



# TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC

## NHẬP MÔN XỬ LÝ ẢNH

TS. ĐOÀN THỊ HƯƠNG GIANG

Email: [giangdth@epu.edu.vn](mailto:giangdth@epu.edu.vn)

Mobil: 0372630593

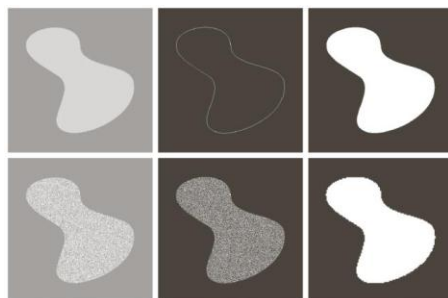
09/03/2023

TS. ĐOÀN THỊ HƯƠNG GIANG - EPU

1

## Chương 4: Phân đoạn ảnh

- Hai phương pháp chính áp dụng trong phân vùng ảnh
  - Phương pháp dựa trên biên: phát hiện biên
  - Phương pháp dựa trên vùng ảnh



09/03/2023

TS. ĐOÀN THỊ HƯƠNG GIANG - EPU

2

# Phương pháp phân vùng dựa trên biên

- Phát hiện sự không liên tục (biến đổi bất thường)
  - Phát hiện điểm ảnh
  - Phát hiện đường thẳng
  - Phát hiện biên
- Các phương pháp nối biên
- Các phương pháp làm mảnh đường biên đến 1 pixel

## Khái niệm biên

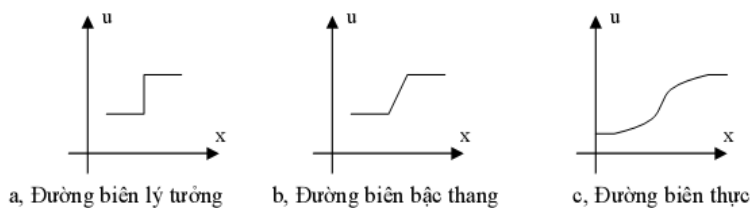
- Điểm biên:
  - Một điểm ảnh được coi là điểm biên nếu có sự thay đổi nhanh hoặc đột ngột về mức xám (hoặc màu).
- Ví dụ:
  - Trong ảnh nhị phân, điểm đen được gọi là điểm biên nếu lân cận của nó có ít nhất một điểm trắng.
- Đường biên còn gọi là đường bao (boundary):
  - Là tập hợp các điểm biên liên tiếp.

## Ý nghĩa của đường biên

- Đường biên là một loại đặc trưng cục bộ tiêu biểu trong phân tích, nhận dạng ảnh.
- Người ta sử dụng biên làm phân cách các vùng xám (hoặc màu) cách biệt. Ngược lại, người ta cũng sử dụng các vùng ảnh để tìm phân cách.

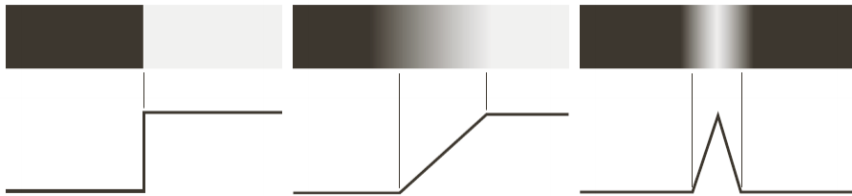
## Mô hình biểu diễn đường biên

- Theo toán học, điểm ảnh có sự biến đổi mức xám  $u(x)$  một cách đột ngột theo hình dưới:



## Mô hình biểu diễn đường biên (tt)

### • Ví dụ



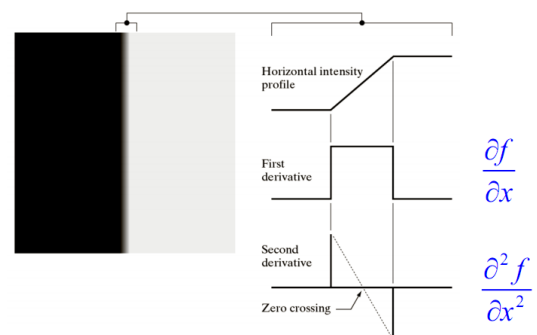
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

7

## Mô hình biểu diễn đường biên (tt)

### • Ví dụ



### Nhận xét

- Độ lớn của đạo hàm cấp 1: có thể xác định một điểm có nằm trên biên hay không.
- Dấu trong đạo hàm cấp 2 cho biết điểm ảnh nằm ở vùng sáng hay vùng tối của biên
  - Đạo hàm cấp 2 luôn có 2 giá trị khác dấu ứng với các điểm trên biên
  - Điểm cắt 0 có ý nghĩa trong việc tìm biên mỏng

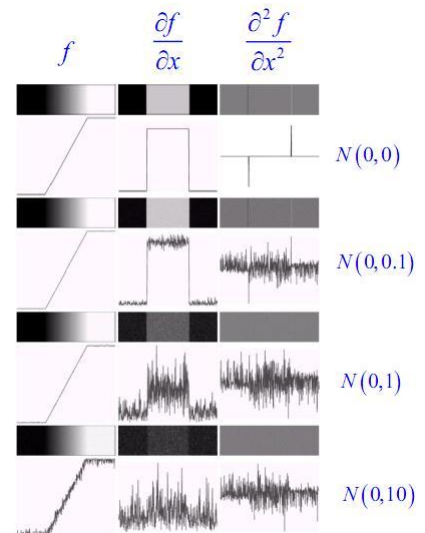
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

8

## Phát hiện biên (tt)

- Ảnh hưởng của nhiễu đến đạo hàm
- Ảnh gốc + nhiễu Gaussian  
(mean = 0, delta = 0, 0.1, 1, 10)



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

9

## Phát hiện biên – tìm biên

### • Phát hiện biên - Tìm biên

- Làm nổi lên những điểm ảnh mà tại đó có sự biến đổi lớn về giá trị độ sáng.
- Làm nổi được các vùng khác nhau của ảnh (Các vùng có sự biến thiên độ sáng của các vùng là đều) thì có nghĩa là làm nổi được biên của ảnh.

### • Các phương pháp tìm biên (chú trọng 2 pp đầu tiên)

- **Các phương pháp phát hiện biên trực tiếp**
- **Phát hiện biên gián tiếp**
- Phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ
- Phát hiện biên dựa vào các phép toán hình thái

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

10

## Các phương pháp phát hiện biên trực tiếp

- Phương pháp này chủ yếu dựa vào sự biến thiên độ sáng của điểm ảnh để làm nổi biên bằng kỹ thuật đạo hàm.
  - Nếu lấy đạo hàm bậc nhất của  $f(x,y)$  ta có phương pháp Gradient
  - Nếu lấy đạo hàm bậc hai của  $f(x,y)$  ta có phương pháp Laplace
- Nội dung:
  - Kỹ thuật phát hiện biên gradient
  - Kỹ thuật phát hiện biên Laplace
  - Kỹ thuật Canny

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

11

## Kỹ thuật phát hiện biên gradient

- Gradient là một vectơ có các thành phần biểu thị tốc độ thay đổi mức xám của điểm ảnh (theo hai hướng  $x,y$  đối với ảnh 2 chiều) tức là:

$$\Delta f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{bmatrix}$$

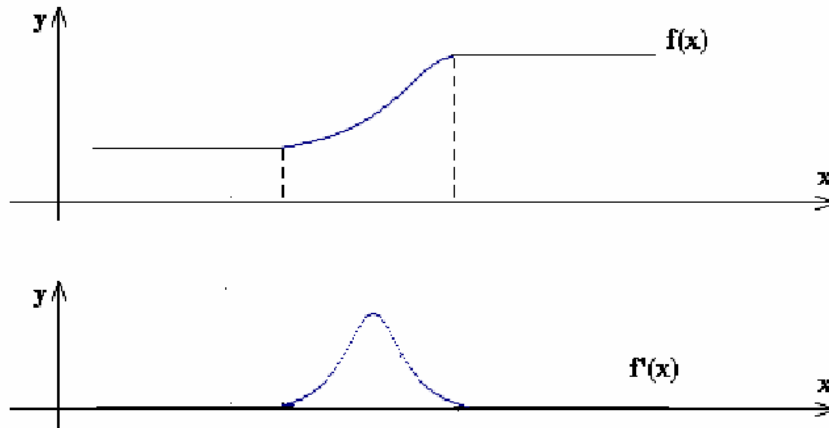
- Ta có:
 
$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f'_x \approx \frac{f(x+dx, y) - f(x, y)}{dx}$$

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f'_y \approx \frac{f(x, y+dy) - f(x, y)}{dy}$$

- Trong đó  $dx, dy$  là khoảng cách giữa 2 điểm kế cận theo hướng  $x,y$  tương ứng (thực tế chọn  $dx=dy=1$ )

12

## Kỹ thuật phát hiện biên gradient(tt)



13

## Kỹ thuật phát hiện biên gradient(tt)

- Nếu áp dụng Gradient vào xử lý ảnh, việc tính toán sẽ rất phức tạp.
- Để đơn giản mà không mất tính chất của phương pháp Gradient, người ta sử dụng kỹ thuật Gradient dùng cặp mặt nạ  $H_1, H_2$  trực giao. Nếu định nghĩa  $G_x, G_y$  tương ứng là Gradient theo hai hướng x,y khi đó ta có vector Gradient của một ảnh  $f(x,y)$  là:

Ta có:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad |\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

14

## Kỹ thuật phát hiện biên gradient(tt)

- Ví dụ biên độ  $G(m,n)$  tại điểm  $(m,n)$  được tính:

$$G(m,n) = \sqrt{G_x^2(m,n) + G_y^2(m,n)}$$

- Để giảm độ phức tạp tính toán,  $G(m,n)$  được tính gần đúng như sau:

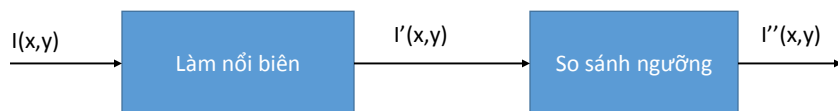
$$G(m,n) = |G_x(m,n)| + |G_y(m,n)|$$

- Một số toán tử Gradient tiêu biểu như toán tử Prewitt, Sobel, Robert đẳng hướng (Isometric), 4-lân cận.

15

## Kỹ thuật phát hiện biên gradient(tt)

- Các công đoạn phát hiện biên theo kỹ thuật Gradient



- Thực tế, việc làm nổi biên là nhân chập ảnh  $I$  với một mặt nạ (ma trận) sẽ được giới thiệu trong phần tiếp theo

16



## Kỹ thuật phát hiện biên gradient(tt)

- Kỹ thuật Prewitt
- Kỹ thuật Sobel
- Kỹ thuật la bàn

17

## Kỹ thuật Prewitt

- Kỹ thuật sử dụng 2 mặt nạ nhập chấp xấp xỉ đạo hàm theo 2 hướng x và y là:

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

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

- Bước 1: Tính  $I \otimes H_x$  và  $I \otimes H_y$
- Bước 2: Tính  $I \otimes H_x + I \otimes H_y$

18

## Kỹ thuật Prewitt

- Ví dụ:

$$I = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$I \otimes H_x = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -10 & -10 & * & * \\ 0 & 0 & -15 & -15 & * & * \\ 0 & 0 & -10 & -10 & * & * \\ 0 & 0 & -5 & -5 & * & * \\ * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \end{pmatrix} \quad I \otimes H_y = \begin{pmatrix} 15 & 15 & 10 & 5 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & 0 & * & * \\ -15 & -15 & -10 & -5 & * & * \\ -15 & -15 & -10 & -5 & * & * \\ * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \end{pmatrix}$$

19

## Kỹ thuật Prewitt

$$I \otimes H_x + I \otimes H_y = \begin{pmatrix} 15 & 15 & 0 & -5 & * & * \\ 0 & 0 & -15 & -15 & * & * \\ -15 & -15 & -20 & -15 & * & * \\ -15 & -15 & -15 & -10 & * & * \\ * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \end{pmatrix}$$

20

## Kỹ thuật Prewitt

- Ngoài ra để phát hiện biên theo đường chéo ta sử dụng 2 mặt nạ:

$$H_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}; H_2 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

21

## Kỹ thuật Sobel

- Tương tự như kỹ thuật Prewitt kỹ thuật Sobel sử dụng 2 mặt nạ nhân chập theo 2 hướng x, y là:

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

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

- Bước 1: Tính  $I \otimes H_x$  và  $I \otimes H_y$
- Bước 2: Tính  $I \otimes H_x + I \otimes H_y$

22

## Kỹ thuật la bàn

- Kỹ thuật sử dụng 8 mặt nạ nhân chập theo 8 hướng  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$ ,  $315^0$
- Các bước tính toán thuật toán La bàn
  - Bước 1: Tính  $I \otimes H_i$ ;  $i = 1, 8$
  - Bước 2: Tính  $\sum_{i=1}^8 I \otimes H_i$

-1	+1	+1
-1	-2	+1
-1	+1	+1

 $0^0$ 

+1	+1	+1
-1	-2	+1
-1	-1	+1

 $45^0$ 

23

Ví dụ mặt nạ lọc 0 và 45 độ

## Kỹ thuật la bàn (tt)

$$H_1 = \begin{pmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$

$$H_3 = \begin{pmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{pmatrix}$$

$$H_7 = \begin{pmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{pmatrix}$$

$$H_2 = \begin{pmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$

$$H_4 = \begin{pmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{pmatrix}$$

$$H_8 = \begin{pmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$

24

BT

- Hãy viết chương trình dò biên theo 8 hướng?

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

25

## Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Các phương pháp đánh giá gradient ở trên làm việc khá tốt khi mà độ sáng thay đổi rõ nét.
- Khi mức xám thay đổi chậm, miền chuyển tiếp trải rộng, phương pháp cho hiệu quả hơn đó là phương pháp sử dụng đạo hàm bậc hai Laplace
- Toán tử Laplace được xây dựng trên cơ sở đạo hàm bậc 2 của hàm biến đổi mức xám.

$$\Delta^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

26

## Kỹ thuật phát hiện biên Laplace(tt)

- $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right) \approx \frac{\partial}{\partial x} (f(x+1, y) - f(x, y))$   
 $\approx [(f(x+1, y) - f(x, y))] - [(f(x, y) - f(x-1, y))]$   
 $\approx f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y)$
- Tương tự ta có
- $\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \approx f(x, y+1) - 2f(x, y) + f(x, y-1)$
- $\Delta^2 f \approx f(x+1, y) + f(x-1, y) - 4f(x, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)$

27

## Kỹ thuật phát hiện biên Laplace(tt)

- Dưới đây là ba kiểu mặt nạ thường dùng:

$$H_1 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad H_2 = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad H_3 = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

28

## Kỹ thuật Canny

- Đây là thuật toán tương đối tốt, đưa ra đường biên mảnh, phát hiện chính xác điểm biên với điểm nhiễu
- Các bước của thuật toán
  - Bước 1: Làm trơn ảnh. Tính tích chập  $G = I \otimes H$ , với

$$H = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

- Bước 2: Tính Gradient của ảnh bằng mặt nạ Prewitt theo hai hướng x, y. Gọi là  $G_x, G_y$ .

29

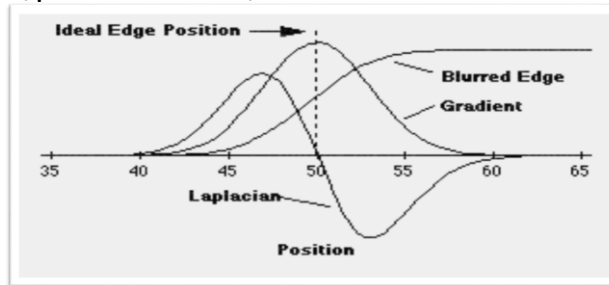
## Kỹ thuật Canny (tt)

- Bước 3: Tính Gradient theo 8 hướng tương ứng với 8 lân cận của 1 điểm ảnh
- Bước 4: Loại bỏ những điểm không phải cực nhằm xóa bỏ những điểm không thuộc biên
- Bước 5: Phân ngưỡng. Thực hiện lấy Gradient lần cuối.

30

## Phát hiện biên gián tiếp

- Phân vùng ảnh dựa vào phép xử lý kết cấu đối tượng, cụ thể là dựa vào sự biến thiên nhỏ và đồng đều của các điểm ảnh thuộc một đối tượng.
- Dựa trên các vùng, đòi hỏi áp dụng lý thuyết về xử lý kết cấu đối tượng phức tạp và khó cài đặt.



31

## Phát hiện biên gián tiếp (tt)

- Nội dung
  - Một số khái niệm cơ bản
  - Chu tuyến của một đối tượng ảnh
  - Thuật toán dò biên tổng quát

32



## Một số khái niệm cơ bản

- Ảnh và điểm ảnh
  - Ảnh được gọi là ảnh nhị phân nếu các giá trị  $I_{ij}$  chỉ nhận giá trị 0 hoặc 1.
  - Ở đây ta chỉ xét tới ảnh nhị phân vì ảnh bất kỳ có thể đưa về dạng nhị phân bằng kỹ thuật phân ngưỡng. Ta ký hiệu  $\mathcal{S}$  là tập các điểm vùng (điểm đen) và  $\overline{\mathcal{S}}$  là tập các điểm nền (điểm trắng).

33

## Một số khái niệm cơ bản (tt)

- Các điểm 4 và 8-láng giềng
  - các điểm  $P_0, P_2, P_4, P_6$  là các 4-láng giềng của điểm  $P$
  - các điểm  $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$  là các 8-láng giềng của  $P$ .

$P_3$	$P_2$	$P_1$
$P_4$	$P$	$P_0$
$P_5$	$P_6$	$P_7$

34

## Một số khái niệm cơ bản (tt)

### • Đối tượng ảnh

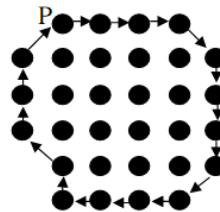
- Hai điểm  $P_s, P_e \in E$ , với  $E \subseteq \mathfrak{S}$  (hoặc  $E \subseteq \overline{\mathfrak{S}}$ ) được gọi là 8-liên thông (hoặc 4-liên thông) trong  $E$  nếu tồn tại tập các điểm được gọi là đường đi  $(i_0, j_0) \dots (i_n, j_n)$  sao cho  $(i_0, j_0) = P_s$ ,  $(i_n, j_n) = P_e$ ,  $(i_r, j_r) \in E$  và  $(i_r, j_r)$  là 8-láng giềng (hoặc 4-láng giềng tương ứng) của  $(i_{r-1}, j_{r-1})$  với  $r = 1, 2, \dots, n$

35

## Chu tuyến của một đối tượng ảnh

- Chu tuyến của một đối tượng ảnh là dãy các điểm của đối tượng ảnh  $P_1, \dots, P_n$  sao cho
  - $P_i$  và  $P_{i+1}$  là các 8-láng giềng của nhau ( $i=1, \dots, n-1$ )
  - $P_1$  là 8-láng giềng của  $P_n$ ,
  - Vì  $\exists Q$  không thuộc đối tượng ảnh và  $Q$  là 4-láng giềng của  $P_i$  (hay nói cách khác vì thì  $P_i$  là biên 4). Kí hiệu  $\langle P_1 P_2 \dots P_n \rangle$

Hình bên biểu diễn chu tuyến của ảnh, trong đó, P là điểm khởi đầu chu tuyến.



36

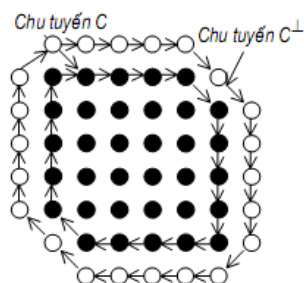
## Chu tuyến của một đối tượng ảnh (tt)

- Tổng các khoảng cách giữa hai điểm kế tiếp của chu tuyến là độ dài của chu tuyến và kí hiệu  $Len(C)$  và hướng  $P_i P_{i+1}$  là hướng chuẩn nếu  $P_i$  và  $P_{i+1}$  là các 4 – láng giềng (trường hợp còn lại thì  $P_i P_{i+1}$  là hướng lẻ).

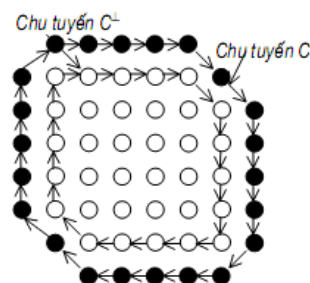
37

## Chu tuyến của một đối tượng ảnh (tt)

- Chu tuyến ngoài
- Chu tuyến trong



a) Chu tuyến ngoài



b) Chu tuyến trong

38

## Thuật toán dò biên tổng quát

- Có hai kỹ thuật dò biên cơ bản.
  - Xét ảnh biên thu được từ ảnh vùng sau một lần duyệt như một đồ thị, sau đó áp dụng các thuật toán duyệt cạnh đồ thị.
  - Dựa vào ảnh vùng, kết hợp đồng thời quá trình dò biên và tách biên. Ở đây ta quan tâm cách tiếp cận thứ hai.
- Về cơ bản, các thuật toán dò biên trên một vùng đều bao gồm các bước sau:
  - (1) Xác định điểm biên xuất phát
  - (2) Dự báo và xác định điểm biên tiếp theo
  - (3) Lặp bước 2 cho đến khi gặp điểm xuất phát

39

## Thuật toán dò biên tổng quát (tt)

- Bước 1: Xác định cặp nền-vùng (đen-trắng) xuất phát: Duyệt ảnh lần lượt từ trên xuống dưới và từ trái sang phải điểm đem đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) để tạo nên cặp nền vùng xuất phát
- Bước 2: Xác định cặp nền-vùng tiếp theo
- Bước 3: Lựa chọn điểm biên vùng
- Bước 4: Nếu gặp lại cặp xuất phát thì dừng, nếu không quay lại bước 2.

40

## Phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Biên và độ biến đổi về mức xám
- Phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

41

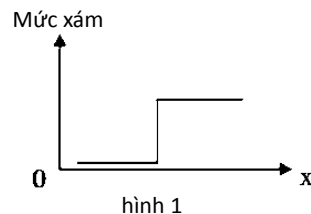
## Biên và độ biến đổi về mức xám

- Trong thực tế người ta thường dùng hai phương pháp phát hiện biên trực tiếp và phát hiện biên gián tiếp.
- Một kỹ thuật khác dựa vào trung bình cục bộ dựa trên cơ sở đánh giá sự chênh lệch mức xám các điểm ảnh so với các điểm lân cận.
- Đối với một ảnh bất kỳ ta có thể chuyển sang ảnh xám theo công thức:  $Gray = (R + G + B) / 3$

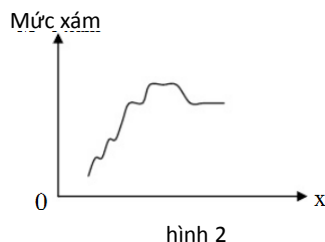
42

## Biên và độ biến đổi về mức xám (tt)

- Một cách lý tưởng (ảnh đen trắng) thì đồ thị sự biến thiên mức xám của các điểm ảnh khi qua biên (hình 1)



- Đối với các ảnh đa mức xám thì đồ thị có dạng (hình 2)



43

## Biên và độ biến đổi về mức xám (tt)

- Các kỹ thuật dò biên đã nêu ở trên (Gradient, Laplace):

- Rất nhạy cảm với nhiễu
- Thực tế chỉ làm nổi biên
- Khó điều chỉnh ảnh biên
- Khó sử dụng cho việc nhận dạng đối tượng

➔ Các kỹ thuật này chưa đạt được sự hoàn thiện mong muốn

44

# Phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Ý tưởng:
  - Xác định tất cả các điểm nằm trên biên không phụ thuộc hướng tìm kiếm và sử dụng ma trận lọc, thông qua việc so sánh độ lệch về mức xám của điểm ảnh đang xét với các điểm lân cận (mức xám nền).
- Giải thuật:
  - Tính toán giá trị trung bình mức xám của các điểm ảnh thuộc ma trận 3x3 hoặc 5x5 với tâm là điểm đang xét.
- Nếu độ trên lệch mức xám của điểm đang xét và giá trị trung bình lớn hơn một mức tối thiểu  $\delta_1$  nào đó ( $PTB + \delta_1 < P$ ) thì chúng được coi là điểm biên.

45

## Ví dụ:

- Dùng ma trận 5 x 5



46

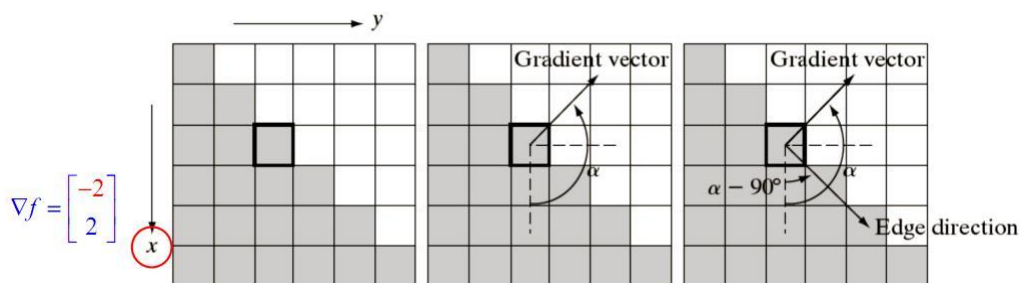
## Phát hiện biên dựa vào các phép toán hình thái

- Xấp xỉ trên và xấp xỉ dưới đối tượng ảnh
- Thuật toán phát hiện biên dựa vào phép toán hình thái

## Sinh viên tự đọc

47

## Toán tử gradient (tt)



Sử dụng gradient để xác định cạnh và hướng tại một điểm. Lưu ý rằng, cạnh là điểm mà có giá trị gradient (mỗi hình vuông trong ảnh là một pixel)



## Toán tử gradient (tt)

### Các toán tử gradient

- Roberts
- Prewitt
- Sobel

$$\begin{bmatrix} z_9 - z_5 \\ z_8 - z_6 \end{bmatrix}$$

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

-1	0	0	-1
0	1	1	0

Roberts

-1	-1	-1	-1	0	1
0	0	0	-1	0	1
1	1	1	-1	0	1

Prewitt

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

$$\begin{bmatrix} (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \\ (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \\ (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \end{bmatrix}$$

49

## Toán tử gradient (tt)

- Toán tử gradient đường chéo

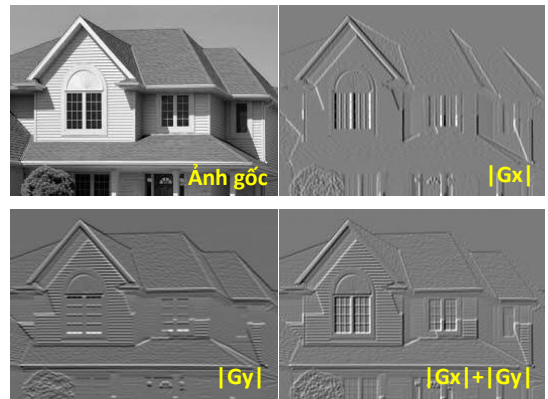
0	1	1	-1	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-1	-1	0	0	1	1

Prewitt

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

Sobel

## Toán tử gradient (tt)

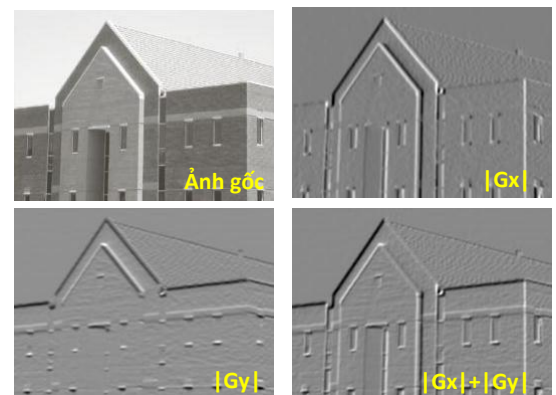


09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

51

## Toán tử gradient (tt)

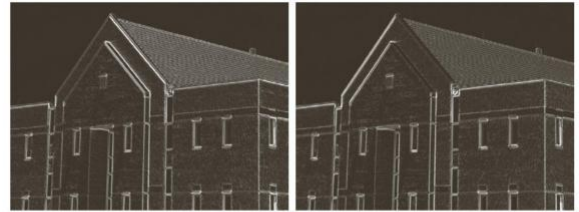


09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

52

## Toán tử gradient (tt)



$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

**-45° and +45° lines**

## Toán tử gradient (tt)

- Để xác định một điểm ảnh có nằm trên biên hay không thì thực hiện tính:
  - Tính gradient
  - So sánh với ngưỡng

## Toán tử Laplacian

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}.$$

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

55

## Toán tử Laplacian (t t)

- Toán tử laplacian thường không được áp dụng trực tiếp để tìm biên.
  - Đạo hàm cấp 2 nhận 2 giá trị tại các điểm trên biên
  - Rất nhạy với nhiễu
  - Laplacian không tìm được hướng của biên
- Áp dụng Laplacian
  - Smoothing ảnh
  - Sử dụng thuộc tính cắt 0 (zero-crossing)
  - Laplacian of Gaussian

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

56

# Laplacian of Gaussian

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

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

$$\nabla^2 G(x, y) = \left[\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right] G(x, y) + \left[\frac{y^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right] G(x, y)$$

$$\nabla^2 G(x, y) = \left[\frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4}\right] G(x, y)$$

$$\nabla^2 G(x, y) = \pm \left[\frac{r^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4}\right] \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right)$$

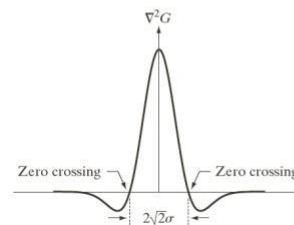
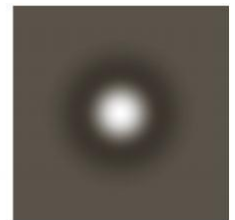
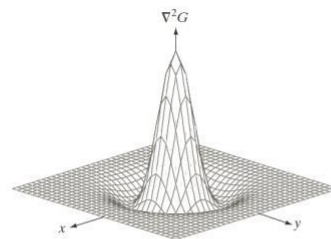
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

57

## Laplacian of Gaussian (tt)

- Python code:



0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

58

# Laplacian of Gaussian (tt)

- Áp dụng LoG để phát hiện biên

- Tính LoG của ảnh

$$g(x,y) = [\nabla^2 G(x,y)] \star f(x,y) = \nabla^2 [G(x,y) \star f(x,y)]$$

- Tìm các điểm cắt 0 (zero crossing)

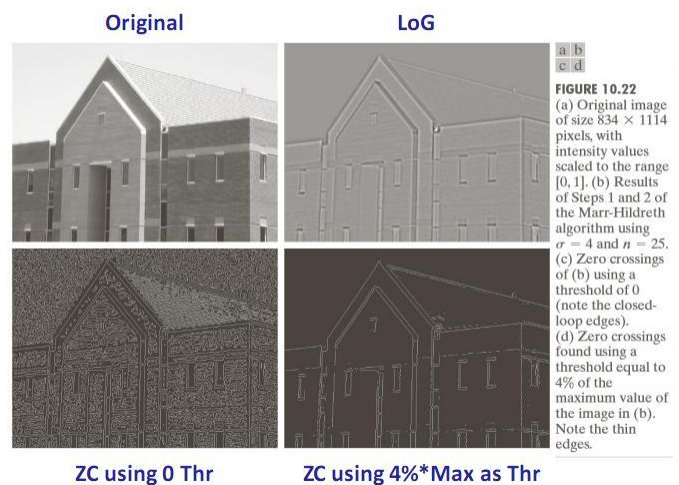
- Áp dụng 3 x 3 cho mỗi pixel
- Điểm cắt 0 là những điểm có 2 lân cận đối diện nhau trái dấu

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

59

# Laplacian of Gaussian (tt)



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

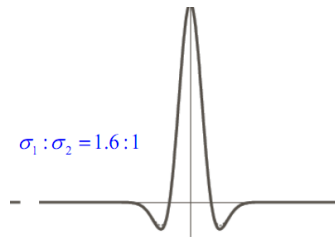
60

## Laplacian of Gaussian (tt)

- Tính xấp xỉ LoG
  - Có thể xấp xỉ LoG bằng DoG (different of gaussian)

$$\text{DoG}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_1^2}\right) - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_2^2}\right), \quad \sigma_1^2 > \sigma_2^2$$

- Với tỉ lệ: 1.6:1 thì DoG có thể xấp xỉ với LoG



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

61

## Bộ dò biên Canny

- Là bộ dò biên cho kết quả rất tốt (so với Prewitt, sobel, LoG...)
  - Tỷ lệ lỗi thấp
  - Phân vùng các điểm trên biên
  - Trả về biên mỏng (đơn điểm)

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

62

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Các bước thực hiện
  - Bước 1. Smoothing
  - Bước 2. Tính Gradients
  - Bước 3. Loại những điểm không cực đại
  - Bước 4. Dò các điểm trên biên bằng 2 ngưỡng

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

63

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Bước 1. Smoothing
  - Sử dụng bộ lọc Gaussian

$$f_s(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$$

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right), \quad \sigma = 1.4$$

- Cài đặt

$$G(x, y) = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

64



## Bộ dò biên Canny (tt)

- Bước 2. Tính Gradient
  - Sử dụng bất kỳ mặt nạ Gradient

$$g_x(x, y) = w_x(x, y) \star f_s(x, y)$$

$$g_y(x, y) = w_y(x, y) \star f_s(x, y)$$

- Cài đặt

Sobel Kernel

$$w_x(x, y) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}, \quad w_y(x, y) = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix}$$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

65

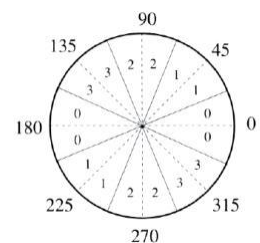
## Bộ dò biên Canny (tt)

- Bước 3. Loại những điểm không cực đại
  - Tính độ lớn và góc của vector gradient

$$M(x, y) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \approx |g_x| + |g_y|$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left( \frac{g_y}{g_x} \right)$$

- Quantize góc của vector gradient về góc 45 độ gần nhất



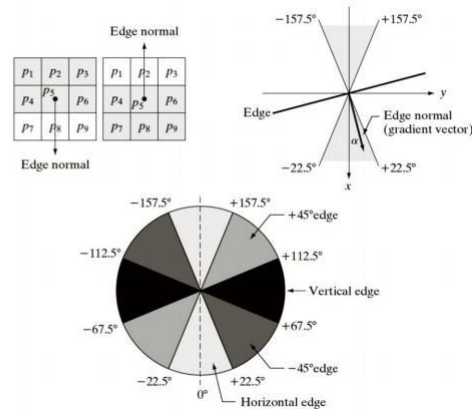
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

66

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Bước 3 (tiếp) – Quantization:



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

67

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Bước 3 (tiếp)
- So sánh  $M(x, y)$  với  $M(x', y')$  theo hướng dương và âm của hướng gradient
  - Nếu  $M(x, y) > M(x', y')$  theo cả hai hướng  $\rightarrow$  giữ nguyên:  $g_N(x, y) = M(x, y)$
  - Ngược lại: loại bỏ:  $g_N(x, y) = 0$
- Nếu  $\theta_Q(x, y) = 0$ : thì xét điểm  $(x+1, y)$  và  $(x-1, y)$ 
  - ☐ Nếu  $\theta_Q(x, y) = 90^\circ$ : thì xét điểm  $(x, y+1)$  và  $(x, y-1)$
  - ☐ Nếu  $\theta_Q(x, y) = 45^\circ$ : thì xét điểm  $(x+1, y+1)$  và  $(x-1, y-1)$
  - ☐ Nếu  $\theta_Q(x, y) = 135^\circ$ : thì xét điểm  $(x+1, y-1)$  và  $(x-1, y+1)$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

68

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Bước 4. Dò biên
- Lựa chọn 2 giá trị ngưỡng ( $T_H$  và  $T_L$ ):  $T_H = k * T_L$
- Tính 2 ảnh dựa trên 2 ngưỡng này

$$g_{NH}(x, y) = \begin{cases} 1 & g_N(x, y) \geq T_H \\ 0 & g_N(x, y) < T_H \end{cases} \quad \text{Fewer and Strong Edge}$$

$$g_{NL}(x, y) = \begin{cases} 1 & g_N(x, y) \geq T_L \\ 0 & g_N(x, y) < T_L \end{cases} \quad \text{More and Weak/Strong Edge}$$

$$g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$$

- Loại bỏ những điểm nằm trên biên “mạnh”

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

69

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Bước 4 (tiếp)
  - Những điểm nằm trên biên “mạnh”,  $g_{NH}$  được đánh dấu
  - Những điểm trên biên “yếu”,  $g_{NL}$ 
    - Step1. Duyệt qua từng điểm p trong  $g_{NH}$
    - Step2. Đánh dấu những điểm biên “hợp lệ” trong  $g_{NL}$  nếu điểm đó liên thông với p (8 liên thông)
    - Step 3. Nếu tất cả các điểm khác 0, p trong  $g_{NH}$  đều đã được thăm → step 4, ngược lại → step 1
    - Step 4. Gán 0 tất cả những điểm trong  $g_{NL}$  không được đánh dấu biên “hợp lệ”
    - Step 5. Thêm những điểm khác 0 trong  $g_{NL}$  vào kết quả biên

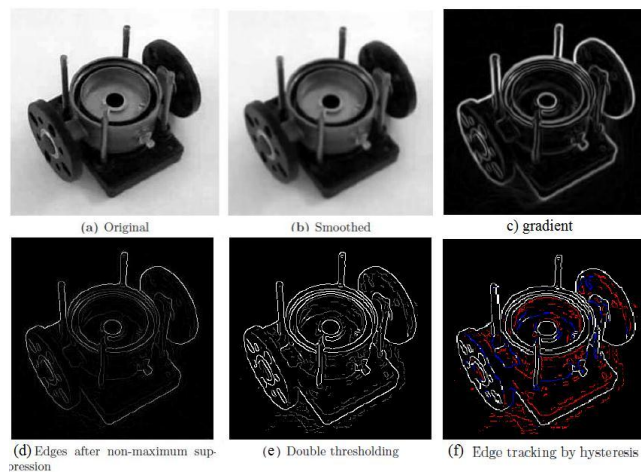
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

70

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Python code



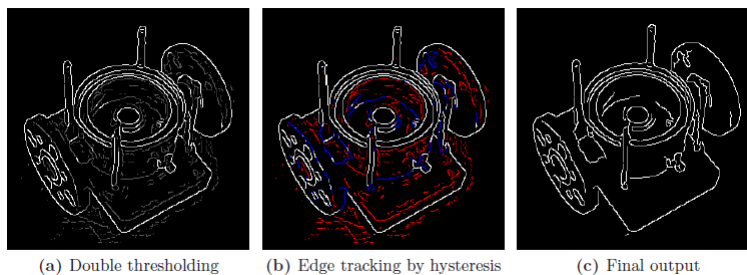
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

71

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Python code



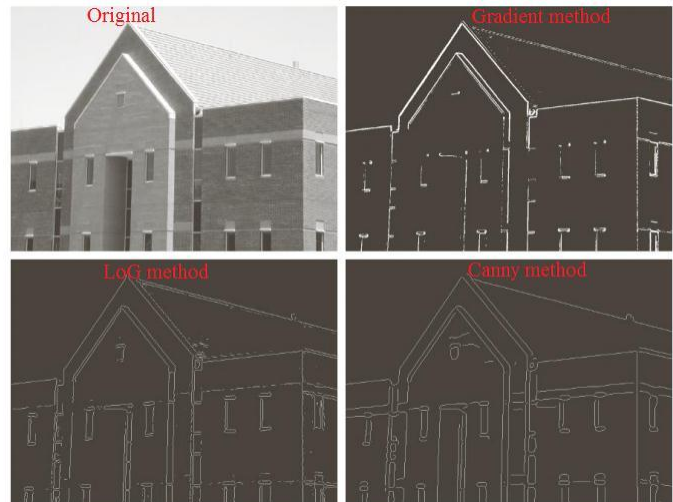
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

72

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Python code



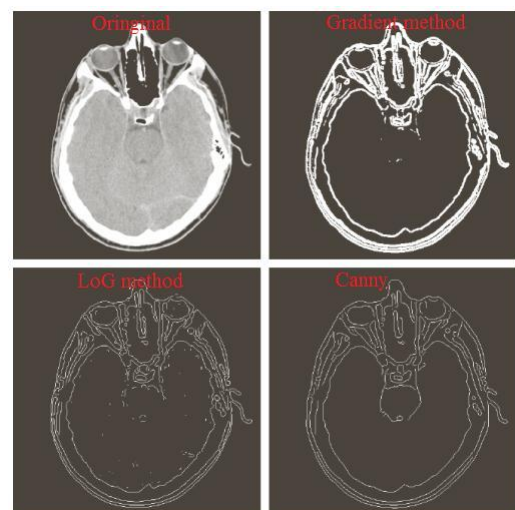
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

73

## Bộ dò biên Canny (tt)

- Python code



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

74

## Phương pháp phân vùng dựa trên biên

- Phát hiện sự không liên tục (biến đổi bất thường)
  - Phát hiện điểm ảnh
  - Phát hiện đường thẳng
  - Phát hiện biên
  - Các phương pháp nối biên
  - Các phương pháp làm mảnh đường biên đến 1 pixel

## Các phương pháp nối biên

- Phương pháp xử lý nối biên cục bộ
- Phương pháp xử lý toàn cục

# Phương pháp xử lý nổi biên cục bộ

## Tổng quát

- Tính độ lớn và góc của vector gradient

- $M(x, y)$  và  $\alpha(x, y)$
- Áp mặt nạ (3x3, hoặc 5x5) cho mỗi điểm ảnh (x,y) và kiểm tra

$$|M(s, t) - M(x, y)| \leq E \quad \text{and} \quad |\alpha(s, t) - \alpha(x, y)| \leq A$$

- Nếu cả 2 điều kiện cùng thỏa mãn
  - Nối 2 điểm với nhau → Chi phí tính toán lớn

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

77

# Phương pháp xử lý nổi biên cục bộ (tt)

- Thuật toán đơn giản hơn

- Tính độ lớn và góc của vector gradient
  - $M(x, y)$  và  $\alpha(x, y)$
- Tạo ảnh nhị phân  $g(x, y)$

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & M(x, y) > T_M \quad \text{and} \quad \alpha(x, y) = A \pm T_A \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$T_M$ : Threshold,  $A$ : Specified *angle direction*,  $\pm T_A$ : acceptable *direction margin*

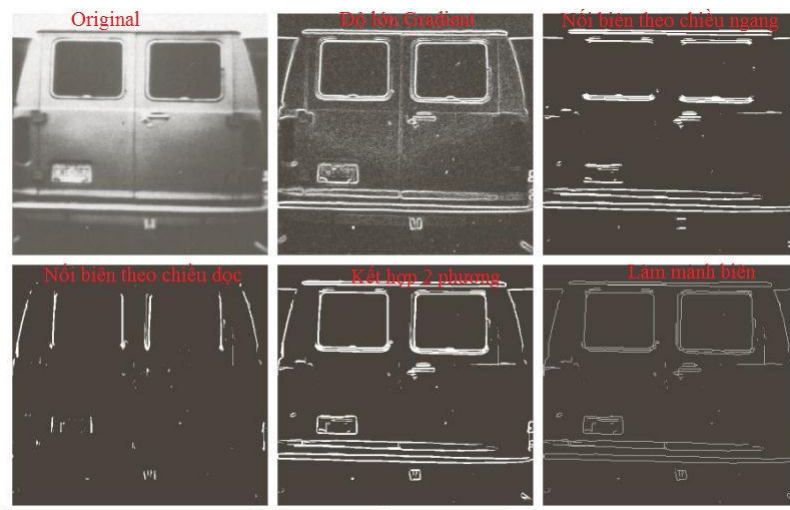
- Duyệt các dòng của  $g$  và điền (nối liền) các khoảng trắng có độ dài  $< K$
- Duyệt tất cả các hướng  $\theta$ , bằng cách
  - Quay  $g$  một góc  $\theta$  áp dụng quét dòng như trên
  - Quay  $g$  một góc  $-\theta$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

78

## Phương pháp xử lý nổi biên cục bộ (tt)



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

79

## Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục

- Tổng quát
  - Tìm tất cả các đường thẳng tạo bởi 2 điểm bất kỳ
  - Tìm tất cả các tập điểm nằm trên (gần nằm trên) đường thẳng đó
- Độ phức tạp
  - $n(n-1)/2$  đường thẳng
  - Số phép so sánh  $n(n(n-1)/2) \sim n^3$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

80

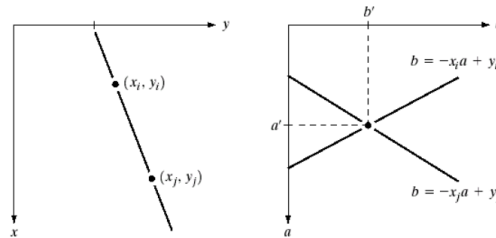


# Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục (tt)

## • Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục

### • Biến đổi Hough (Hough transform)

- Xét điểm  $(x_i, y_i)$ , đường thẳng đi qua  $(x_i, y_i)$  có dạng:  $y = ax + b \Rightarrow y_i = ax_i + b$
- Có thể viết dưới dạng:  $b = -ax_i + y_i$



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

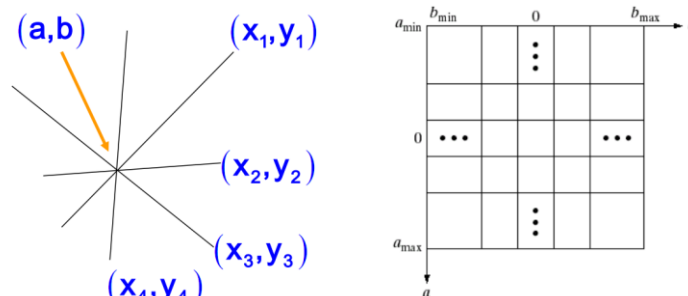
81

# Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục (tt)

## • Biến đổi Hough (tt)

### • Cách tính toán

- Với mỗi giá trị  $(x, y)$  trên miền không gian, quét và điền giá trị trên miền tham số



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

82

# Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục (tt)

## • Biến đổi Hough (tt)

- Giá trị amin, amax, bmin, bmax tùy thuộc vào giá trị các điểm (x, y)
- Thuật toán:
  - Bước 1. Xây dựng mảng chỉ số tích lũy  $H[a,b]$  và gán giá trị 0 ban đầu
  - Bước 2. Với mỗi giá trị  $(x_i, y_i)$ , với mỗi a, tính b theo  $b = -x_i * a + y_i$ .  $H[a, b] += 1$
  - Bước 3. Tìm giá trị lớn nhất max của  $H[a,b]$ , nếu  $\max/N > \text{ngưỡng}$  → Kết luận N điểm đã cho cùng nằm trên 1 đường thẳng

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

83

# Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục (tt)

- **Biến đổi Hough (tt):** Ví dụ: cho 5 điểm (0, 1); (1, 3); (2, 5); (3,5); (4, 9), ngưỡng = 80%. Kiểm tra xem 5 điểm trên có nằm trên 1 đường thẳng hay không? Pt đường thẳng nếu có?

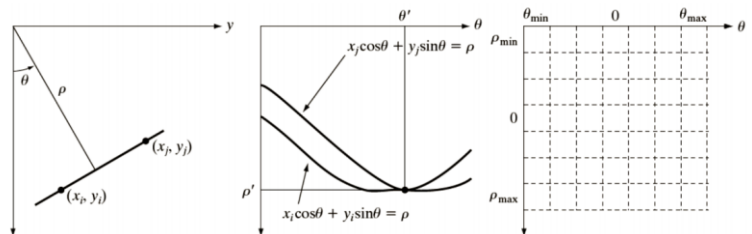
Giải: **Biến đổi Hough trong hệ tọa độ cực**

$$(x_i, y_i) \text{ \& } x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \Rightarrow x_i \cos \theta + y_i \sin \theta = \rho$$

All  $(x_i, y_i)$ 's on a sin intersect each other at  $(\rho, \theta)$

Chú ý:

Biến đổi Hough còn có thể áp dụng cho hình tròn, ellipse hay bất cứ hàm nào có dạng  $F(v, c) = 0$ ; Trong đó: v là vector tọa độ, c là vector tham số



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

84

## Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục (tt)

- **Biến đổi Hough (tt):** Áp dụng cho bài toán nổi biên
  - Giả sử biên được tìm bằng cách tính toán gradient và lấy ngưỡng
  - Xây dựng mảng chỉ số tích lũy trên miền tham số  $[\rho, \theta]$ , thiết lập các phần tử bằng 0 ban đầu.
  - Với mỗi điểm trên miền không gian, cập nhật mảng chỉ tích lũy số trên miền tham số
  - Xác định mối quan hệ giữa các pixel trong ảnh biên (có thể liên kết với nhau không?)
    - Liên kết nếu: các pixel cùng có giá trị mảng chỉ số tích lũy lớn
    - Giới hạn về khoảng cách giữa các pixel

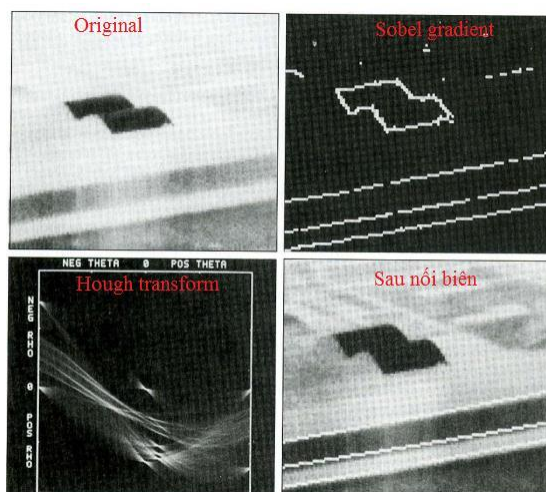
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

85

## Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục (tt)

- Python code:



09/03/2023

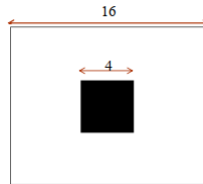
TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

86

# Phương pháp xử lý nổi biên toàn cục (tt)

## • Bài tập

- Sobel
- Canny



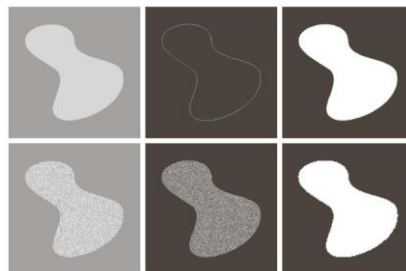
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

87

## Phân vùng ảnh - Segmentation

- Hai phương pháp chính áp dụng trong phân vùng ảnh
  - Phương pháp dựa trên biên: phát hiện biên
  - Phương pháp dựa trên vùng ảnh

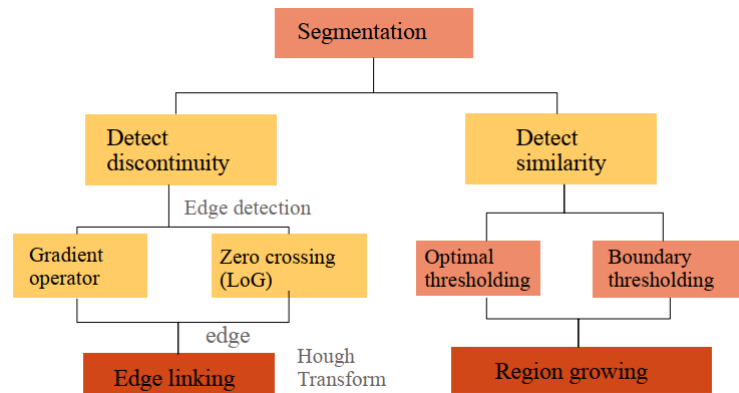


09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

88

# Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

89

## Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng (tt)

- Cơ sở:
  - Khi đối tượng và nền được nhóm lại trong các vùng → Lựa chọn một ngưỡng  $T$  có thể phân tách các vùng
  - Điểm ảnh  $p(x, y)$ 
    - Nếu  $f(x, y) > T \rightarrow p(x, y)$  thuộc đối tượng
    - Nếu  $f(x, y) < T \rightarrow p(x, y)$  thuộc nền
  - Có thể có nhiều ngưỡng
- Lấy ngưỡng có thể coi là bài toán xác định hàm  $T: T = T[x, y, p(x, y), f(x, y)]$ 
  - $f(x, y)$ : biểu diễn mức xám của điểm ảnh  $(x, y)$
  - $p(x, y)$ : hàm mô tả thuộc tính cục bộ của ảnh

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

90

## Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng (tt)

- Ảnh sau lấy ngưỡng
- Hai cấp (bi-level)

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) > T \\ 0 & f(x, y) \leq T \end{cases}$$

- Đa cấp (multi-level)

$$g(x, y) = \begin{cases} a & f(x, y) > T_2 \\ b & T_1 < f(x, y) \leq T_2 \\ c & f(x, y) \leq T_1 \end{cases}$$

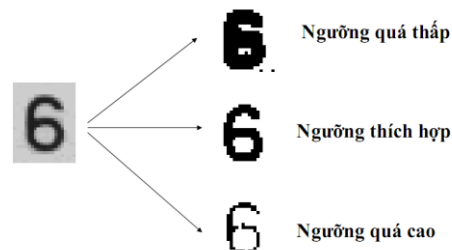
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

91

## Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng (tt)

- Vấn đề: làm sao để chọn giá trị ngưỡng T thích hợp
  - Nếu T chỉ phụ thuộc  $f(x, y)$ : phép lấy ngưỡng toàn cục
  - Nếu T phụ thuộc vào  $P(x, y)$  và  $f(x, y)$ : phép lấy ngưỡng cục bộ
  - Nếu T phụ thuộc  $x, y$ : Phép lấy ngưỡng thích nghi (adaptive thresholding)



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

92

## Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng (tt)

- Các phương pháp lấy ngưỡng
  - Lấy ngưỡng cứng
  - Lấy ngưỡng toàn cục
  - Lấy ngưỡng cục bộ
  - Lấy ngưỡng thích nghi
  - Lấy ngưỡng dựa trên kiểm chứng
  - Lấy ngưỡng dựa trên phân nhóm (gom nhóm)

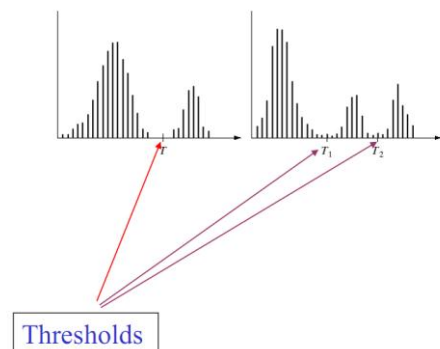
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

93

## Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng (tt)

- **Lấy ngưỡng cứng**
  - Phụ thuộc chủ quan → phân tích histogram
  - Dễ bị ảnh hưởng bởi nhiễu
  - Ảnh hưởng bởi thay đổi độ sáng



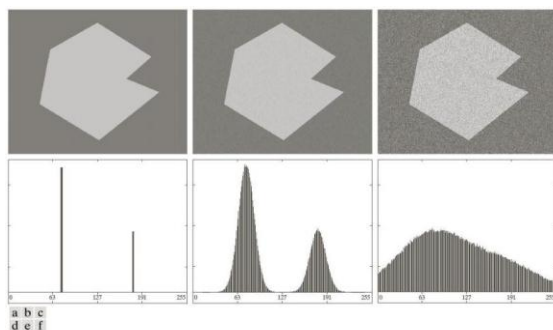
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

94

## Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng (tt)

### • Ảnh hưởng của nhiễu



**FIGURE 10.36** (a) Noiseless 8-bit image, (b) Image with additive Gaussian noise of mean 0 and standard deviation of 10 intensity levels, (c) Image with additive Gaussian noise of mean 0 and standard deviation of 50 intensity levels. (d)–(f) Corresponding histograms.

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

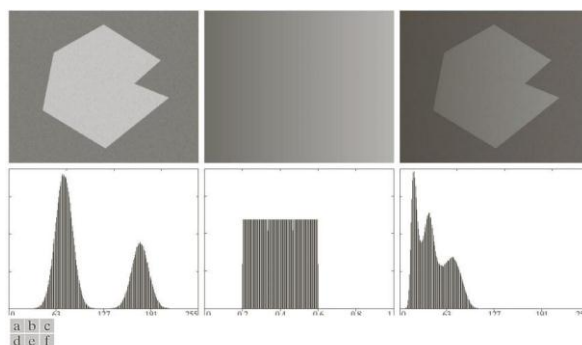
95

## Phân vùng ảnh dựa trên ngưỡng (tt)

### • Ảnh hưởng của độ sáng

#### • Nhận xét

- Ảnh có độ sáng đồng đều tại các vùng sẽ dễ tìm ngưỡng hơn



**FIGURE 10.37** (a) Noisy image, (b) Intensity ramp in the range  $[0.2, 0.6]$ , (c) Product of (a) and (b). (d)–(f) Corresponding histograms.

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

96



# Lấy ngưỡng toàn cục

- Cách tiếp cận heuristic
  - Bước 1. Xác định giá trị khởi tạo của  $T$  (thường là giá trị trung bình mức xám ảnh)
  - Bước 2. Chia ảnh thành 2 vùng:  $G1$  (gồm các điểm ảnh mức xám  $\geq T$ ) và vùng 2 (gồm những điểm ảnh mức xám  $< T$ )
  - Bước 3. Tính giá trị trung bình mức xám của  $G1$  là  $m1$ ,  $G2$  là  $m2$
  - Bước 4. Cập nhật  $T = (m1 + m2)/2$
  - Bước 5. Quay lại bước 2 đến khi nào  $\Delta T \leq \varepsilon$

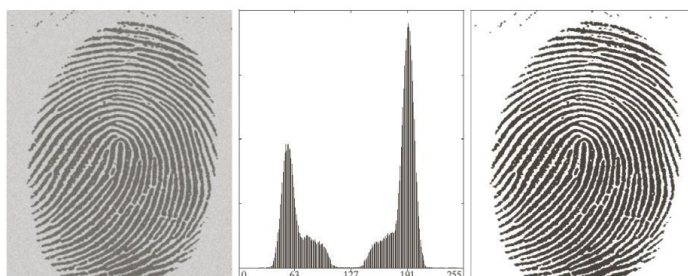
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

97

# Lấy ngưỡng toàn cục (tt)

•



$$T_0 = 0 \xrightarrow[\Delta T = 0]{\text{Convergence}} T_f = 125.4$$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

98

# Lấy ngưỡng thích nghi

## Lấy ngưỡng thích nghi

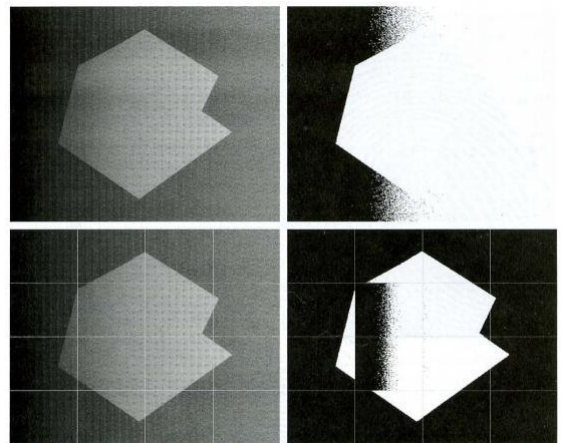
- Ý tưởng
  - Ngưỡng toàn cục bị ảnh hưởng bởi độ sáng, nhiễu → Chia nhỏ ảnh thành các phần, sau đó áp dụng tìm ngưỡng khác nhau cho từng phần nhỏ.
  - Vấn đề:
    - Chia như thế nào là hợp lý
    - Tìm ngưỡng cho từng phần nhỏ

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

99

## Lấy ngưỡng thích nghi (tt)

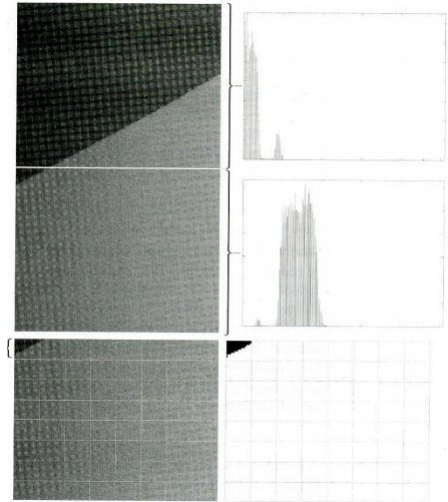


09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

100

## Lấy ngưỡng thích nghi (tt)



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

101

## Lấy ngưỡng tối ưu

- Giả sử ảnh có 2 vùng chính rõ rệt (vùng đối tượng và nền)
- Một điểm  $(x, y)$  trong ảnh có 2 khả năng
  - $H_0$ : Không thuộc vùng đối tượng
  - $H_1$ : Thuộc vùng đối tượng
- Gọi  $z$  là giá trị mức xám trong ảnh ( $z$  coi như biến ngẫu nhiên)
- Các xác suất:
  - Xác suất tiên nghiệm:  $P_1 = p(z \in H_1)$ ;  $P_2 = p(z \in H_0)$ ;

09/03/2023

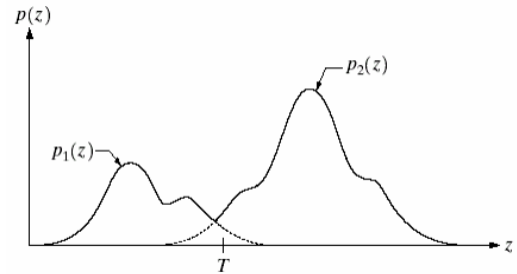
TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

102

## Lấy ngưỡng tối ưu (tt)

- Hàm mật độ phân bố xác suất  $p(z)$

$$p(z) = P_1 p_1(z) + P_2 p_2(z)$$



- Trong đó:
  - $p_1(z)$ : hàm mật độ phân bố xác suất của các pixel trên đối tượng
  - $p_2(z)$ : hàm mật độ phân bố xác suất của nền  
(chú ý rằng ta chưa có  $p_1(z)$  và  $p_2(z)$ )

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

103

## Lấy ngưỡng tối ưu (tt)

- $T$  là ngưỡng được chọn để phân vùng ảnh (pixel  $> T \rightarrow$  nền và ngược lại)

- Xác suất lỗi khi phân vùng các pixel trên nền là đối tượng

$$E_1(T) = \int_{-\infty}^T p_2(z) dz.$$

- Xác suất lỗi khi phân vùng các pixel trên đối tượng là nền

$$E_2(T) = \int_T^{\infty} p_1(z) dz,$$

- Xác suất lỗi tổng:

$$E(T) = P_2 E_1(T) + P_1 E_2(T)$$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

104

## Lấy ngưỡng tối ưu (tt)

- Bài toán đặt ra là tìm  $T$  để, xác suất lỗi nhỏ nhất:

$$E(T) = P_2 E_1(T) + P_1 E_2(T)$$

- Giải, áp dụng luật leibniz cuối cùng thu được:

$$P_1 p_1(T) = P_2 p_2(T)$$

- Để giải phương trình trên chúng ta cần biết  $p_1$  và  $p_2$ , tuy nhiên, thực tế thì  $p_1$  và  $p_2$  đều chưa biết. Có 2 cách như sau:

- C1) Giả sử phân bố  $p_1$  và  $p_2$  là các phân bố Gaussian (không có giám sát)
- C2) Xấp xỉ phân bố  $p(z)$  là các phân bố Gaussian từ histogram của ảnh (có giám sát) sao cho tối thiểu hóa:

$$e_{\text{ms}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [p(z_i) - h(z_i)]^2$$

$$p(z) = \frac{P_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} e^{-\frac{(z-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}} + \frac{P_2}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} e^{-\frac{(z-\mu_2)^2}{2\sigma_2^2}}$$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH | HƯƠNG GIANG - EPU

105

## Lấy ngưỡng tối ưu (tt)

- Lấy logarit 2 vế đưa phương trình  $P_1 p_1(T) = P_2 p_2(T)$  về:

$$AT^2 + BT + C = 0$$

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2 \quad B = 2(\mu_1 \sigma_2^2 - \mu_2 \sigma_1^2)$$

$$C = \sigma_1^2 \mu_2^2 - \sigma_2^2 \mu_1^2 + 2\sigma_1^2 \sigma_2^2 \ln\left(\frac{\sigma_2 P_1}{\sigma_1 P_2}\right)$$

$$\text{Nếu } \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma, \quad T = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1 - \mu_2} \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Lưu ý: có thể lấy ngưỡng tối ưu bằng cách xấp xỉ với các hàm khác Gaussian:

- Raleigh
- Log-normal
- ...

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH | HƯƠNG GIANG - EPU

106

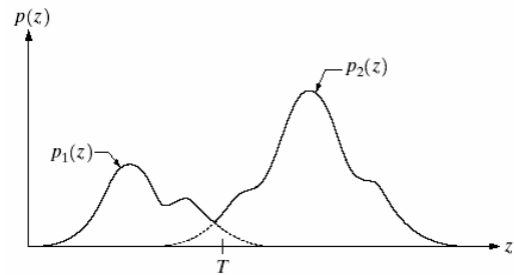
# Lấy ngưỡng tối ưu Otsu

- Hàm **graythresh** trong **python** hiện đang cài đặt theo phương pháp:

- Bài toán:

- Cho ảnh đa mức xám  $M \times N$
- $L$  mức xám  $\{0, 1, 2, \dots, L-1\}$
- $n_i$ : số pixel trong ảnh có mức xám  $i$ 
  - $MN = n_0 + n_1 + \dots + n_{L-1}$
- Histogram chuẩn hóa:

$$\sum_{i=0}^{L-1} p_i = 1$$



- Tìm ngưỡng  $t$  tối ưu?

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

107

# Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Với ngưỡng  $k$ , ta có 2 lớp pixel:

$$C_1 = \{\text{pixels} | \text{intensity} \in [0, k]\}$$

$$C_2 = \{\text{pixels} | \text{intensity} \in [k+1, L-1]\}$$

- Ý tưởng: Tìm ngưỡng sao cho minimizes the weighted within-class variance  $\rightarrow$  tương tự với việc maximizing the between-class variance

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

108

## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Weighed within-class variance

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t)$$

- Trong đó:

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i) \quad q_2(t) = \sum_{i=t+1}^I P(i)$$

## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Class mean

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^t \frac{iP(i)}{q_1(t)} \quad \mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^I \frac{iP(i)}{q_2(t)}$$

- Class variance

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 \frac{P(i)}{q_1(t)} \quad \sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t)]^2 \frac{P(i)}{q_2(t)}$$

## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Total variance

$$\sigma^2 = \underbrace{\sigma_w^2(t)}_{\text{Within-class, from before}} + \underbrace{q_1(t)[1 - q_1(t)][\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2}_{\text{Between-class, } \sigma_B^2(t)}$$

- Vì total variance = const → Minimize within-class tương đương với maximize between-class

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

111

## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Thuật toán:
  - Bước 1. Tính histogram, và xác suất tại mỗi giá trị mức xám
  - Bước 2. Khởi tạo
  - Bước 3. Duyệt lần lượt các giá trị của t từ 1 đến L-1
    - Tính  $q(t), \mu_1(t)$
    - Tính  $\sigma_B^2(t)$
  - Bước 4. Cập nhật ngưỡng t ứng với  $\sigma_B^2(t)$  lớn nhất

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

112



## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Chú ý có thể tính  $\sigma_B^2(t)$  bằng cách đệ qui thực hiện như sau:

- Khởi tạo:

$$q_1(1) = P(1); \mu_1(0) = 0$$

- Đệ qui:

$$q_1(t+1) = q_1(t) + P(t+1)$$

$$\mu_1(t+1) = \frac{q_1(t)\mu_1(t) + (t+1)P(t+1)}{q_1(t+1)}$$

$$\mu_2(t+1) = \frac{\mu - q_1(t+1)\mu_1(t+1)}{1 - q_1(t+1)}$$

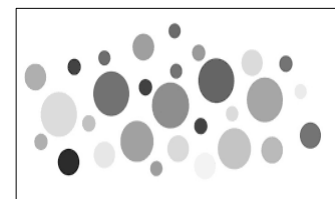
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

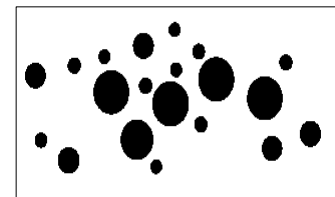
113

## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

```
import cv2
import numpy as np
img = cv2.imread('images\\anh_cham.png',0)
_, img_thr = cv2.threshold(img, 50, 255, cv2.THRESH_OTSU)
cv2.imshow('anh goc',img)
cv2.imshow('Otsu Threshold', img_thr)
```



Ảnh gốc



Ảnh Otsu

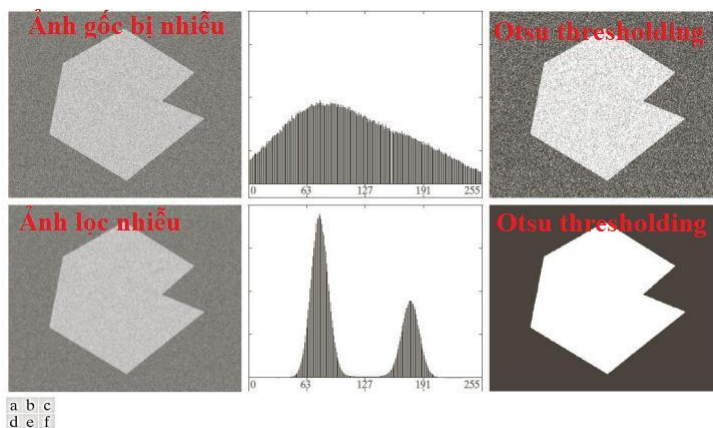
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

114

## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Python code



**FIGURE 10.40** (a) Noisy image from Fig. 10.36 and (b) its histogram. (c) Result obtained using Otsu's method. (d) Noisy image smoothed using a  $5 \times 5$  averaging mask and (e) its histogram. (f) Result of thresholding using Otsu's method.

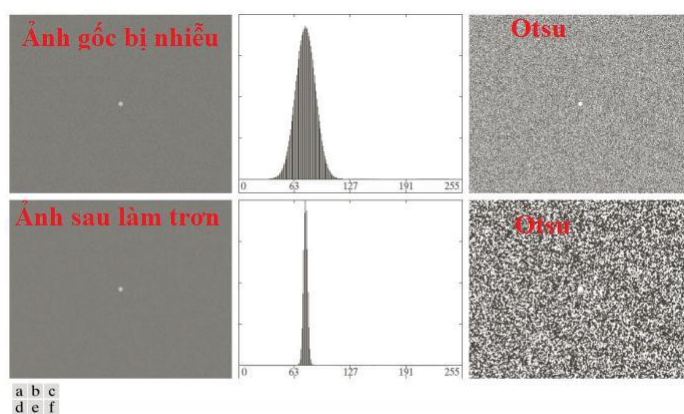
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

115

## Lấy ngưỡng tối ưu Otsu (tt)

- Python code



**FIGURE 10.41** (a) Noisy image and (b) its histogram. (c) Result obtained using Otsu's method. (d) Noisy image smoothed using a  $5 \times 5$  averaging mask and (e) its histogram. (f) Result of thresholding using Otsu's method. Thresholding failed in both cases.

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

116

# Cải thiện lấy ngưỡng bằng cách kết hợp thông tin biên

- Thuật toán
  - Tính gradient hoặc laplacian của ảnh ban đầu
  - Lấy ngưỡng trên ảnh gradient hoặc laplacian để loại bỏ các điểm nhiễu
  - Nhân ảnh ban đầu với ảnh gradient hoặc ảnh laplacian → xây dựng histogram
  - Lấy ngưỡng Otsu của ảnh ban đầu dựa trên histogram vừa tìm được

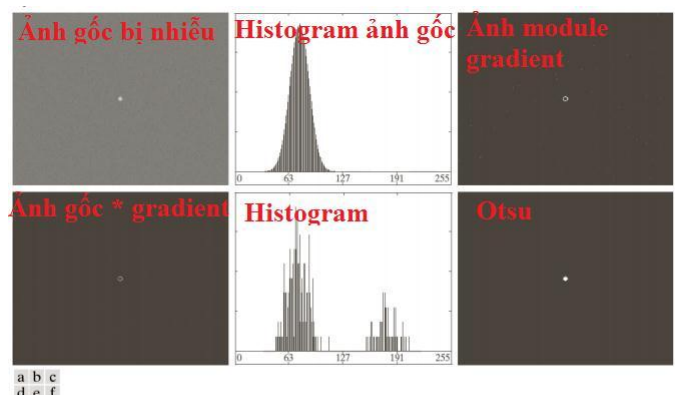
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

117

# Cải thiện lấy ngưỡng bằng cách kết hợp thông tin biên (tt)

- Python code



**FIGURE 10.42** (a) Noisy image from Fig. 10.41(a) and (b) its histogram. (c) Gradient magnitude image thresholded at the 99.7 percentile. (d) Image formed as the product of (a) and (c). (e) Histogram of the nonzero pixels in the image in (d). (f) Result of segmenting image (a) with the Otsu threshold based on the histogram in (e). The threshold was 134, which is approximately midway between the peaks in this histogram.

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

118

## Phân vùng ảnh dựa trên các thuật toán gom nhóm

- Mỗi điểm ảnh được đại diện bởi một vector đặc trưng:

$$s = [s_1, s_2, \dots, s_n]$$

- Các đặc trưng có thể là:
  - Giá trị mức xám
  - Giá trị thành phần màu sắc
  - Các độ đo các lân cận (ví dụ giá trị trung bình trong cửa sổ chạy)
  - ...
- Phân nhóm: tiến hành gom các vector giống nhau vào cùng một nhóm

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

119

## Phân vùng ảnh dựa trên các thuật toán gom nhóm (tt)

- Các phương pháp phân nhóm
  - K-means
  - ISODATA
- Thuật toán K-means
  - Bước 1. Khởi tạo k tâm của k nhóm
  - Bước 2. Phân loại n điểm vào k nhóm dựa vào khoảng cách đến các tâm
  - Bước 3. Tính lại tâm của mỗi nhóm (giá trị trung bình), quay lại bước 2 hoặc sang bước 4.
  - Bước 4. Thuật toán dừng khi tâm các nhóm ở lần  $i + 1$  so với lần thứ  $i$  không có thay đổi

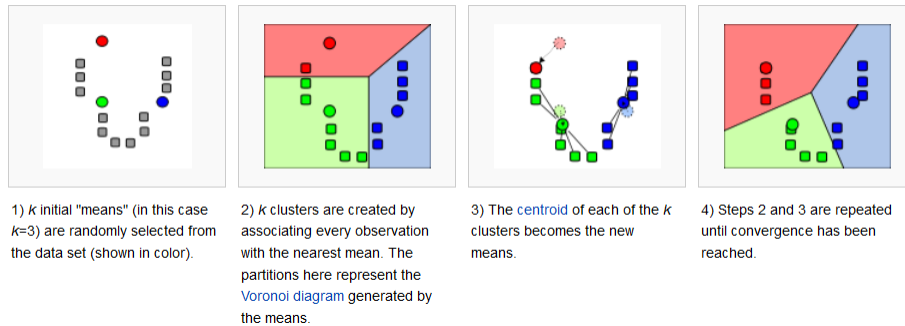
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

120

# Thuật toán K-means

- Python code



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

121

# Thuật toán gom nhóm ISODATA

- ISODATA là cải tiến của thuật toán Kmeans
  - Số lượng các nhóm có thể được điều chỉnh tự động
    - Nếu 1 nhóm quá tản mạn → tách làm 2 nhóm
    - Nếu 2 nhóm quá gần nhau → gộp vào một nhóm
  - Tính khoảng cách từ tất cả các phần tử đến tất cả các tâm → đưa ra quyết định gom nhóm hay tách nhóm

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

122

## Phân vùng ảnh trực tiếp dựa trên miền ảnh

- Giả sử  $R$  biểu diễn vùng của toàn ảnh, chúng ta có thể chia  $R$  ra thành nhiều vùng con khác nhau  $R_1, R_2, \dots, R_n$  thỏa điều kiện:

$$\begin{aligned} (a) \quad & \bigcup_{i=1}^n R_i = R \\ (b) \quad & R_i \text{ là một vùng liên thông, với mọi } i = 1, 2, \dots, n. \\ (c) \quad & R_i \cap R_j = \emptyset, \forall i \neq j. \\ (d) \quad & P(R_i) = \text{TRUE}, \text{ với mọi } i = 1, 2, \dots, n. \\ (e) \quad & P(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}, \text{ với mọi } i \neq j \end{aligned}$$

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH | HUƠNG GIANG - EPU

123

## Phân vùng ảnh trực tiếp dựa trên miền ảnh (tt)

- $P(R_i)$  là một hàm logic được định nghĩa trước trên các điểm ảnh trong tập  $R_i$  và  $\Phi$  là tập hợp rỗng.
- Điều kiện (a) để đảm bảo việc phân vùng là hoàn toàn, mỗi điểm ảnh phải thuộc vào một vùng nào đó.
- Điều kiện (b)  $R$  là một vùng liên thông.
- Điều kiện (c) để đảm bảo các vùng phải rời nhau.
- Điều kiện (d) để đảm bảo các điểm ảnh trong vùng phải thỏa một tính chất  $P$  nào đó.
- Điều kiện (e) để đảm bảo hai vùng khác nhau về tính chất  $P$  được định nghĩa trước

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH | HUƠNG GIANG - EPU

124

## Phân vùng ảnh trực tiếp dựa trên miền ảnh (tt)

- Áp dụng khi ảnh có nhiều nhiễu → việc phát hiện biên phức tạp hoặc không thể phát hiện chính xác
- Tiêu chuẩn xác định tính đồng nhất của miền đóng vai trò rất quan trọng.
- Một số tiêu chuẩn tính đồng nhất:
  - Theo giá trị mức xám
  - Theo màu sắc, kết cấu ảnh
  - Theo hình dạng, theo mô hình
  - ...
- Một số phương pháp
  - Phương pháp lan tỏa vùng (gia tăng vùng –region growing)
  - Phương pháp phân chia và kết hợp vùng

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

125

## Phương pháp lan tỏa vùng

- Bắt đầu tại những điểm “hạt giống”
- Phát triển vùng bằng cách thêm vào tập các điểm “hạt giống” những điểm lân cận thỏa mãn một tính chất cho trước (như cấp xám, màu sắc, kết cấu) – Thỏa mãn hàm P
  - 4 lân cận
  - 8 lân cận
- Tiêu chuẩn:
  1. Giá trị sai khác tuyệt đối giữa các điểm ảnh phải nhỏ hơn 65
  2. Các điểm ảnh phải là 8 lân cận với nhau và có ít nhất một điểm ảnh nằm trong vùng

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

126

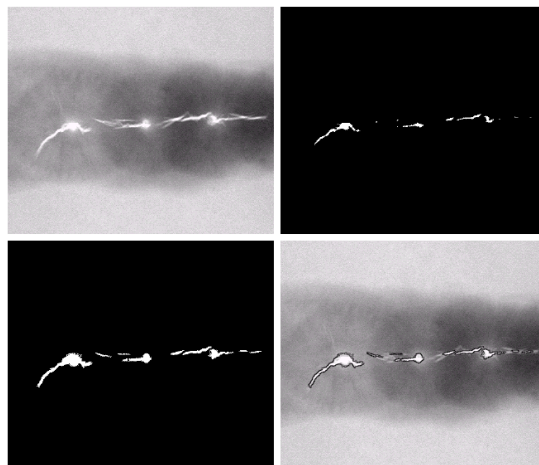
## Phương pháp lan tỏa vùng (tt)

- Python code

a b  
c d

**FIGURE 10.40**

(a) Image showing defective welds. (b) Seed points. (c) Result of region growing. (d) Boundaries of segmented defective welds (in black). (Original image courtesy of X-TEK Systems, Ltd.).



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

127

## Phương pháp lan tỏa vùng (tt)

- Ví dụ: Phân vùng áp dụng lan tỏa vùng cho ảnh sau (sự sai khác < 3, seed point là những điểm có giá trị lớn nhất)

0	0	1	2	5	7	1	0	1	1	1	1	0
0	0	1	6	6	7	1	0	0	0	0	0	0
0	1	2	1	2	1	1	0	0	7	7	7	1
1	2	1	1	1	2	0	0	0	6	6	7	1
1	2	7	6	6	6	5	5	1	6	7	7	1
2	3	1	1	1	6	6	1	1	6	6	7	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	6	6	7	1
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1

Các điểm ảnh "hạt giống"



0	0	1	2	5	7	1	0	1	1	1	1	0
0	0	1	6	6	7	1	0	0	0	0	0	0
0	1	2	1	2	1	1	0	0	7	7	7	1
1	2	1	1	1	2	0	0	0	6	6	7	1
1	2	7	6	6	6	5	5	1	6	7	7	1
2	3	1	1	1	6	6	1	1	6	6	7	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	6	6	7	1
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIHỊ HƯƠNG GIANG - EPU

128



## Phương pháp lan tỏa vùng (tt)

- Phát triển vùng

0	0	1	2	5	7	1	0	1	1	1	1	1	0
0	0	1	6	6	7	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	2	1	2	1	1	0	0	7	7	7	1	1
1	2	1	1	1	2	0	0	0	6	6	7	1	1
1	2	7	6	6	6	5	5	1	6	7	7	1	1
2	3	1	1	1	6	6	1	1	6	6	7	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	6	6	7	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1

09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

129

## Phương pháp phân chia và kết hợp vùng

- Ý tưởng:
  - Xác định một luật  $P(R_i)$  mà mỗi vùng phải thỏa mãn
  - Một vùng  $R_i$  sẽ được chia thành các vùng nhỏ hơn nếu  $P(R_i) = \text{FALSE}$
  - Hai vùng  $R_i$  và  $R_j$  sẽ được gộp vào nhau nếu  $P(R_i \cup R_j) = \text{TRUE}$
  - Thuật toán dừng khi không chia và gộp được nữa
- Có nhiều kỹ thuật tách và hợp vùng
  - Xem xét kỹ thuật tách và hợp vùng theo cấu trúc cây tứ phân
  - Tính độ lệch chuẩn

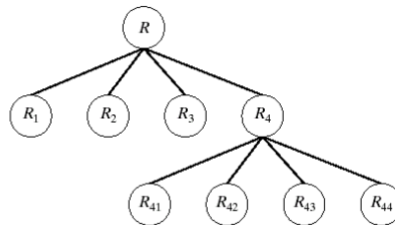
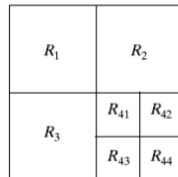
09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH HƯƠNG GIANG - EPU

130

## Phương pháp phân chia và kết hợp vùng (tt)

- Kỹ thuật tách và hợp vùng theo cấu trúc cây tứ phân:
  - $P(R_i) = \text{TRUE}$  nếu có ít nhất 80% các điểm trong  $R_i$  có tính chất  $|z_j - m| \leq 2\sigma_i$ .
  - Trong đó:
    - $z_j$ : là cấp xám của điểm ảnh thứ  $j$  trong vùng  $R_i$ .
    - $m$ : là giá trị trung bình của vùng  $R_i$ .
    - $\sigma_i$ : là độ lệch chuẩn của các cấp xám trong  $R_i$ .



09/03/2023

131

## Phương pháp phân chia và kết hợp vùng (tt)

- Kỹ thuật tách và hợp vùng theo cấu trúc cây tứ phân (tt)
- Python code

a b c

**FIGURE 10.43**

(a) Original image. (b) Result of split and merge procedure. (c) Result of thresholding (a).



09/03/2023

TS. ĐOÀN TIH| HƯƠNG GIANG - EPU

132

## Phương pháp phân chia và kết hợp vùng (tt)

- Độ lệch chuẩn:

- Khi các vùng được gộp: tất cả các pixel trong vùng nhận giá trị trung bình của vùng

- Phương sai:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (z_j - \bar{z})^2}{n-1}$$

- Độ lệch chuẩn:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (z_j - \bar{z})^2}{n-1}}$$

... The end