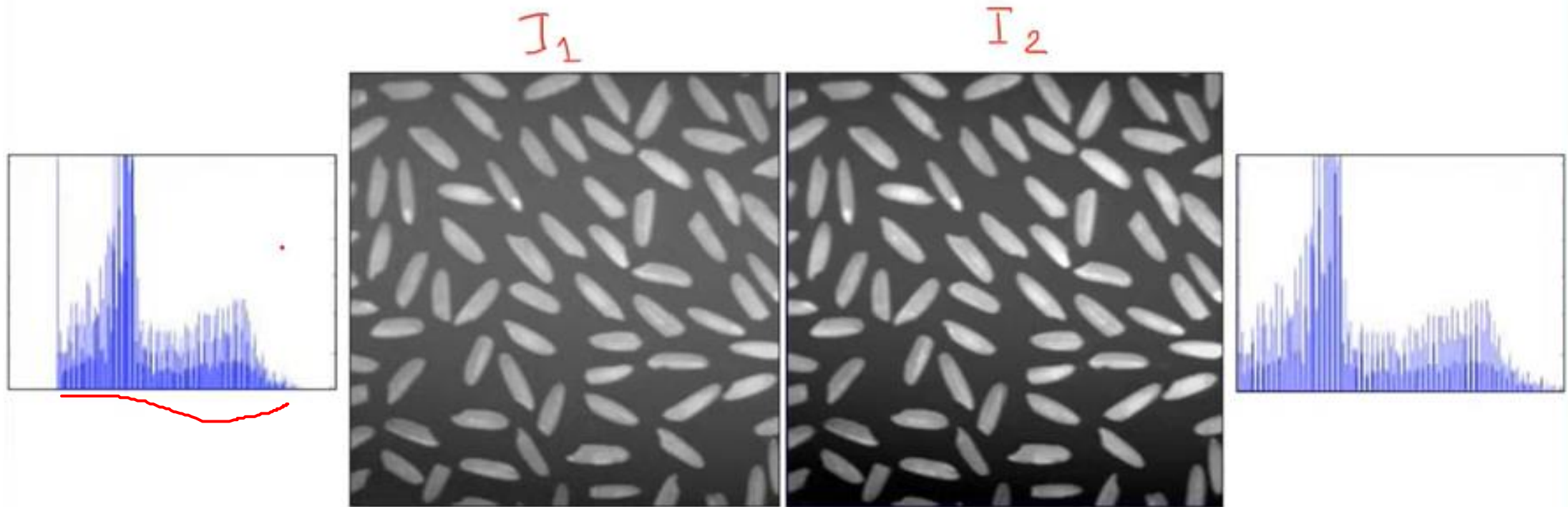
- Dựa trên sự thay đổi của giá trị mức xám

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



## 2.2. Các phép toán không phụ thuộc không gian

Hai ảnh sau có độ tương phản khác nhau:



# Kỹ thuật 1: Tăng giảm độ sáng của ảnh

---

- $I'(x, y) = I(x, y) + C \quad \forall (x, y)$
- $C > 0$  ảnh sáng lên
- $C < 0$  ảnh tối đi

Ví dụ: Ảnh đã bị tối đi và sáng lên



# Kỹ thuật 1: Tăng giảm độ sáng của ảnh

---

- $C=5$

	3	5	7				8	10	12
I=	8	4	3			I'=	13	9	8
	1	2	9				6	7	14

- $I'(1,1) = I(1,1) + C = 3 + 5 = 8$
- $I'(1,2) = I(1,2) + C = 5 + 5 = 10$

# Kỹ thuật 2: Tăng giảm độ tương phản

---

- $I'(x,y) = \alpha I(x,y) + \beta$
- $\alpha, \beta$  là các hằng số
- $\alpha > 1$  độ tương phản tăng
- $\alpha < 1$  độ tương phản giảm



Ảnh gốc

Tăng độ tương phản

Giảm độ tương phản

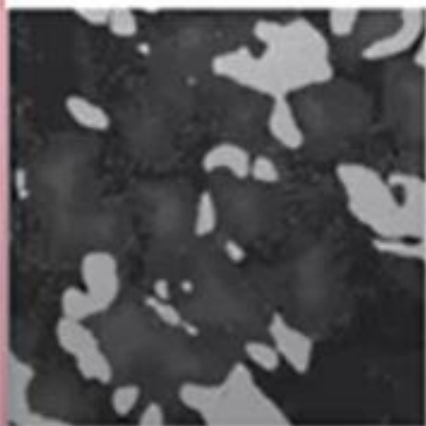
# Kỹ thuật 2: Tăng giảm độ tương phản

---

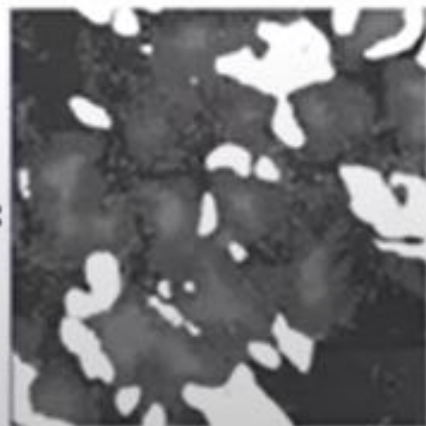
- $\alpha = 2, \beta = 5$

	3	5	7				11	15	19
I=	8	4	3			I'=	21	13	11
	1	2	9				7	9	23

- $I'(1,1) = I(1,1) * \alpha + \beta = 3 * 2 + 5 = 11$
- $I'(1,2) = I(1,2) * \alpha + \beta = 5 * 2 + 5 = 15$



**x1,5 =**



**x1,2 =**



# Kỹ thuật 3: Kéo dẫn độ tương phản

---

- Kéo dẫn histogram từ  $[0, 255]$

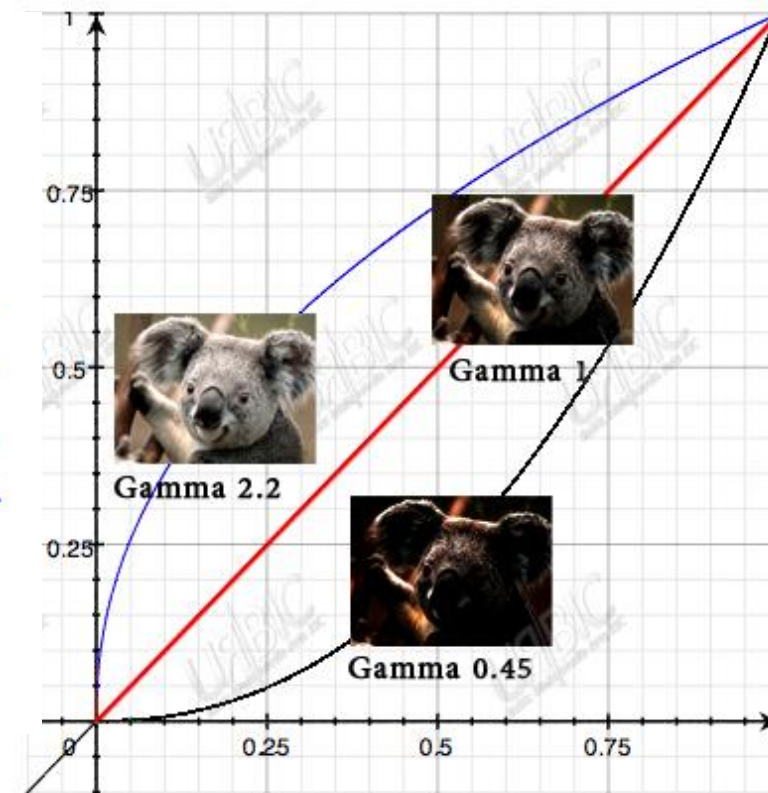
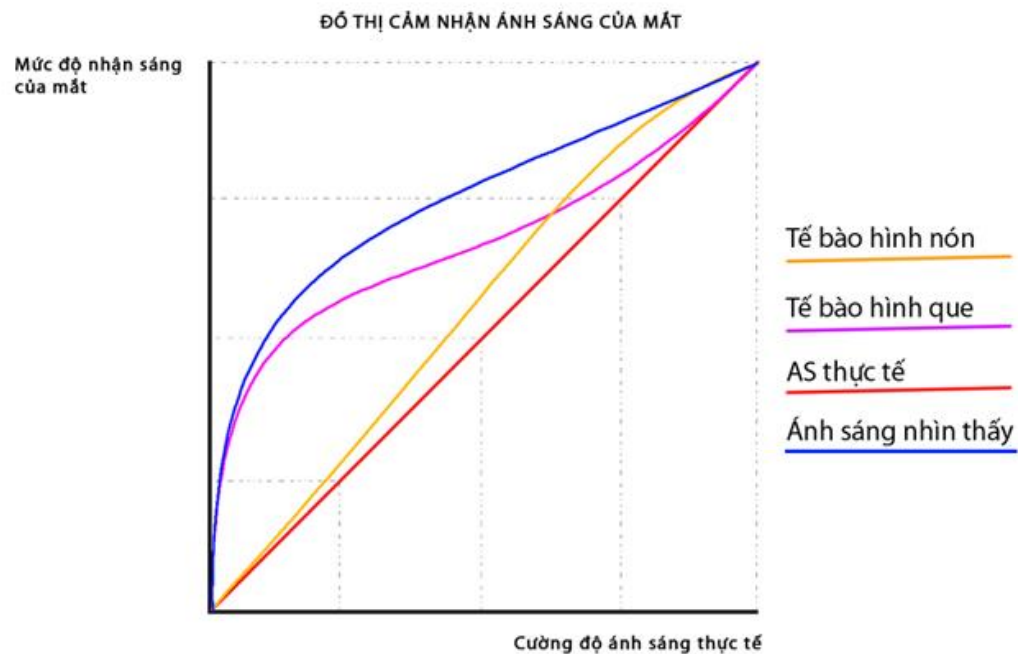
$$output(x) = \begin{cases} 0 & x < low \\ \frac{255 * (x - low)}{high - low} & low \leq x \leq high \\ 255 & x > high \end{cases}$$

low và high là giá trị cấp xám thấp nhất và cao nhất trong ảnh



# Kỹ thuật 4: Hiệu chỉnh gamma

- $I'(x, y) = (I(x, y))^\gamma = e^{\gamma \ln I(x, y)}$





# Kỹ thuật 5: Tách ngưỡng

---

$\theta > 0$  : ngưỡng

$$I'(x, y) = \begin{cases} \text{Max} & \text{nếu } I(x, y) \geq \theta \\ \text{Min} & \text{nếu } I(x, y) < \theta \end{cases}$$

- Nếu  $\text{Max}=1$ ,  $\text{Min}=0$  thì ta có ảnh đen trắng
- Sai số:
  - $g \in \text{nền}$ , xếp  $g$  vào vùng ảnh (dính, bắt nhầm)
  - $g \in \text{đối tượng}$ , xếp  $g$  vào nền (đứt nét, bỏ sót)

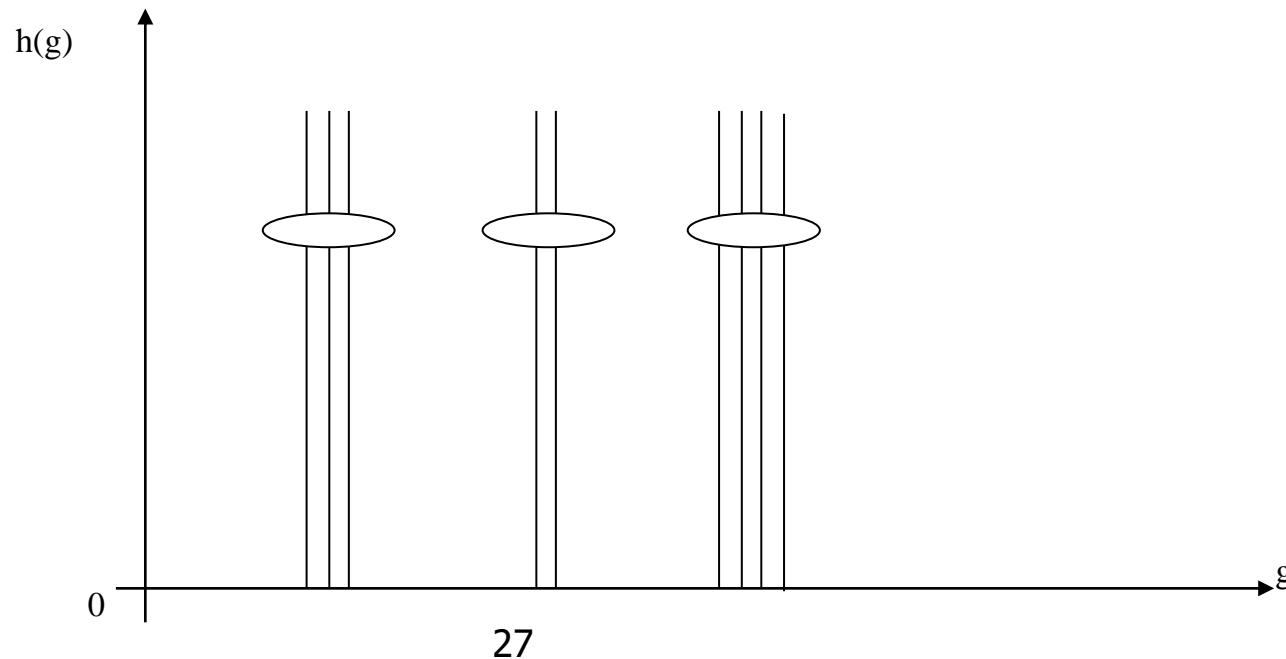
# Kỹ thuật 5: Tách ngưỡng



## Kỹ thuật 6: Bó cụm -bunching (tách theo nhiều ngưỡng)

---

- Mục đích: giảm bớt cấp xám của ảnh bằng cách nhóm lại các cấp xám gần nhau thành cấp xám mới. Trong trường hợp hai nhóm thì chính là tách ngưỡng.



## Kỹ thuật 6: Bó cụm -bunching (tách theo nhiều ngưỡng)

---

- Cho một tập các ngưỡng theo thứ tự tăng dần  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$

$$I'(x, y) = \begin{cases} \theta_i & \text{nếu } \theta_{i-1} \leq I(x, y) \leq \theta_i \\ 0 & \text{nếu } I(x, y) < \theta_1 \\ \text{Max} & \text{nếu } I(x, y) > \theta_k \end{cases}$$

## Kỹ thuật 6: Bó cụm -bunching (tách theo nhiều ngưỡng)

---

- Chia các nhóm đều nhau có kích thước là `bunch_size`

$$I'(x, y) = \frac{I(x, y)}{\text{bunch\_size}} * \text{bunch\_size}$$

- Đây là phép chia lấy phần nguyên

## Kỹ thuật 6: Bó cụm -bunching (tách theo nhiều ngưỡng)

---

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

$$I'(x, y) = \frac{I(x, y)}{bunch\_size} * bunch\_size$$

$$I'(1,1) = \frac{1}{3} * 3 = 0$$

bunch\_size=3

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

[0, 1, 2] [3, 4, 5] [6, 7, 8] [9, 10, 11]

↓ ↓ ↓ ↓

0 3 6 9

# Kỹ thuật 7: Tách ngưỡng tự động

---

- Gọi  $t(g)$  số điểm ảnh có giá trị  $\leq g$
- $G$  là số mức xám được xét kể cả khuyết thiếu
- $P$  là số điểm ảnh được xét
- $m(g)$  giá trị trung bình các điểm ảnh  $\leq g$
- $i.h(i)$  là momen quán tính của điểm  $i$
- $m(g)$  là moment quán tính trung bình của các điểm có mức xám  $\leq g$
- $A(g)=t(g)/(P-t(g))$
- $B(g)=[m(g)-m(G-1)]^2$
- $f(g)=A(g)*B(g)-1.$
- Tìm  $\theta$  sao cho  $f(\theta)=\max \{f(g), \text{ với } g \leq G-1 \}$

# Kỹ thuật 7: Tách ngưỡng tự động

---

- Ví dụ:  $G=9$  hãy tách ngưỡng tự động ảnh này

1	4	2	8	5	7
4	2	8	5	7	1
0	8	5	7	1	4
0	0	7	1	4	2
0	0	0	4	2	8
0	0	0	0	8	5
0	0	0	0	0	7



# Kỹ thuật 7: Tách ngưỡng tự động

g	h(g)	t(g)	g*h(g)	sum(i*h(i))	m(g)	A(g)	B(g)	f(g)
0	15	15	0	0	0	0.56	9.14	4.08
1	4	19	4	4	0.21	0.83	7.91	5.54
2	4	23	8	12	0.52	1.21	6.26	6.58
4	5	28	20	32	1.14	2	3.53	6.08
5	4	32	20	52	1.63	3.2	1.96	5.26
7	5	37	35	87	2.35	7.4	0.45	2.35
8	5	42	40	127	3.02	####	0	####

$$t(1)=t(0)+h(1) \\ =15+4=19$$

$$m(0)=\text{sum}(i*h(i))/t(0) \\ =0/15=0$$

$$A(0)=t(0)/(P-t(0)) \\ =15/(42-15)=0.56$$

$$f(0)=A(0)*B(0)-1 \\ =0.56*9.14-1=4.08$$

$\downarrow$   
 $\underline{F(2)}$  cho giá trị lớn nhất vì vậy ngưỡng tự động là 2

$$\uparrow \\ B(0)=(m(0)-m(9-1))^2 \\ =(0-3.02)^2=9.14$$

---

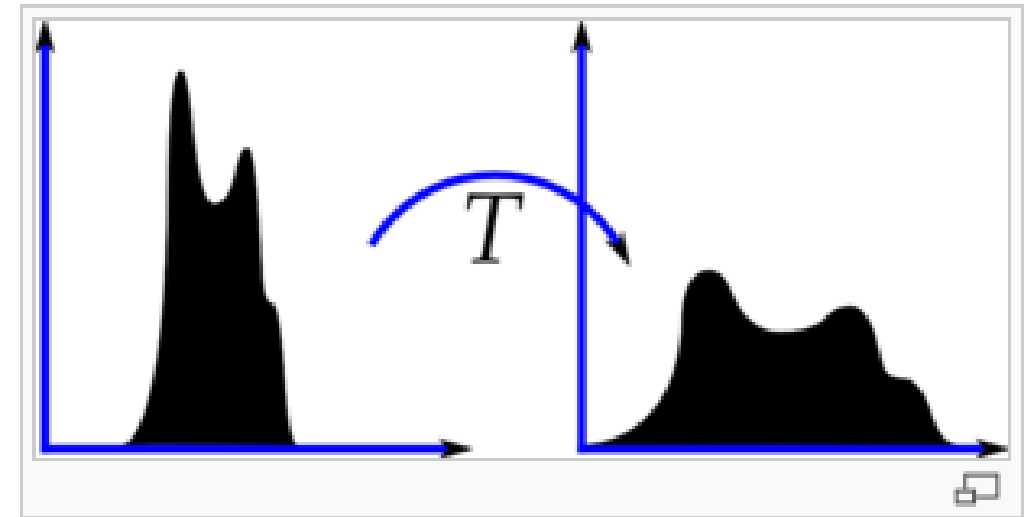
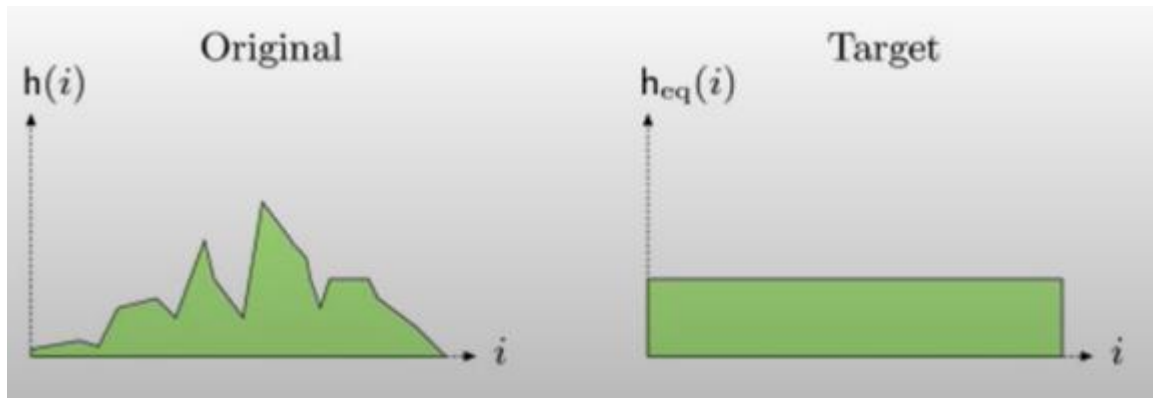
2	3	4	1	5	7
3	4	5	2	1	0
1	2	0	3	2	4
4	5	1	7	2	6
2	4	5	3	2	1
6	0	1	2	5	7
G=8					

---

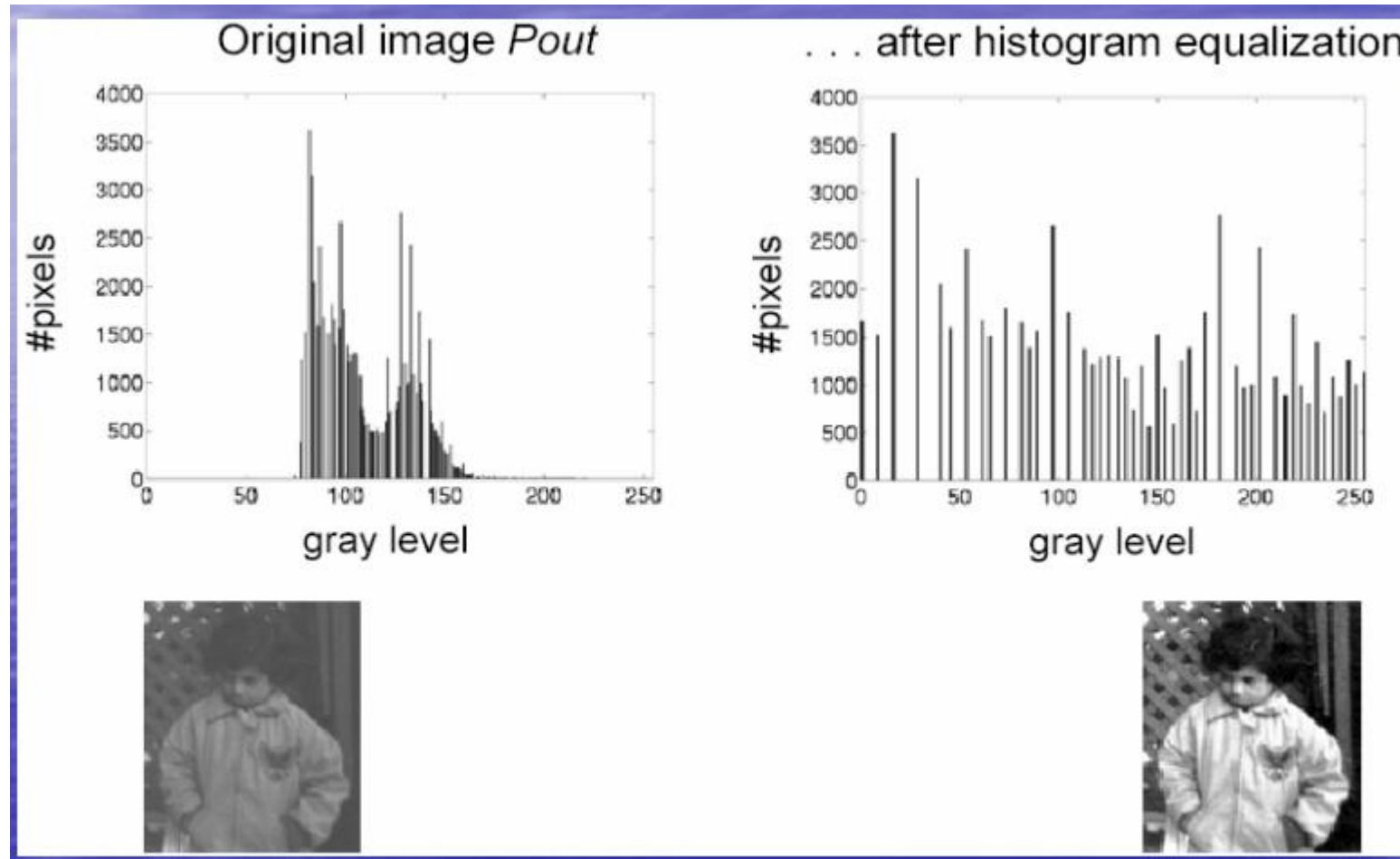
g	hg	tg	g*hg	sum(i*hi)	mg	Ag	Bg	fg
0	3	3	0	0	0	0.09	9.67	-0.13
1	6	9	6	6	0.67	0.33	5.95	0.96
2	8	17	16	22	1.29	0.89	3.31	1.95
3	4	21	12	34	1.62	1.4	2.22	2.11
4	5	26	20	54	2.08	2.6	1.06	1.76
5	5	31	25	79	2.55	6.2	0.31	0.92
6	2	33	12	91	2.76	11	0.12	0.32
7	3	36	21	112	3.11	#####	0	#####

# Kỹ thuật 8: Cân bằng histogram

- Cân bằng lý tưởng: với mọi  $g, g': g \neq g'$  thì  $h(g)=h(g')$
- Trong trường hợp không cân bằng, chia histogram thành các đoạn và các vùng chia là xấp xỉ bằng nhau (về số điểm trong histogram)



# Kỹ thuật 8: Cân bằng histogram



# Kỹ thuật 8: Cân bằng histogram

---

- $t(g)$ : là số điểm ảnh có mức xám  $\leq g$
- $t(g) = \text{Sum}(h(i); 0 \leq i \leq g)$
- $M, N$  là kích thước của ảnh  $I$
- New level: là số mức xám cần cân bằng
- $f(g) = \max(0, \text{round}((t(g)/(M*N))*\text{new\_level}-1))$
- đặt  $TB = (M*N)/\text{new\_level}$
- Khi đó  $f(g) = \max(0, \text{round}(t(g)/TB-1))$

# Kỹ thuật 8: Cân bằng histogram

---

- Cho ảnh I và new\_level=6, hãy cân bằng histogram

$$TB = 6 \times 7 / 6 = 7$$

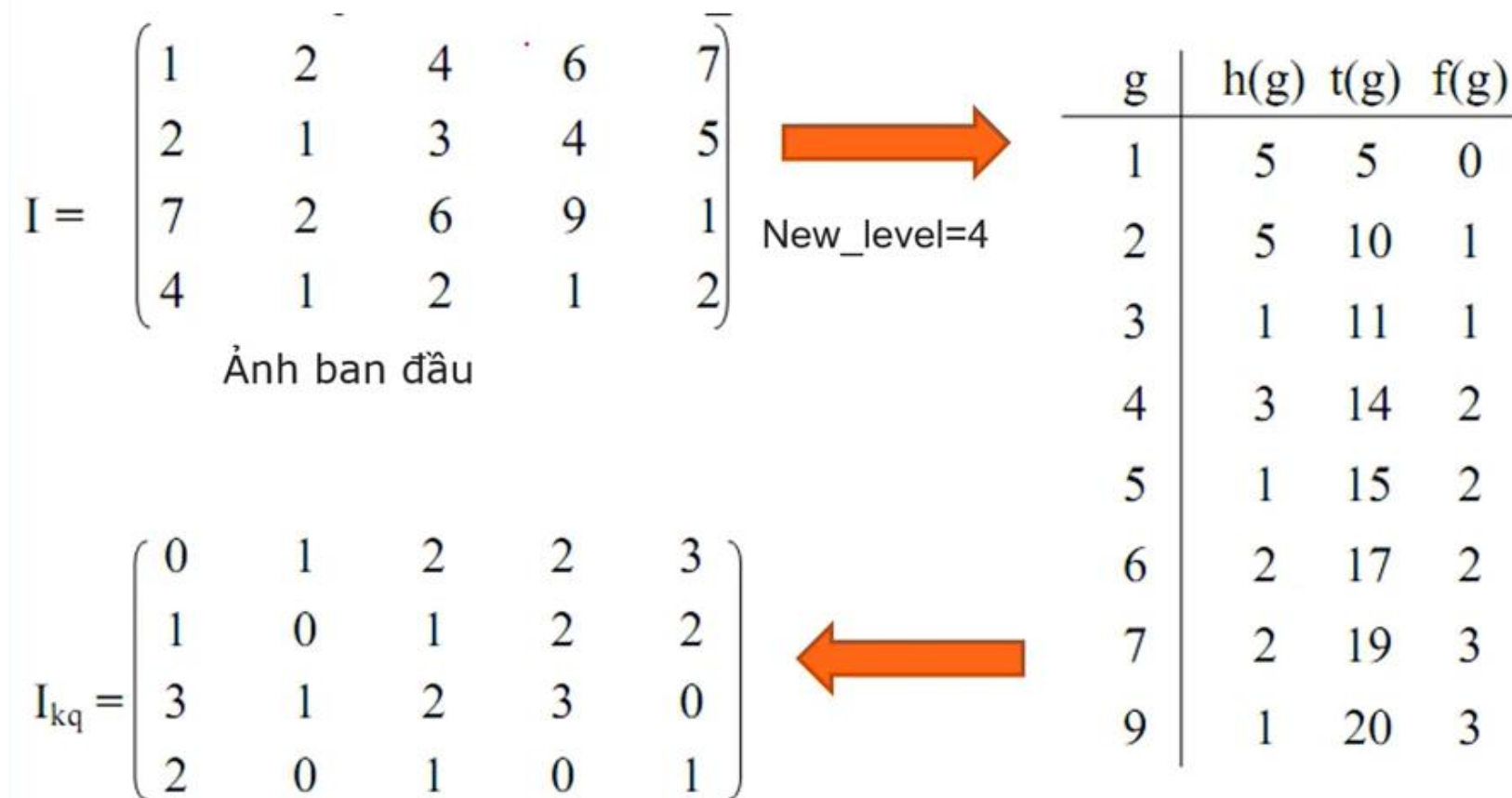
$$f(0) = \max(0, \text{round}(t(0)/7-1))$$

$$= \max(0, \text{round}(15/7-1)) = 1$$



1	4	2	8	5	7	g	h(g)	t(g)	f(g)
4	2	8	5	7	1	0	15	15	1
0	8	5	7	1	4	1	4	19	2
0	0	7	1	4	2	2	4	23	2
0	0	0	4	2	8	4	5	28	3
0	0	0	0	8	5	5	4	32	4
0	0	0	0	0	7	7	5	37	4
						8	5	42	5

# Kỹ thuật 8: Cân bằng histogram





# Kỹ thuật 9: Ảnh âm bản

---

- $I'(x,y) = L - I(x,y) \quad \forall (x,y)$
- $I(x,y) \in [0, \underline{L}]$
- Ảnh âm bản có màu sắc là các màu bù của ảnh gốc



# Kỹ thuật 10: Sử dụng bảng tra

---

## Look up table (LUT)

LUT đơn giản là một mảng sử dụng các giá trị điểm ảnh hiện tại làm chỉ mục tới các giá trị mới được lưu trong bảng. Khi đó tránh được các tính toán lặp cần thiết

# Kỹ thuật 10: Sử dụng bảng tra

---

Ảnh đầu vào					LUT		Ảnh đầu ra				
7	7	5	4	2	0	0	5	5	3	2	1
7	6	4	3	0	1	0	5	4	2	1	0
7	6	4	3	1	2	1	5	4	2	1	0
6	6	4	2	0	3	1	4	4	2	1	0
5	5	3	1	0	4	2	3	3	1	0	0
					5	3					
					6	4					
					7	5					

# Kỹ thuật 10: Sử dụng bảng tra – **Dùng** **KTPM N01**

---

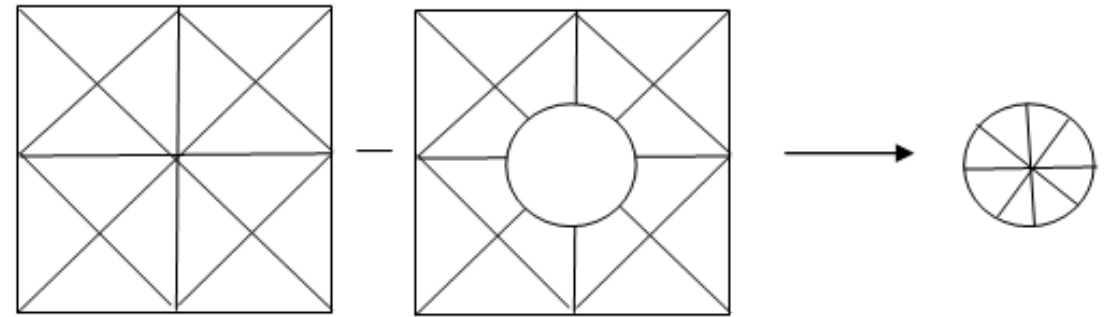
Ảnh đầu vào					LUT		Ảnh đầu ra				
7	7	5	4	2	0	0	5	5	3	2	1
7	6	4	3	0	1	0	5	4	2	1	0
7	6	4	3	1	2	1	5	4	2	1	0
6	6	4	2	0	3	1	4	4	2	1	0
5	5	3	1	0	4	2	3	3	1	0	0
					5	3					
					6	4					
					7	5					

## 2.3. Thao tác trên đa ảnh

---

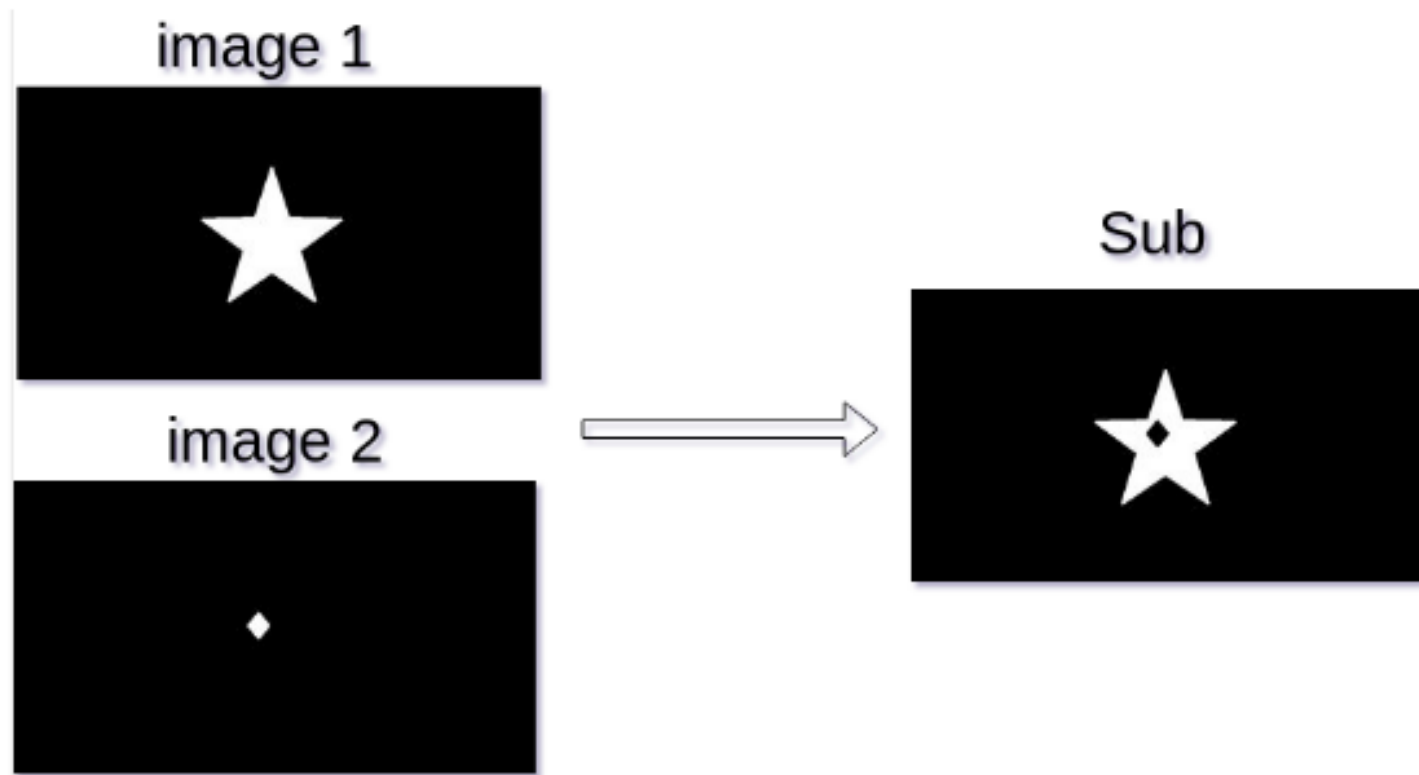
### Kỹ thuật 1: Trừ hai ảnh

- $I(P) = \max \{ (I_2(P) - I_1(P)), 0 \} \quad \forall P \text{ (P là tọa độ)}$
- Hoặc  $I(P) = |I_1(P) - I_2(P)|$
- $I(P) = \max - |I_2(P) - I_1(P)|$
- Ứng dụng:
  - -để nén ảnh, tách ảnh khỏi nền, truyền ảnh, nhận dạng, phát hiện cảnh phim, phát hiện đối tượng chuyển động,
  - xác định bất thường, đối tượng

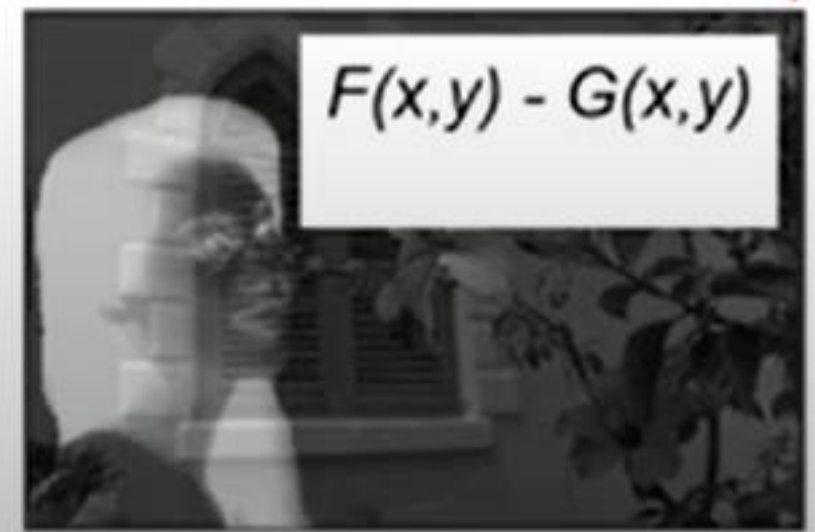


# Kỹ thuật 1: Trừ hai ảnh

---









# Kỹ thuật 2: Kỹ thuật cộng ảnh

---

- $I_{\alpha} [i, j] = (1-\alpha)I_1 [i, j] + \alpha I_2 [i, j]$
- $\alpha \in [0, 1]$
- Ứng dụng: trong hoạt hình, tái tạo hình ảnh



# Kỹ thuật 2: Kỹ thuật cộng ảnh

---

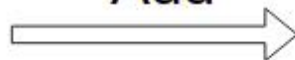
image 1



image 2



Add



Results



# Kỹ thuật 2: Kỹ thuật cộng ảnh

---

```
I = imread('rice.png');  
J = imread('cameraman.tif');  
  
K = imadd(I,J,'uint16');  
  
imshow(K,[])
```



# Kỹ thuật 2: Kỹ thuật cộng ảnh

---



# Kỹ thuật 2: Kỹ thuật cộng ảnh

---

- Tăng mức sáng của ảnh bằng cách cộng ảnh với chính nó





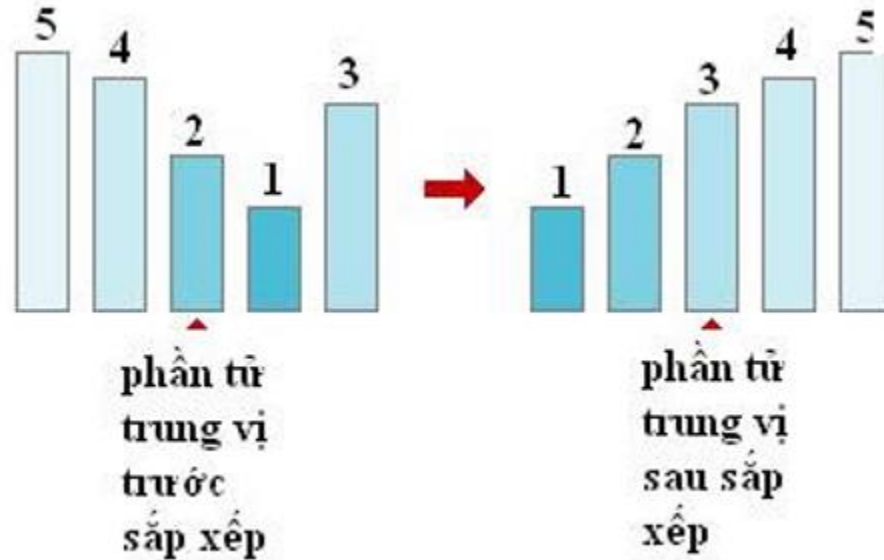
# Kỹ thuật 3: Lọc trung vị đa ảnh

---

## Định nghĩa1: Trung vị (Median)

- Cho dãy  $x_1; x_2...; x_n$  đơn điệu tăng (giảm)
- Nếu  $n$  lẻ thì trung vị của dãy là  $x_{[(n+1)/2]}$
- Nếu  $n$  chẵn thì trung vị của dãy là  $(x_{[n/2]} + x_{[n/2]+1})/2$

# Kỹ thuật 3: Lọc trung vị đa ảnh



N lẻ

Cho chuỗi 5, 8, 9, 3, 1, 4, 2, 6

Sắp xếp: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9

$N = 8$ , chẵn

Trung vị:  $(4+5)/2 = \underline{4.5}$



# Kỹ thuật 3: Lọc trung vị đa ảnh

---

## Mệnh đề 1

- Cho dãy  $x_1, x_2, \dots, x_n$

$$\sum_{k=1}^n |x - x_k| \rightarrow \min \text{ tại trung vị}$$

## Kỹ thuật 3: Lọc trung vị đa ảnh

---

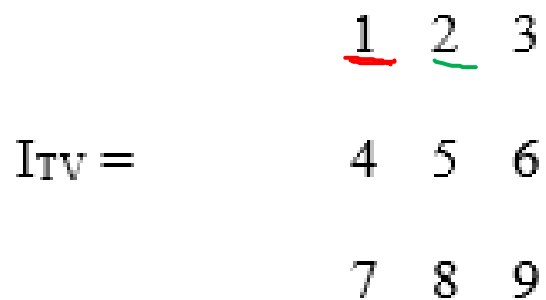
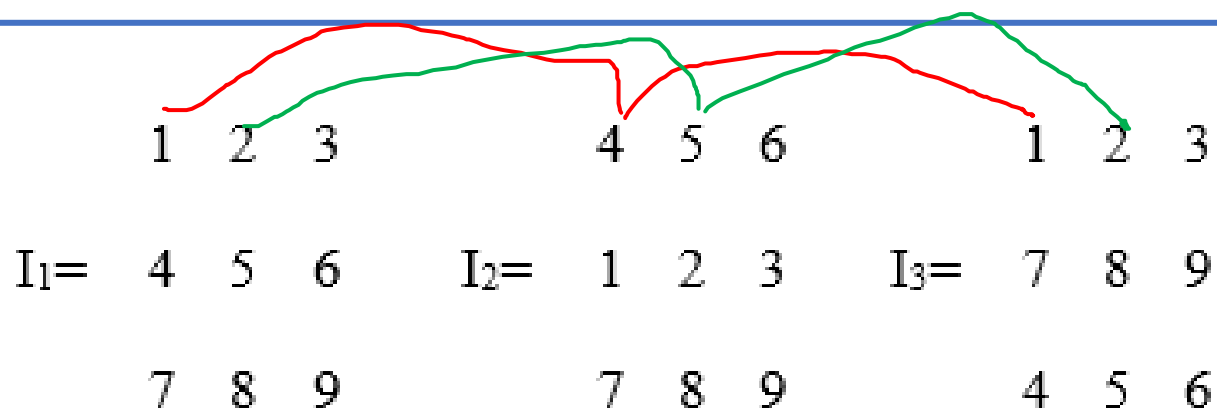
- Cho trước dãy ảnh  $I_1, I_2, \dots, I_n$ . Ảnh trung vị của dãy ảnh là  $I_{Tv}$  trong đó mỗi  $I_{Tv}(P)$  là trung vị của dãy  $I_1(P), I_2(P), \dots, I_n(P)$
- Ứng dụng: dùng để lấy ảnh đặc trưng trong dãy ảnh

# Kỹ thuật 3: Lọc trung vị đa ảnh

---

	1	2	3		4	5	6		1	2	3
$I_1=$	4	5	6	$I_2=$	1	2	3	$I_3=$	7	8	9
	7	8	9		7	8	9		4	5	6

# Kỹ thuật 3: Lọc trung vị đa ảnh



$I_{TV}(1,1) = \text{trung vị } \{I_1(1,1), I_2(1,1), I_3(1,1)\}$   
 $= \text{trung vị } \{1, 4, 1\} = 1$

# Kỹ thuật 4: Lọc trung bình đa ảnh

---

- Cho dãy  $x_1, x_2, \dots, x_n$  khi đó trung bình của dãy là:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

## Mệnh đề 2

Cho dãy  $x_1, x_2, \dots, x_n$

$$\sum_{k=1}^n (x - x_k)^2 \rightarrow \min \text{ tại giá trị trung bình}$$

## Kỹ thuật 4: Lọc trung bình đa ảnh

---

- Cho trước dãy ảnh  $I_1, I_2, \dots, I_n$  có cùng kích thước và thuộc tính. Ảnh trung bình của dãy là ảnh  $I_{TB}$  (P) là trung bình của dãy  $I_1(P), I_2(P), \dots, I_n(P)$ . P là tọa độ của ảnh.

$$I_{TB} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n I_k$$

- Ứng dụng: để lấy ảnh đặc trưng trong dãy ảnh

# Kỹ thuật 4: Lọc trung bình đa ảnh

---

- Cho dãy ảnh sau, tính ảnh trung bình

$$I_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \quad I_2 = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 3 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \quad I_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 7 & 8 & 9 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

# Kỹ thuật 4: Lọc trung bình đa ảnh

---

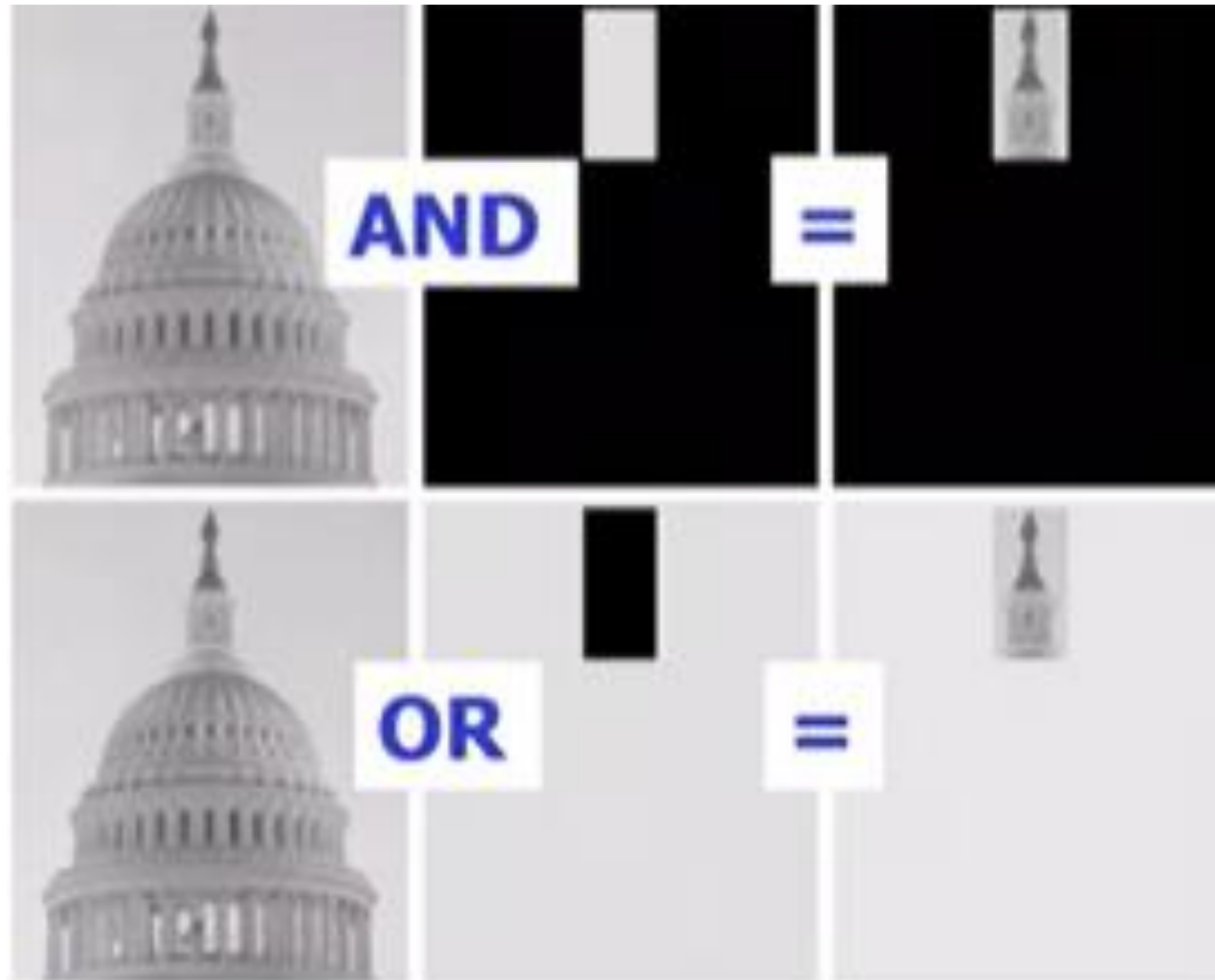
$$I_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \quad I_2 = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 3 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \quad I_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 7 & 8 & 9 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \quad I_{TB} = \begin{pmatrix} \underline{2} & \underline{3} & 4 \\ 4 & 5 & 6 \\ 6 & 7 & 8 \end{pmatrix}$$

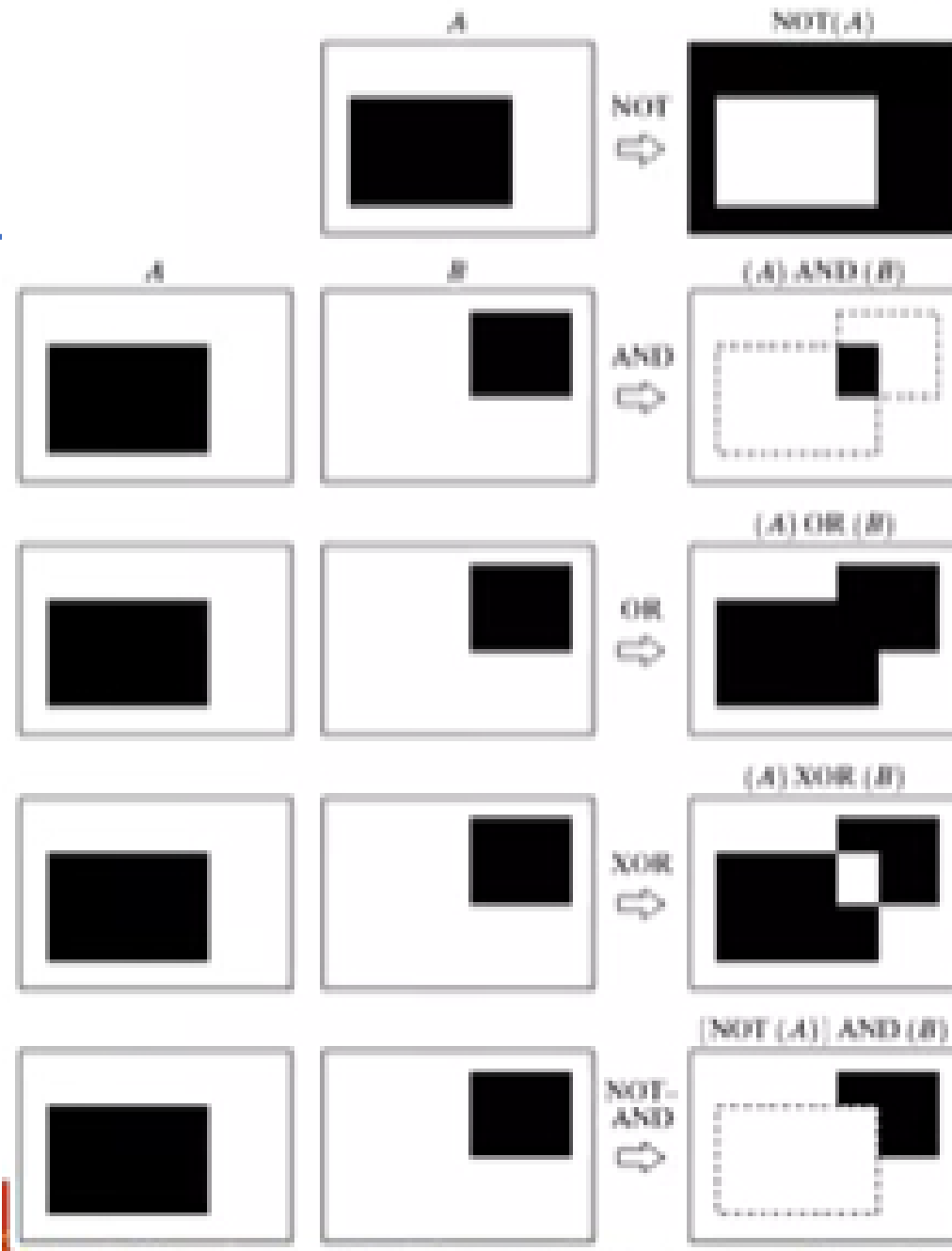
$$\begin{aligned} I_{TB}(1,1) &= \text{trung bình } \{I_1(1,1), I_2(1,1), I_3(1,1)\} \\ &= \text{trung bình } \{ \underline{1}, \underline{4}, \underline{1} \} = \underline{2} \end{aligned}$$

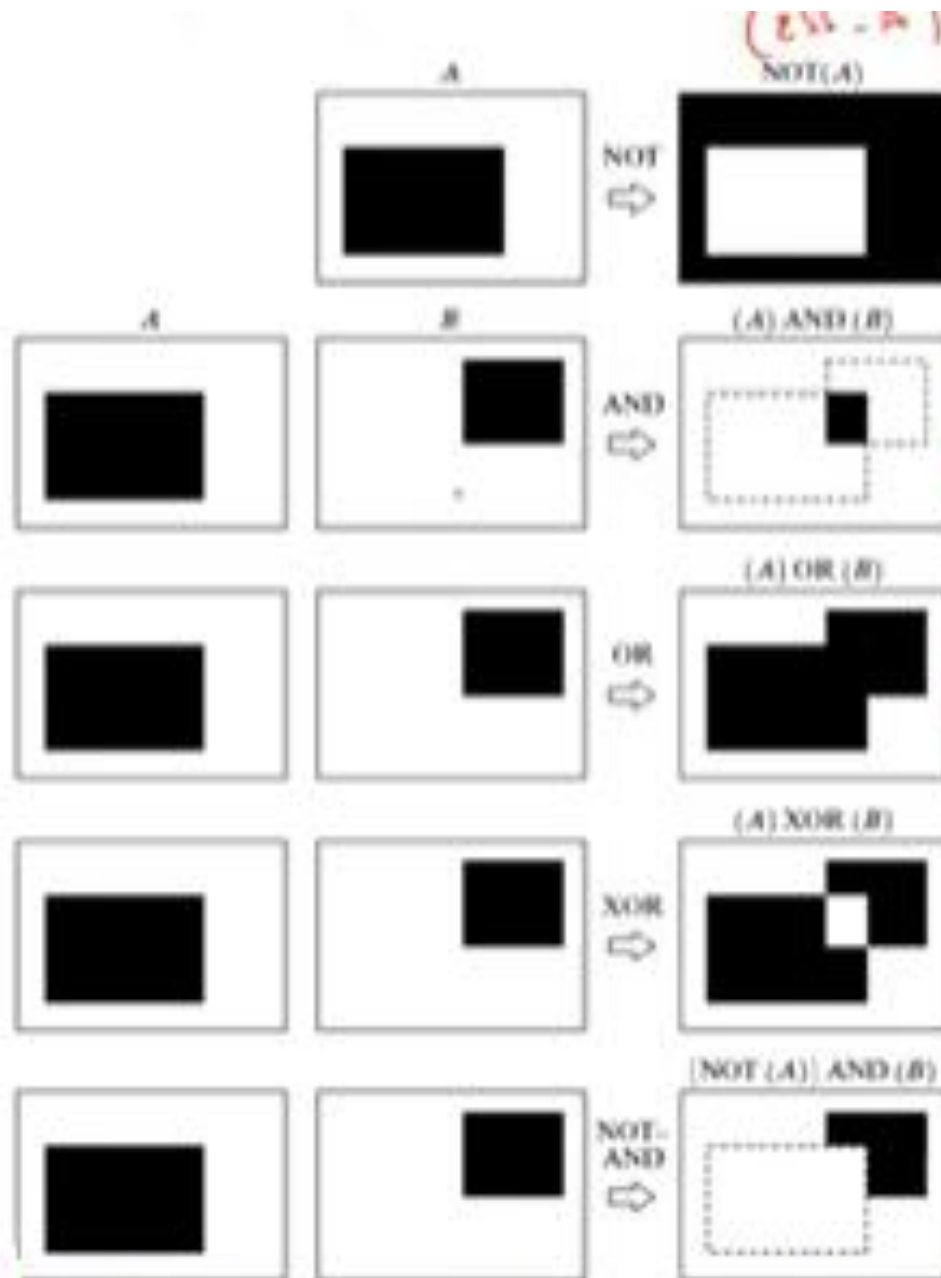


## 2.4. Các phép toán logic trên ảnh

---







**FIGURE 9.3** Some logic operations between binary images. Black represents binary 1s and white binary 0s in this example.

IoU =  $\frac{A \text{ and } B}{A \text{ or } B}$

# Bài tập

---

- Hiển thị histogram của một ảnh
- Tăng giảm độ sáng tối của ảnh
- Tăng giảm độ tương phản
- Cân bằng histogram
- Tách ngưỡng
- Ảnh âm bản
- .....