

# Xử lý ảnh

## Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Biên soạn: Phạm Văn Sự

Bộ môn Xử lý tín hiệu và Truyền thông  
Khoa Kỹ thuật Điện tử I  
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

ver.19a



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tổng quan chung

### Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh  $\rightarrow$  hiểu ảnh: Ảnh  $\xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}}$  Thuộc tính ảnh
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đối đồng nhất) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
  - Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
    - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh
  - Tính tương đồng : phân vùng ảnh dựa trên miền ảnh
    - ★ Phân ngưỡng, phát triển miền, chia tách và hợp miền

Phát hiện biên là quá trình sử dụng các phương pháp xử lý nhằm phát hiện/định vị ra các điểm ảnh nằm tại biên vùng ảnh/đối tượng

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

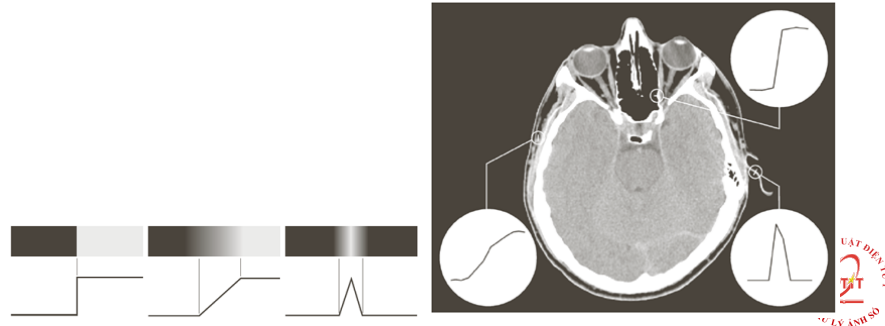
---

- Thường được sử dụng nhiều trong phân vùng ảnh

## Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh
  - ▶ Mỗi ứng dụng có một độ đo khác nhau
  - ▶ Phổ biến nhất là độ đo về sự thay đổi đột ngột mức xám
    - ★ Các điểm ảnh biên là các điểm ảnh tại đó giá trị mức xám của hàm ảnh thay đổi một cách đột ngột
    - ★ Biên là là một tập các điểm ảnh biên kết nối nhau
    - ★ Mô hình biên bước nhảy, mô hình biên dốc, mô hình biên hình mái nhà



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:
  - ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
    - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
    - ★ ...
  - ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
  - ▶ Kết quả là ảnh biên
- Phát hiện biên gián tiếp:
  - ▶ Nếu ảnh được phân thành các vùng thì ranh giới giữa các vùng là biên
    - ★  $\Rightarrow$  Phát hiện biên và Phân vùng ảnh là hai bài toán đối ngẫu
  - ▶ Khó cài đặt hơn phương pháp phát hiện biên trực tiếp
  - ▶ Hiệu quả trong trường hợp mức xám biến thiên nhỏ
  - ▶ Kết quả là đường biên



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Các bước cơ bản phát hiện biên

1. Làm trơn ảnh để giảm/loại bỏ nhiễu
2. Phát hiện các điểm biên
  - ▶ Sử dụng các phép xử lý cục bộ trích xuất từ ảnh tất cả các điểm có khả năng là các điểm biên ảnh
3. Định vị biên
  - ▶ Lựa chọn từ các điểm có khả năng là điểm biên ảnh những điểm thực sự là thành phần của một tập các điểm tạo thành biên ảnh



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient

- Một xấp xỉ đơn giản:

$$\begin{cases} G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f'_x \approx \frac{f(x+dx,y) - f(x,y)}{dx} \\ G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f'_y \approx \frac{f(x,y+dy) - f(x,y)}{dy} \end{cases}$$

- Với  $dx = dy = 1$  (điểm ảnh):



$$\begin{cases} G_x \approx f(x+1,y) - f(x,y) \\ G_y \approx f(x,y+1) - f(x,y) \end{cases}$$

- ▶  $\Leftrightarrow$  Mặt nạ nhân chập  $H_x = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$  và  $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix}$

Xác định ảnh biên  $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$  của ảnh

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

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

- Lấy vi phân theo hướng đường chéo  $\Rightarrow$  Toán tử Gradient chéo
  - Do Roberts đưa ra năm 1965
- $G_x = z_9 - z_5$ ,  $G_y = z_8 - z_6$
- $\Leftrightarrow$  Mặt nạ nhân chập  $H_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$  và  $H_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$

Xác định ảnh biên  $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$  của ảnh

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Prewitt

- $$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \end{cases}$$
- $\Leftrightarrow$  Mặt nạ nhân chập  $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  và  $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 
  - Toán tử Prewitt

Xác định ảnh biên  $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$  của ảnh

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

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel

- $$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \end{cases}$$
- $\Leftrightarrow$  Mặt nạ nhân chập  $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$  và  $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 
  - ▶ Toán tử Sobel

Xác định ảnh biên  $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$  của ảnh

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

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật Laplace

- Ảnh được nhân chập với một tập (thường là 8) mặt nạ
  - ▶ Mỗi mặt nạ được thiết kế (hoặc quay) để nhạy cảm với biên ở những hướng xác định
- Độ lớn Gradient biên được xác định  $M(x, y) = \max_k M_k(x, y)$
- Hướng của biên được xác định bởi mặt nạ tại đó tạo ra biên độ Gradient cực đại
- Các mặt nạ Kirsch:

$$\begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

Notes

---

---

---

---

---

---

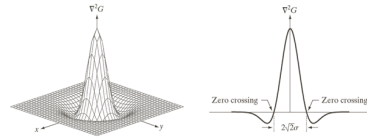
---

---

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

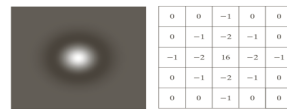
Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG

- Sử dụng toán tử Laplace của một hàm Gausse (LoG: Laplace of a Gaussian):  
 $\nabla^2 G$ 
  - $\nabla^2$ : toán tử Laplace;  $G$ : hàm Gausse  $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$
- Để có  $\nabla^2 G(x, y) = \frac{x^2+y^2-2\sigma^2}{\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$



(a) 3D

(b) Mặt cắt



(c) Dạng ảnh

(d) Hệ số



- Do hình dạng  $\rightarrow$  "Mexican hat"

Biên soạn: Phạm Văn Sự (PTIT)

Xử lý ảnh

ver.19a 11 / 39

Notes

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh  $f(x, y)$ :  $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] \star f(x, y)$ 
  - Do tính tuyến tính  $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2 [G(x, y) \star f(x, y)]$

### Thuật toán phát hiện biên Marr-Hildreth

- Thực hiện lọc ảnh vào với một bộ lọc Gausse thông thấp kích thước  $n \times n$ :  
 $\tilde{f}(x, y) = G(x, y) \star f(x, y)$
- Thực hiện lọc Laplace của ảnh kết quả bước 1:  $\tilde{g}(x, y) = \nabla^2 \tilde{f}(x, y)$   
 $= \nabla^2 [G(x, y) \star f(x, y)]$
- Tìm các điểm cắt không (zero crossing) của  $\tilde{g}(x, y)$

- Kích thước bộ lọc LoG nên được chọn là một số lẻ  $n \geq 6\sigma$



Biên soạn: Phạm Văn Sự (PTIT)

Xử lý ảnh

ver.19a 12 / 39

Notes

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
  - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
  - ▶ Các điểm phải được định vị tốt
  - ▶ Đáp ứng điểm biên duy nhất

### Thuật toán tách biên Canny

1. Làm trơn ảnh vào bằng bộ lọc Gausse
2. Tính toán ảnh biên độ Gradient và pha Gradient
3. Áp dụng phương pháp loại bỏ các điểm không phải cực đại cho ảnh biên độ Gradient
4. Sử dụng phân ngưỡng kép và phân tích kết nối để phát hiện và liên kết biên

XỬ LÝ ẢNH SỐ

Notes

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm trơn ảnh bằng bộ lọc Gausse

- Ảnh vào  $f(x, y)$  được làm trơn với hàm Gausse  $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$ :
  - ▶  $f_s(x, y) = G(x, y) \star f(x, y)$
  - ▶ Kích thước bộ lọc Gausse  $n \times n$  nên có  $n$  lẻ và  $\geq 6\sigma$

$$I_s = I \otimes H_{Gausse}$$

$$H_{Gaussian} = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$



Notes

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tính biên độ và góc Gradient

- $G_x = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial x}$ ,  $G_y = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial y}$
- Biên độ Gradient:  $M(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$
- Pha Gradient:  $\alpha(x,y) = \text{atan}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$

$G_x$ ,  $G_y$  có thể được tính bằng cách sử dụng bất kỳ cặp mặt nạ Roberts, Prewitt hay Sobel



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

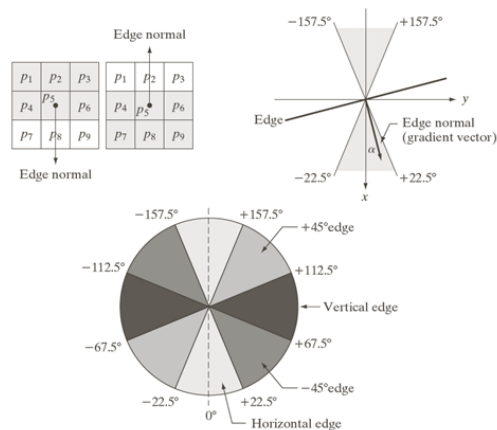
---

---

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lần biên (1)

- Sử dụng phương pháp loại bỏ các điểm không phải là cực đại (nonmaxima suppression)
  - ▶ Định rõ một số hướng rời rạc của pháp tuyến biên



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

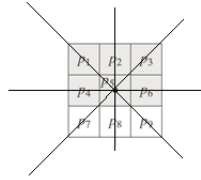
---

---



## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lần biên (2)



Gọi  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  và  $d_4$  là các hướng biên cơ bản của một vùng  $3 \times 3$ : nằm ngang,  $-45^\circ$ , dọc, và  $45^\circ$ . Ý đồ loại bỏ điểm không phải cực đại cho một vùng  $3 \times 3$  có tâm tại  $(x, y)$  trong pha Gradient  $\alpha(x, y)$ :

- 1 Tìm hướng  $d_k$  gần với hướng  $\alpha(x, y)$  nhất
- 2 Xác định ảnh loại bỏ điểm không phải cực đại  $g_N(x, y)$ :
  - Nếu giá trị của  $M(x, y)$  nhỏ hơn ít nhất một trong hai lân cận dọc theo  $d_k$  thì  $g_N(x, y) = 0$  (loại bỏ, nén - suppression); ngược lại  $g_N(x, y) = M(x, y)$
- 3  $g_N(x, y)$  là ảnh chỉ có các biên mảnh;  $g_N(x, y) = M(x, y)$  trong đó các điểm biên không cực đại được loại bỏ

Notes

## Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép:  $T_L$  (ngưỡng thấp),  $T_H$  (ngưỡng cao)
  - $T_H : T_L$  nên bằng  $2 : 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$ ;  $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$
- Hình thành các biên dài:
  - 1 Định vị điểm chưa xét  $p$  trong ảnh  $g_{NH}(x, y)$
  - 2 Đánh dấu tất cả các điểm biên yếu là các điểm biên hợp lệ trong  $g_{NL}(x, y)$  mà có kết nối với  $p$  (theo các kết nối đã biết, e.g. kết nối 8)
  - 3 Nếu tất cả các điểm khác 0 trong  $g_{NH}(x, y)$  đã được xem xét thì chuyển đến bước 1; ngược lại thì quay lại bước 4
  - 4 Thiết lập tất cả các điểm không được đánh dấu là các điểm biên hợp lệ trong  $g_{NL}(x, y)$  bằng 0
- Thêm vào  $g_{NH}(x, y)$  tất cả các điểm khác không trong  $g_{NL}(x, y)$



Notes

## Phương pháp phát hiện biên cục bộ

Kỹ thuật phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Là phương pháp lọc phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ
  - ▶ Xác định biên dựa vào trung bình giá trị mức xám các điểm lân cận; không theo sự biến đổi giá trị mức xám
  - ▶ Sử dụng các cửa sổ lọc, so sánh giá trị mức xám điểm ảnh quan tâm và giá trị trung bình mức xám các điểm lân cận

Tại điểm ảnh  $(x, y)$  với cửa sổ lọc  $\mathbf{w}$  ( $m \times n$ )

- Nếu  $f(x, y) > \frac{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j) f(x+i, y+j)}{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)} + \delta$  thì  $f(x, y)$  là một điểm biên (trắng); ngược lại thì  $f(x, y)$  là một điểm nền (đen)



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên

### Thuật toán dò biên tổng quát

- 1 Xác định điểm biên xuất phát
- 2 Dự báo và xác định điểm biên tiếp theo
- 3 Lặp lại bước 2 cho đến khi gặp điểm xuất phát



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

### Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

- ❶ Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát
- ❷ Bước 2:
  - ❶ Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo
  - ❷ Lựa chọn điểm biên vùng
- ❸ Lặp lại bước 2 cho đến khi gặp lại cặp điểm nền-vùng xuất phát



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi  $R$  là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia  $R$  thành  $n$  vùng con  $R_1, R_2, \dots, R_n$  sao cho:
  - ❶  $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
  - ❷  $R_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) là một tập kết nối
  - ❸  $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
  - ❹ Một vị từ  $Q()$ :
    - ★  $Q(R_i) = TRUE$  với  $i = 1, 2, \dots, n$
    - ★  $Q(R_i \cup R_j) = FALSE \forall$  cặp vùng liên kề  $R_i$  và  $R_j$
- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:
  - ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:
    - ★ Lớp khai thác tính không liên tục liên tục: phân vùng dựa theo biên ảnh, ...
    - ★ Lớp khai thác tính tương đồng: phân vùng dựa theo đặc tính vùng ảnh, ...
  - ▶ Dựa trên cách tiếp cận đối tượng ảnh:
    - ★ Các kỹ thuật cục bộ
    - ★ Các kỹ thuật toàn cục
    - ★ Các kỹ thuật phân-hợp và phát triển vùng



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên

- 1 Phát hiện biên, làm nổi biên
- 2 Làm mảnh lần biên
- 3 Nhị phân hóa đường biên
- 4 Miêu tả đường biên



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:
  - ▶ Sự phân tách giữa các đỉnh
  - ▶ Mức độ nhiễu của ảnh
  - ▶ Kích thước tương đối của đối tượng so với nền
  - ▶ Tính đồng nhất của nguồn chiếu sáng
  - ▶ Tính đồng nhất của các tính chất phản xạ của ảnh

Bài toán phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ  $\Rightarrow$  Bài toán tìm ngưỡng thích hợp để phân biệt giữa (các) đối tượng và nền  $\Rightarrow$  Xây dựng các thuật toán/kỹ thuật để tìm được các ngưỡng thích hợp



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- $\equiv$  Thuật toán đẳng liêu
  - ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

1. Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục  $T$ :  $T_0$  (thường chọn  $T_0 = \frac{L}{2}$ ). Khởi động  $\Delta T = \infty$
2. Lặp cho đến khi  $|\Delta T| \leq \epsilon$ 
  1. Phân vùng ảnh với ngưỡng ước lượng  $T_i \rightarrow$  hai vùng ảnh: vùng  $G_1$  gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám  $> T_i$ , vùng  $G_2$  gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám  $\leq T_i$
  2. Tính giá trị mức xám trung bình trên mỗi vùng ảnh  $G_1$ :  $m_1$ ,  $G_2$ :  $m_2$ 
    - ★ Giá trị mức xám trung bình của vùng ảnh  $G_j$  ( $j = 1, 2$ ) có giá trị mức xám  $T_{j,min} \div T_{j,max}$ :
$$m_j = \frac{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} r_k h(r_k)}{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} h(r_k)}$$
3. Tính giá trị ngưỡng mới:  $T_{i+1} = \lfloor \frac{m_1 + m_2}{2} \rfloor$ ; cập nhật  $\Delta T = |T_{i+1} - T_i|$

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng đo lường nổi tiếng trong phân tích sự khác biệt thống kê: phương sai giữa các lớp (đối tượng)
  - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đối tượng)

**Input:** Ảnh  $I$  ( $M \times N$ ), số mức xám  $L$

**Output:** Mức ngưỡng  $T$  ( $\theta$ )

1. Tính lược đồ xám chuẩn hóa  $p(r_j)$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, L-1$ )
2. Tính giá trị trung bình mức xám toàn cục:  $m_G = m_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$
3. Lặp với  $j = 0, 1, \dots, L-1$ :
  1. Tính  $P_j = Pr\{r_i \leq r_j\} = \sum_{i=0}^j p(r_i)$
  2. Tính giá trị trung bình các mức xám  $\leq r_j$ :  $m_j = \sum_{i=0}^j r_i p(r_i)$
  3. Tính  $f(\theta_j) = \sigma_B^2(j) = \frac{(m_G P_j - m_j)^2}{P_j(1-P_j)}$  với  $0 < P_j < 1$
4. Xác định ngưỡng tối ưu Otsu  $\theta_{opt} = T_{opt}$ :  $\theta_{opt} = \max_{0 \leq j < L-1} f(\theta_j)$

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

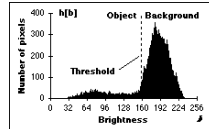
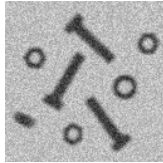
---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:
  - ▶ Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
    - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại  $h(r_k)_{max}$  ( $p(r_k)_{max}$ )
    - ★  $max_p$  là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám



1. Tìm ở phía các điểm ảnh không phải đối tượng (so với điểm có giá trị  $max_p$ ) điểm có giá trị mức xám  $r_k$  với  $p\%$ :  $P(r_k) = P_k = \sum_{i=0}^k p(r_i) = p$
  2. Ngưỡng  $T$  được lấy đối xứng giá trị  $r_k$  qua  $max_p$ :  $T = max_p - (r_k - max_p)$
- Dễ dàng  $\rightarrow$  ảnh có đối tượng sáng trên nền tối với phân bố lược đồ xám chủ đạo; hoặc đối tượng ảnh có phân bố lược đồ xám chủ đạo

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

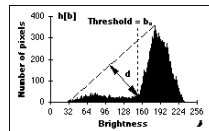
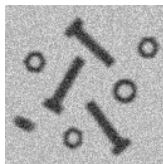
---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

- Do Zack đề xuất



1. Trên lược đồ xám, nối điểm  $(r_{max}, H_{max})$  với điểm  $(r_{min}, H_{min})$  bằng đường thẳng  $\Delta$ 
  - ▶  $H_{max}$ : giá trị cực đại của lược đồ xám (tương ứng giá trị mức xám  $r_{max}$ )
  - ▶  $H_{min}$ : giá trị ứng với mức xám nhỏ nhất (tương ứng với  $p = 0\%$ , giá trị mức xám  $r_{min}$ )
2. Với  $r_k \in [r_{min}, r_{max}]$ , tính khoảng cách từ điểm  $(r_k, h(r_k)) \rightarrow \Delta$ :  
 $d_k = d((r_k, h(r_k)), \Delta)$ 
  - ▶ Ngưỡng  $T$ :  $T = r_k^* = \max_{r_k \in [r_{min}, r_{max}]} d_k$

- Đặc biệt hiệu quả khi các điểm ảnh thuộc đối tượng tạo nên một đỉnh vều trên lược đồ xám

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Làm trơn lược đồ xám

- Nhầm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

1 Lặp với  $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$

- ▶ Tính lược đồ xám làm trơn  $h_s(r_k)$  từ lược đồ xám ảnh vào  $h(r_k)$  theo công thức

$$h_s(r_k) = \frac{1}{W} \sum_{i=-a}^{+a} h(r_k - i)$$

- ▶ Kích thước  $W = 2a + 1$  (lẻ)
- ▶ Quy ước  $h(r_m) = 0$  với  $r_m \notin [0, L - 1]$



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
  - ▶  $\Rightarrow$  Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
  - ▶  $\Rightarrow$   $\uparrow$  tính đối xứng của lược đồ xám

**Input:** Ảnh  $I: f(x, y) (M \times N)$

**Output:** Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

- 1 Tính ảnh biên  $\tilde{f}(x, y)$  dựa trên hoặc biên độ gradient, hoặc sử dụng giá trị tuyệt đối của lọc Laplace bằng bất cứ thuật toán nào đã học
- 2 Xác định một giá trị ngưỡng  $T$
- 3 Phân ngưỡng ảnh biên sử dụng ngưỡng  $T \rightarrow$  ảnh nhị phân (ảnh mặt nạ)  $g_T(x, y)$
- 4 Lựa chọn các điểm ảnh của  $f(x, y)$  tại các vị trí tương ứng với điểm có giá trị 1 trong ảnh mặt nạ  $g_T(x, y)$  ( $\equiv$  Các điểm ảnh biên mạnh)
  - ▶ Tính lược đồ xám  $\tilde{h}(r_k)$  của các điểm vừa chọn
- 5 Sử dụng lược đồ xám  $\tilde{h}(r_k)$  để tính ngưỡng toàn cục và phân vùng ảnh  $f(x, y)$

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Cải thiện phân ngưỡng

- Chọn thuật toán phù hợp với đặc tính của ảnh cần phân vùng
- Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)
- Kết hợp thông tin về biên ảnh
- Sử dụng nhiều ngưỡng (thích hợp cho các đối tượng khác nhau trong ảnh)
- Sử dụng phân ngưỡng thay đổi
- Sử dụng phân ngưỡng thay đổi với nhiều mức ngưỡng



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
  - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
  - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)
- Các tiêu chuẩn thường dùng để đánh giá độ thuần nhất:
  - ▶ Trung bình số học giá trị mức xám của vùng  $R_i$ :  $m_{R_i} = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)$
  - ▶ Độ lệch chuẩn giá trị mức xám của vùng  $R_i$ :  $\sigma_{R_i}^2 = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} (f(x,y) - m_{R_i})^2$ 
    - ★ Hai miền  $R_i$  và  $R_j$  là đồng nhất nếu  $|m_{R_i} - m_{R_j}| < k\sigma_{R_i}$
    - ★ Một miền  $R_i$  là đồng nhất nếu  $\forall (x,y) \in R_i: |f(x,y)_{\max} - f(x,y)_{\min}| < \theta$  ( $\theta$ : giá trị ngưỡng)
    - ★ Một miền  $R_i$  là đồng nhất nếu  $\forall (x,y) \in R_i: \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} (f(x,y) - m_{R_i})^2 < \theta$



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- $\equiv$  Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn
  - ▶ Thực hiện nhóm cho đến khi không thể tiếp tục; số miền còn lại là kết quả phân vùng ảnh
  - ▶ Tập điểm ảnh bắt đầu của quá trình phát triển: các điểm "hạt giống"
  - ▶ Tiêu chuẩn định trước:
    - ★ Tiêu chuẩn về tính tương tự, tính giống nhau, ...
    - ★ Đảm bảo kề cận nhau
- $\uparrow$  Tính hiệu quả của các thuật toán phát triển vùng bằng cách sử dụng thêm các tiêu chuẩn bổ sung về thông tin kích thước, hình dạng vùng, ...



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Thuật toán

**Input:** Ảnh  $I: f(x, y) (M \times N)$ ; mảng "hạt giống":  $S(x, y) (M \times N)$  - vị trí các điểm "hạt giống" có giá trị 1, các vị trí khác có giá trị 0; một vị trí áp dụng tại mỗi điểm ảnh hoặc vùng ảnh nhỏ để phát triển vùng:  $Q$ ; Sử dụng tính kết nối 8 (8-connectivity)

**Output:** Ảnh phân vùng  $I'$

- 1 Tìm tất cả các phần tử kết nối trong  $S(x, y)$  và co mỗi phần tử kết nối về một điểm; Gán nhãn tất cả các điểm tìm được là 1, tất cả các điểm khác trong  $S(x, y)$  gán nhãn 0
- 2 Tạo một ảnh  $f_Q(x, y)$ :  $f_Q(x, y) = 1$  nếu tại các điểm  $(x, y) \in I$  thỏa mãn vị trí  $Q$ ; ngược lại  $f_Q(x, y) = 0$
- 3 Tạo ảnh  $g(x, y)$ : thêm vào các điểm "hạt giống" của  $S(x, y)$  tất cả các điểm có giá trị 1 trong  $f_Q(x, y)$  mà kết nối 8 với điểm "hạt giống"
- 4 Gán nhãn mỗi phần tử kết nối trong  $g(x, y)$  với một nhãn vùng khác nhau. Đây chính là ảnh kết quả phân vùng  $I'$

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree)  $\Rightarrow$  Phương pháp tách cây tứ phân
- Phương pháp tách và hợp vùng khắc phục được:
  - ▶ Việc chia quá chi tiết của phương pháp chỉ tách
  - ▶ Việc không thấy mối quan hệ giữa các vùng ảnh con của phương pháp chỉ hợp
- Phương pháp tách và hợp:
  - ▶ Cho số vùng nhỏ hơn phương pháp chỉ tách
  - ▶ Ảnh trơn hơn



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

**Input:** Ảnh  $I: R (M \times N)$ ; Vị trí từ  $Q$

**Output:** Ảnh phân vùng  $I'$  biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- 1  $R_0 = R$
- 2 Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con  $R_i$  nào thỏa mãn  $Q(R_i) = FALSE$ :
  - ▶ Chia  $R_i$  thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
  - ▶ Cập nhật cây biểu diễn

- Kiểm tra tiêu chuẩn đồng nhất trên một miền lớn  $\rightarrow$  miền nhỏ hơn
- Thực hiện dễ dàng bằng đệ quy
- Thường cần xác định kích thước nhỏ nhất của một vùng mà nếu kích thước vùng nhỏ hơn thế sẽ không thực hiện việc tách thêm nữa
- Vùng ảnh tương ứng với các node của cây: ảnh tứ (quadimage), vùng tứ (quadregion)



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

**Input:** Ảnh  $I: R (M \times N)$ ; Vị từ  $Q$

**Output:** Ảnh phân vùng  $I'$  biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- 1  $R_0 = R$
- 2 Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ vùng con  $R_i$  nào thỏa mãn  $Q(R_i) = FALSE$ :
  - ▶ Chia  $R_i$  thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
  - ▶ Cập nhật cây biểu diễn
- 3 Hợp: Khi việc tách không thể tiếp tục (đã kết thúc), lặp cho đến khi không còn hai miền liền kề  $R_j$  và  $R_k$  thỏa mãn  $Q(R_j \cup R_k) = TRUE$ :
  - ▶ Hợp hai miền liền kề  $R_j$  và  $R_k$
  - ▶ Cập nhật cây biểu diễn



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

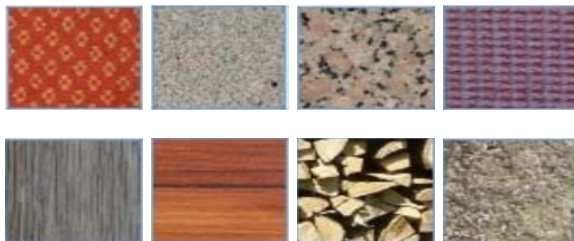
---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt: Kết cấu bề mặt

- Kết cấu bề mặt phản ánh sự lặp lại của các phần tử texel (sợi) cơ bản
  - ▶ Tính lặp lại: ngẫu nhiên - Kết cấu thông kê, có quy luật (có chu kỳ, gần như có chu kỳ) - Kết cấu có cấu trúc
- Một texel có thể gồm rất nhiều điểm ảnh



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt

- Tương tự như phương pháp phân vùng ảnh theo miền, tuy nhiên các luật vị từ được xây dựng trên các độ đo cấu trúc bề mặt
- Độ đo cấu trúc bề mặt
  - ▶ Độ thô của kết cấu; Độ mịn của kết cấu; Tính định hướng của kết cấu; Tính thuần nhất của cấu trúc; Lược đồ sự khác biệt mức xám; Ma trận xuất hiện mức xám; ...



Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---