

Chapitre 6

PHÁT HIỆN VÀ TÁCH BIÊN

1. Giới thiệu và biểu diễn biên ảnh

- **Một số khái niệm**

- **Biên ảnh** (Edge) : là các đường biên giới giữa các vùng ảnh cho phép xác định hình dạng các đối tượng trong ảnh.

- **Vùng ảnh** (Region) : là tập hợp các điểm ảnh thuộc về đối tượng trong ảnh.

Ranh giới các vùng ảnh là biên ảnh, và các đường biên khép kín cho phép xác định vùng ảnh. Biên ảnh và vùng ảnh là 2 đặc trưng đối ngẫu ảnh.

- **Biểu diễn biên ảnh**

Biên ảnh là những điểm ảnh mà tại đó hàm độ sáng của ảnh liên tục có bước nhảy hoặc biến thiên nhanh.

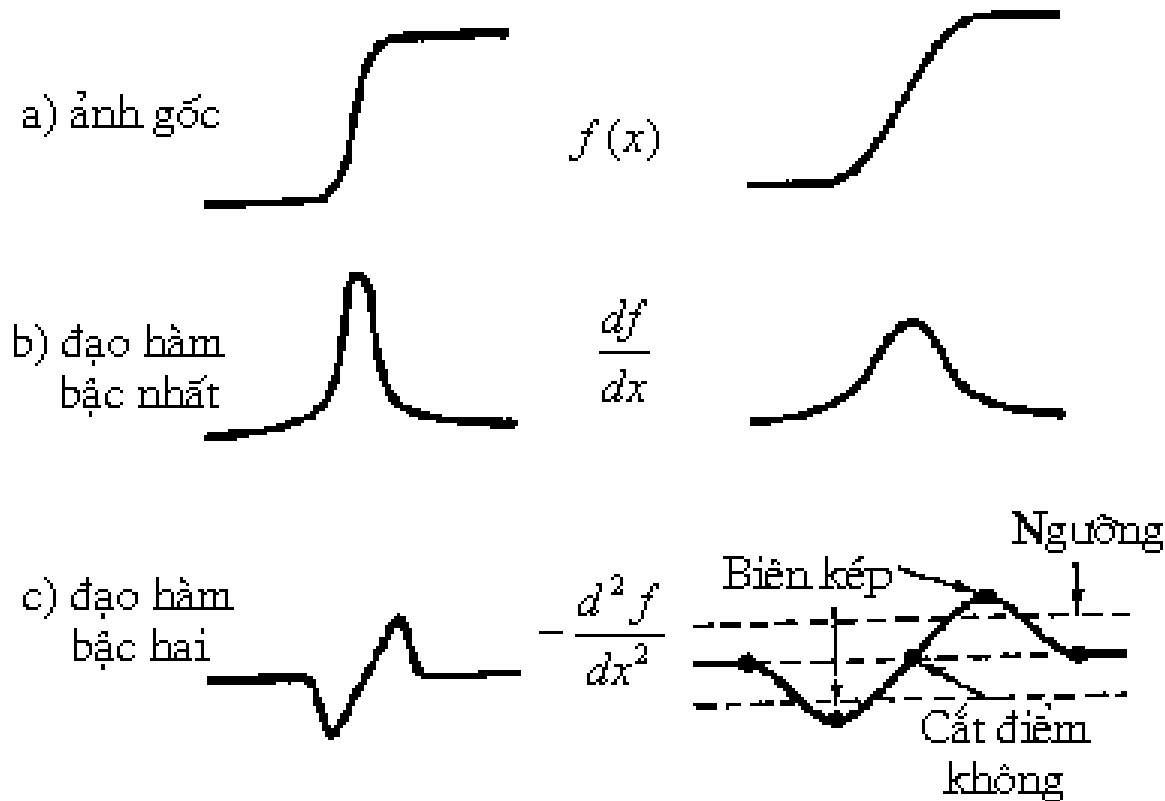
- **Cơ sở toán học của phát hiện và tách biên** : phép toán đạo hàm

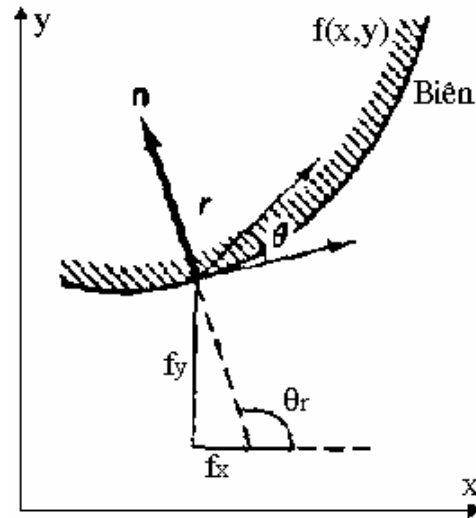
- Giới thiệu về các phương pháp phát hiện biên

- Phương pháp trực tiếp : phát hiện biên dựa trên phép đạo hàm :
đạo hàm bậc 1, đạo hàm bậc 2
 - Phương pháp gián tiếp : Phát hiện biên dựa trên phân vùng ảnh

2. Phát hiện biên dựa trên phương pháp đạo hàm

- **Các toán tử đạo hàm ảnh :** Gradient của ảnh : $G(x,y)$, đạo hàm bậc 1
Laplace của ảnh : $L(x,y)$, đạo hàm bậc 2





- Gradient của một ảnh liên tục $f(x,y)$ dọc theo r với góc θ

$$\frac{df}{dr} = \frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dr} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{dy}{dr} = f_x \cos \theta + f_y \sin \theta$$

- Nguyên tắc của phương pháp phát hiện biên dựa trên phép đạo hàm

- Phát hiện biên dựa trên đạo hàm bậc 1 : tìm cực trị địa phương của gradient
- Phát hiện biên dựa trên đạo hàm bậc 2 : xác định điểm đi qua giá trị không của laplace

- **Bộ lọc số (lọc tuyến tính) thực hiện gần đúng các phép toán đạo hàm.**

$$\frac{\partial F(x, y)}{\partial x} = \frac{\Delta F}{\Delta n} \approx \frac{F(m, n+1) - F(m, n-1)}{2} \approx F(m, n) * D_x(k), \quad \text{với } D_x(k) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial F(x, y)}{\partial y} = \frac{\Delta F}{\Delta m} \approx \frac{F(m+1, n) - F(m-1, n)}{2} \approx F(m, n) * D_y(k), \quad \text{với } D_y(k) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial F(x, y)}{\partial x} \approx H_x(k, l) * X(m, n) = G_x(m, n) \quad \text{và} \quad \frac{\partial F(x, y)}{\partial y} \approx H_y(k, l) * X(m, n) = G_y(m, n)$$

3. Các phương pháp hiện biên truyền thống

3.1 Phát hiện biên dựa trên gradient của ảnh

- **Toán tử Prewitt**

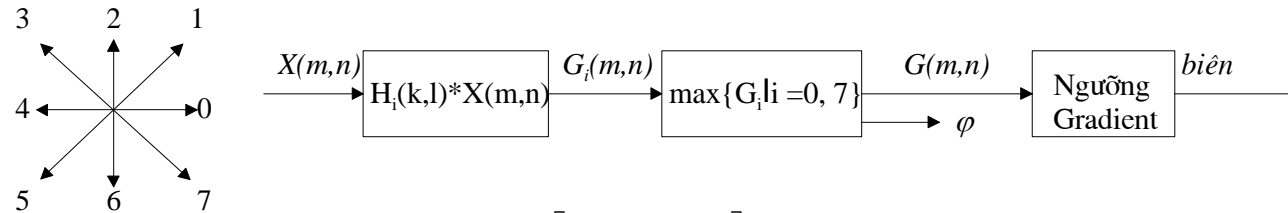
$$H_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad H_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

- **Toán tử Sobel**

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

- **Toán tử Robert**

- **Toán tử đạo hàm hướng** (Compass gradient) : $G = \max_i \left\{ H_i(k,l) * X(m,n); \text{avec } i \in [0,7] \right\}$



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

Toán tử Kirsh

- **Quá trình tách biên dựa trên gradient**

- + Tính gradient của ảnh theo toán tử lựa chọn :

$$G(m,n) = \begin{bmatrix} G_x(m,n) \\ G_y(m,n) \end{bmatrix}, \text{ với } G_x(m,n) = H_x(k,l) * X(m,n) \text{ và } G_y(m,n) = H_y(k,l) * X(m,n)$$

- + Tính độ lớn của vectơ gradient : $|G(m,n)|$

- + Xác định điểm biên dựa trên ngưỡng của gradient hoặc tìm cực trị địa phương của gradient

3.2 Phát hiện biên dựa trên Laplace của ảnh

- Toán tử Laplace

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{dx^2} + \frac{\partial^2 f}{dy^2}$$

$$\frac{\partial^2 f}{dx^2} = 2f(x, y) - f(x-1, y) - f(x+1, y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{dy^2} = 2f(x, y) - f(x, y-1) - f(x, y+1)$$

$$\nabla^2 f = -f(x-1, y) - f(x, y-1) + 4f(x, y) - f(x, y+1) - f(x+1, y)$$

- **Bộ lọc Laplace** : $H_L(k, l) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$. Tính laplace : $L(m, n) = H_L(k, l) * X(m, n)$ -

- Quá trình tách biên dựa trên quá trình xác định sự đi qua các giá trị 0 của laplace

- + Tính laplace của ảnh $L(m, n)$
- + Xác định ma trận phân cực của laplace $X_p(m, n)$
- + Xác định ma trận đi qua các giá trị 0 của laplace $X_z(m, n)$
- + Kiểm tra lại các giá trị độ lớn của gradient tại các điểm mà laplace đi qua giá trị 0

4. Các phương pháp phát hiện và tách biên tiên tiến

Đặt vấn đề

- Biên của ảnh tự nhiên thường phức tạp, hàm độ sáng của ảnh biến thiên ngẫu nhiên, hàm không trơn. Ảnh số biểu diễn bởi ma trận số liệu, hàm rời rạc, ***vấn đề tính đạo hàm ảnh ?***
- Chất lượng phát hiện và tách biên của các phương pháp truyền thống dựa trên các toán tử Prewitt, Sobel, Robert... bị giảm nhiều khi áp dụng cho ảnh tự nhiên phức tạp, nhiều trường hợp không thoả mãn yêu cầu thực tế
- Có nhiều phương pháp được đề nghị, yêu cầu phát hiện và tách biên chính xác trong thực tế luôn đòi hỏi nghiên cứu các phương pháp tiên tiến.

Giới thiệu một số phương pháp phát hiện và tách biên tiên tiến

- **Phương pháp lọc tối ưu**

- Phương pháp được nghiên cứu bởi *Canny (1986)* và được phát triển bởi *Deriche, Shen-Castan*.
- Ý tưởng cơ bản : mô hình hoá các điểm biên theo mô hình ngẫu nhiên. Tìm bộ lọc tách biên thực hiện 2 chức năng : lọc làm trơn hàm và lọc đạo hàm, bộ lọc được tối ưu theo 3 tiêu chí của Canny

- **Phương pháp dùng hàm nội suy spline**

- **Phương pháp mô hình hoá bề mặt ảnh**

5. Kết nối điểm biên và khép kín đường biên

- **Vấn đề:** kết nối các điểm biên sau khi phát hiện & tách biên luôn là cần thiết trong thực tế
- **Nguyên tắc kết nối điểm biên :** dò biên để kết nối điểm biên thoả mãn điều kiện biên
- **Thuật toán dò biên dựa trên phương pháp qui hoạch động (*Dynamic Programming*)**
 - Nguyên tắc dò biên theo qui hoạch động
 - Dãy các điểm cần dò và kết nối : $\{s_1, s_2, \dots, s_N\} = \{s_n\}$
 - Hàm giá của quá trình dò biên theo qui hoạch động :

$$f(n) = \sum_{k=1}^n |G(s_k)| - \alpha \sum_{k=2}^n |\varphi(s_k) - \varphi(s_{k-1})| - \beta \sum_{k=2}^n d(s_k, s_{k-1})$$

$|G(s_k)|$ et $\varphi(s_k)$ là mô đun và hướng của vector gradient tại điểm s_k trên đường dò

$d(s_k, s_{k-1})$ là khoảng cách hình học giữa 2 điểm s_k et s_{k-1} , α và β là các hệ số >0 , lựa chọn

- Tiêu chuẩn dò tại điểm s_n $\Phi(s_n) = \max_{j \in 1,2,3} \left\{ \hat{f}(s_{nj}) \right\}$

