

Phát Hiện Biên Cảnh

Võ Hoài Việt

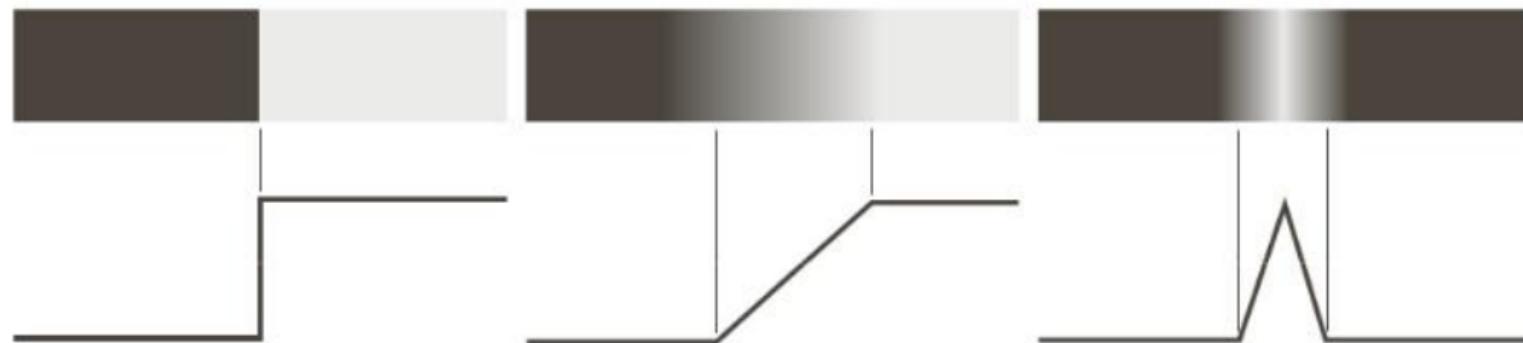
vhviet@fit.hcmus.edu.vn

Nội dung

- Biên cạnh là gì?
- Phát hiện biên cạnh là gì?
- Một số phương pháp phát hiện biên cạnh
- Lược đồ hướng cạnh

Biên cạnh là gì?

- Biên cạnh là sự thay đổi cục bộ của cường độ trong một ảnh
- Thay đổi độ ngọt của độ sáng thường xuất hiện tại vùng ranh giới giữa các đối tượng hoặc các bộ phận của cảnh



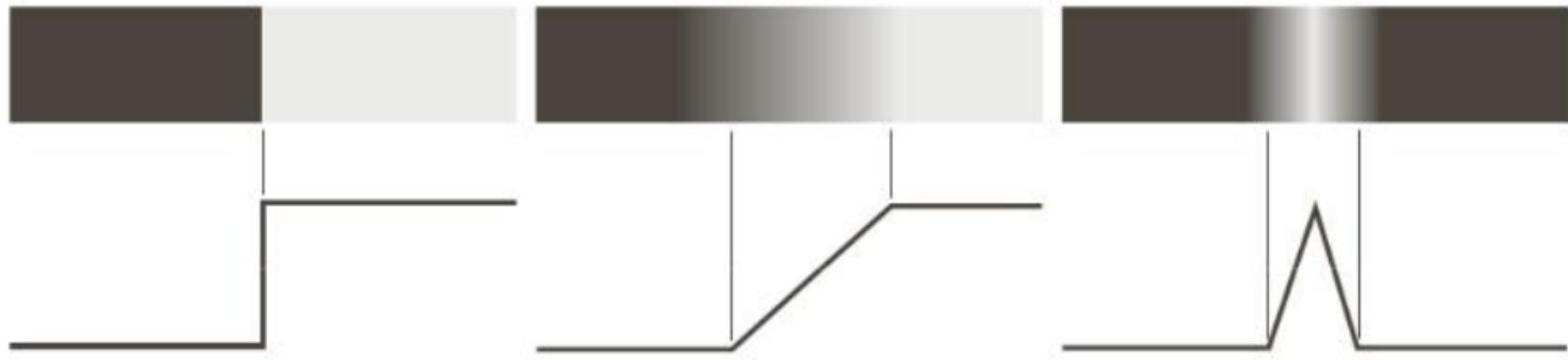
Phát hiện biên cạnh là gì?

- Phát hiện biên cạnh là qui trình xác định và định vị các điểm biên cạnh
- Là tác vụ nền tảng trong nhiều lĩnh vực: xử lý ảnh, thị giác máy tính.
- Thường được sử dụng để phát hiện và rút trích đặc trưng thành phần, hình dáng.

Biên cạnh là gì?



Đặt vấn đề



- Đại lượng nào biểu diễn cho sự thay đổi độ sáng ảnh?
- Đại lượng nào biểu diễn cho sự thay đổi độ sáng của một hàm số theo biến số vector?

Gradient vector của một hàm ảnh

- Cho hàm ảnh f
- Gradient của hàm ảnh tại x, y là một vector được định nghĩa

$$\nabla f = \left[\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right]$$

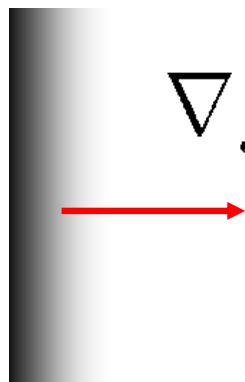
- Ta có hướng của đạo hàm là

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \middle/ \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \right)$$

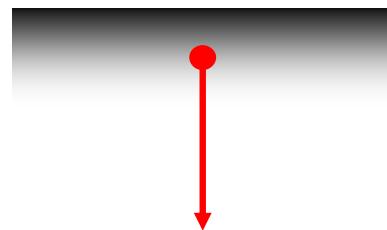
- Độ lớn của đạo hàm

$$|\nabla f| = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right)^2}$$

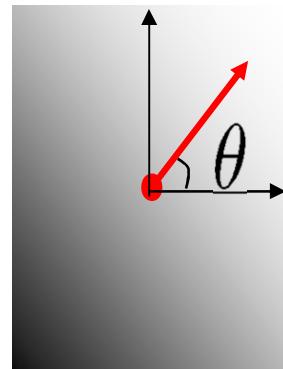
Gradient vector của một hàm ảnh



$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, 0 \right]$$



$$\nabla f = \left[0, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$



$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$

Gradient vector của một ảnh

- Xét ảnh xám I
- Gradient của ảnh I tại x, y là một vector được định nghĩa như sau

$$\nabla I(x, y) = (I_x, I_y) = \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right)$$

- Trong đó

$$I_x = \frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \approx \frac{I(x + dx, y) - I(x, y)}{dx}$$

$$I_y = \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \approx \frac{I(x, y + dy) - I(x, y)}{dy}$$

Gradient vector của một ảnh

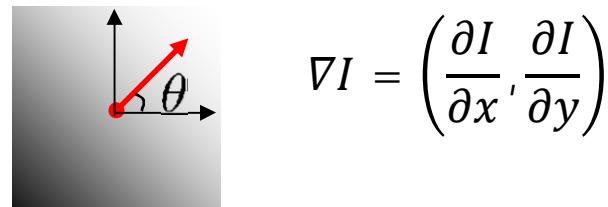
- Độ lớn của gradient

$$|\nabla I(x, y)| = \left(\left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right)^{1/2}$$

- Hướng của gradient

$$\angle = \tan^{-1} \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial y} / \frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \right)$$

thể hiện góc lện của gradient so với trục Ox



$$\nabla I = \left(\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y} \right)$$

Một số phương pháp phát hiện biên cạnh

- Phát hiện biên cạnh sử dụng gradient
- Phát hiện biên cạnh sử dụng toán tử Laplace
- Thuật toán Canny

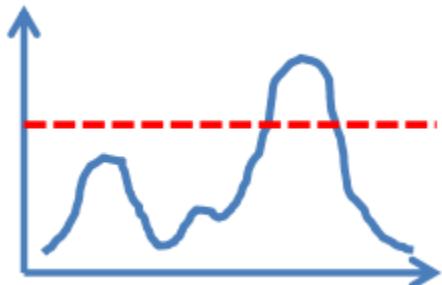
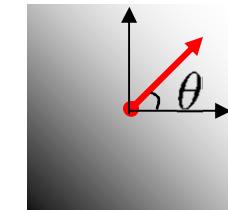
Phát Hiện Biên Cảnh

THUẬT TOÁN DỰA VÀO GRADIENT

Thuật toán sử dụng gradient



Tính độ lớn gradient tại từng vị trí (x,y) trong ảnh



Nhị phân hóa ảnh dựa trên
độ lớn của gradient

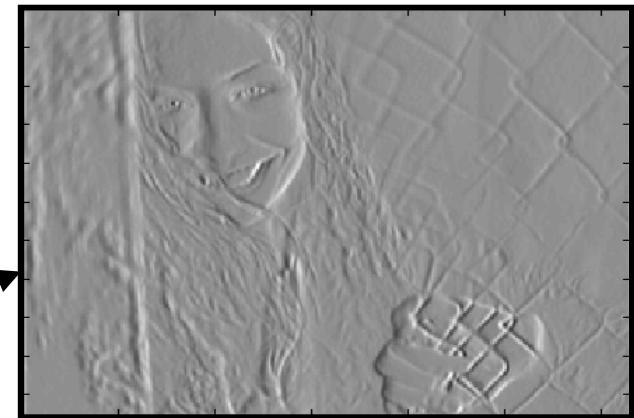


Ví dụ

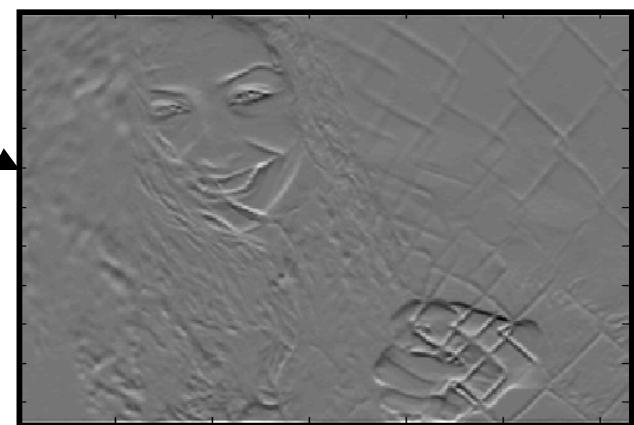


I

$$\frac{d}{dx} I$$



$$\frac{d}{dy} I$$



Ví dụ

$$\nabla = \sqrt{\left(\frac{d}{dx} I\right)^2 + \left(\frac{d}{dy} I\right)^2}$$



I

$$\nabla \geq Threshold = 100$$



Một số mặt nạ thông dụng

- Mặt nạ Sobel

H_x

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

H_y

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

- Mặt nạ Prewitt

H_x

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

H_y

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

Một số mặt nạ thông dụng

- Mặt nạ Robert

-1	0
0	1

 H_x

0	-1
1	0

 H_y

0	0	0
0	-1	0
0	0	1

 H_x

0	0	0
0	0	-1
0	1	0

 H_y

Phát hiện biên cạnh sử dụng gradient

- Bài tập:
 - Viết chương trình tính gradient theo hướng x và y của một ảnh bất kỳ.
 - Viết chương trình phát hiện biên cảnh của một ảnh dựa trên gradient. Có thể cho phép chọn ngưỡng và chọn mặt nạ gradient (Sobel, Prewit, Robert)
 - Chọn 3-5 ảnh chạy thực nghiệm và viết báo cáo kết quả trên từng bộ lọc.

Phát Hiện Biên Cạnh

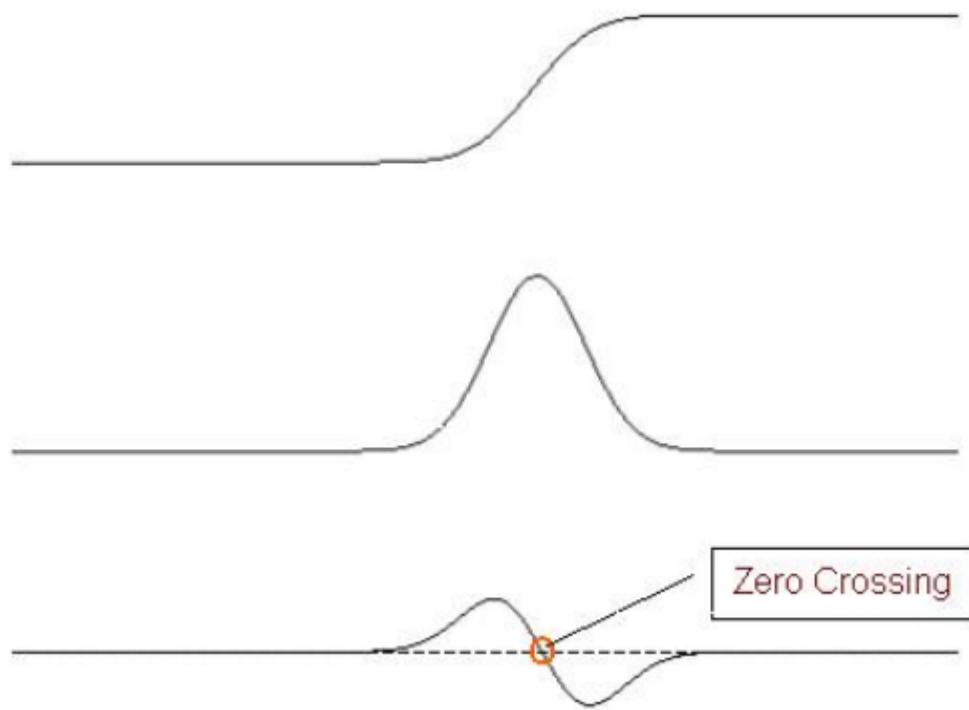
THUẬT TOÁN DỰA VÀO LAPLACE

Toán tử Laplace

- Phát hiện biên cạnh dụng gradient vector
 - Vùng độ sáng thay đổi độ ngọt
 - Vùng độ sáng thay đổi tiệm tiến



Toán tử Laplace



Toán tử Laplace

- Xét ảnh xám I
- Laplace của ảnh I tại x, y là một vector được định nghĩa như sau

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

- Trong đó $\frac{\partial^2 I(x, y)}{\partial x^2} = \frac{\partial}{x} \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \right)$

$$\frac{\partial^2 I(x, y)}{\partial y^2} = \frac{\partial}{y} \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right)$$

Toán tử Laplace

- Toán tử Laplace không dùng trực tiếp để phát hiện biên được bởi vì
 - Rất nhạy với nhiễu
 - Biên độ có thể phát sinh cạnh kép
 - Không thể dùng để xác định hướng cạnh
- Để định vị biên thì dùng zero-crossing

Toán tử Laplace

- Biểu diễn toán tử Laplace có thể thông qua qua tao tác lọc ảnh với mặt nạ

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

hoặc

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

hoặc

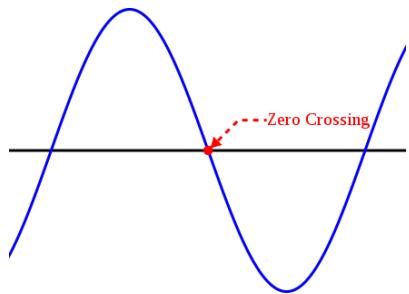
-1	2	-1
2	-4	2
-1	2	-1

Thuật toán sử dụng gradient



Tính ảnh Laplace

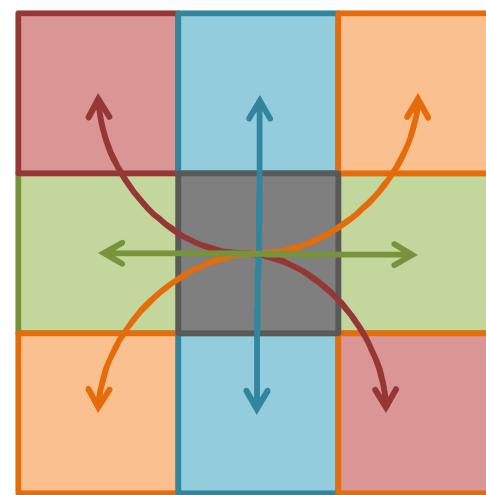
$$\text{Laplace}(f) \equiv \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$



Xác định điểm Zero
Crossing



Kiểm tra Zero Crossing



Điều kiện Zero Crossing

- Hai giá trị đối ngẫu nghịch dấu nhau
- Độ lớn mỗi giá trị thỏa ngưỡng T

Bài tập

- Sử dụng hàm thư viện OpenCV chạy thuật toán Laplace.
- Chọn 3-5 ảnh thực nghiệm và báo cáo kết quả.

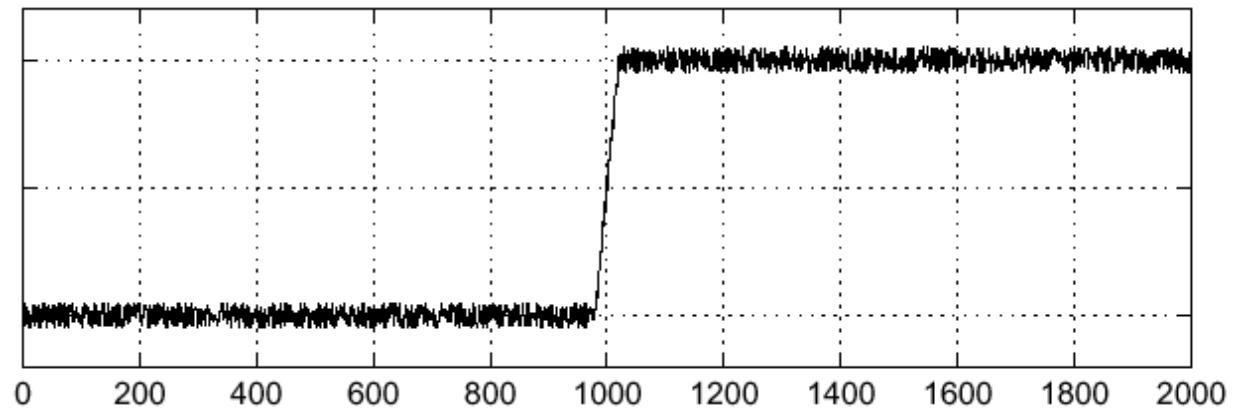
http://docs.opencv.org/3.2.0/de/db2/laplace_8cpp-example.html

Phát Phát Hiện Biên Cảnh

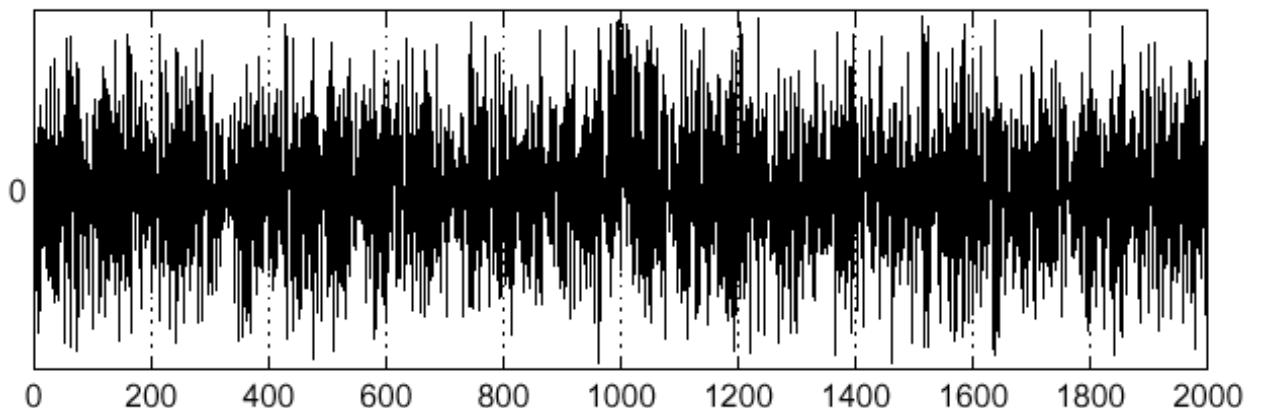
TÁC ĐỘNG CỦA NHIỀU

Tác động của nhiễu

$f(x)$

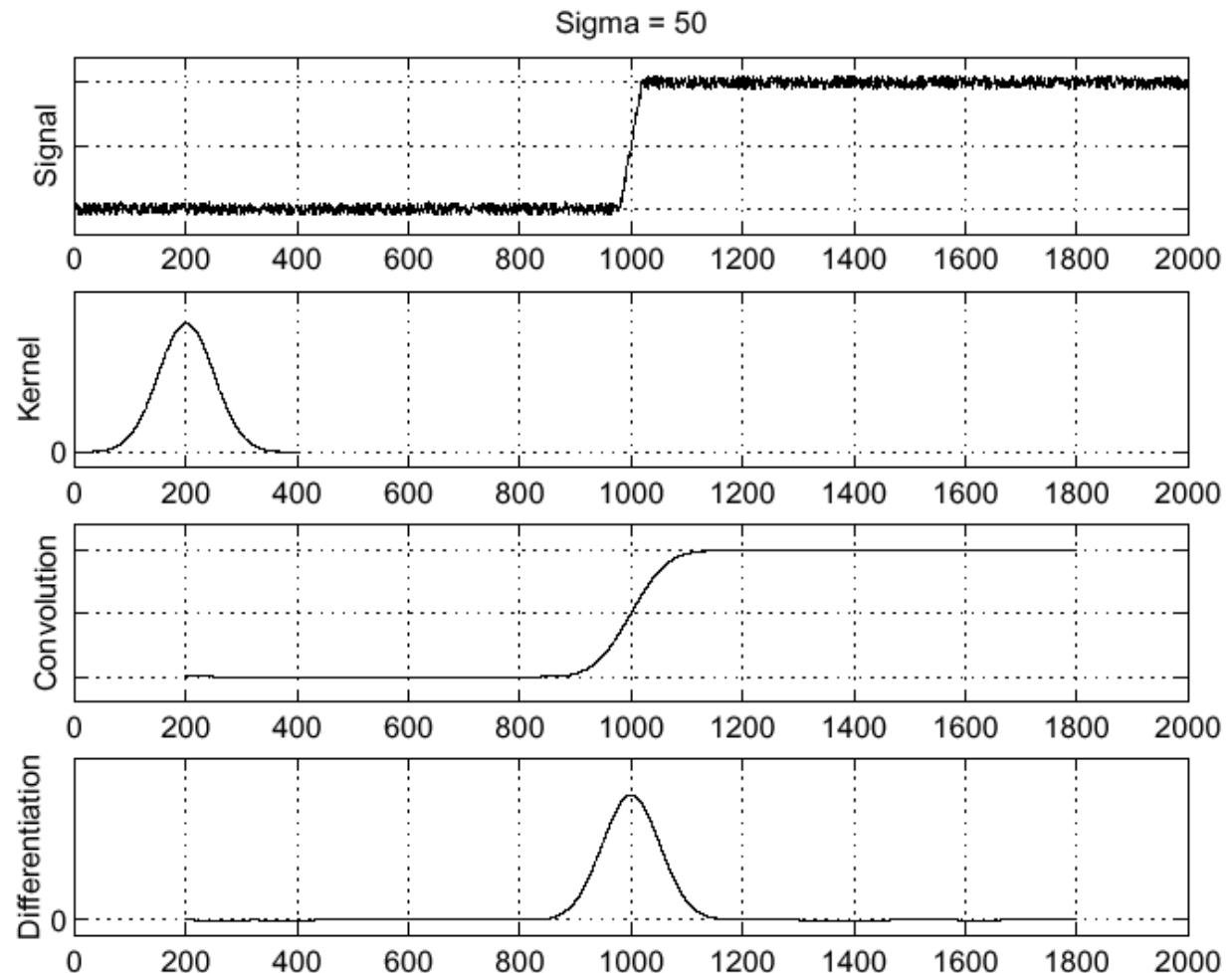


$\frac{\partial f(x)}{\partial x}$



Tác động của nhiễu

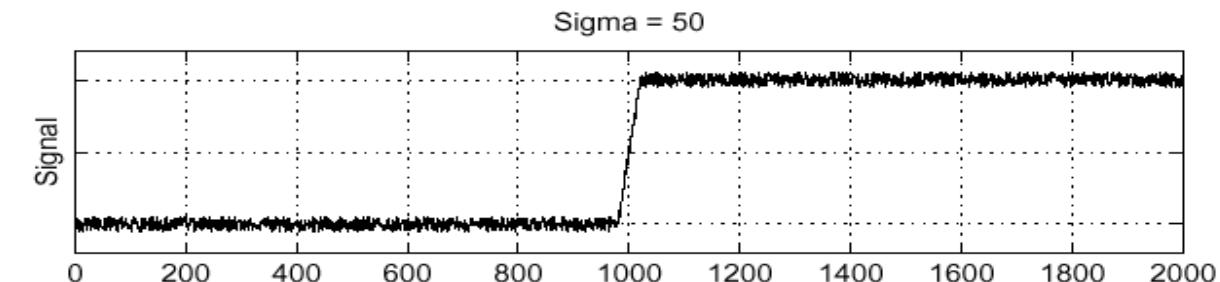
$$\frac{\partial(h * f)}{\partial x}$$



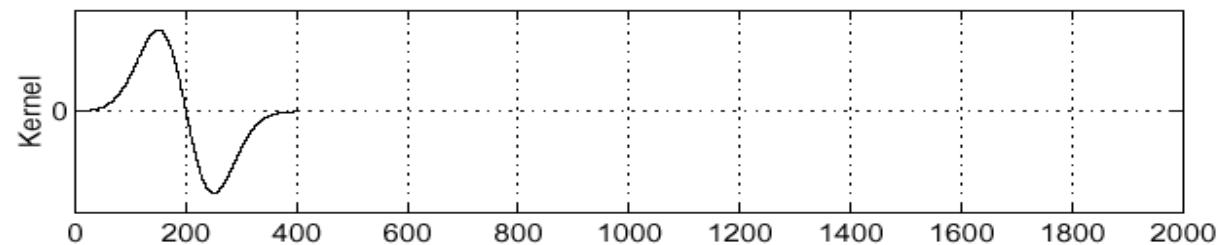
Tác động của nhiễu

$$\frac{\partial(h * f)}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} * f$$

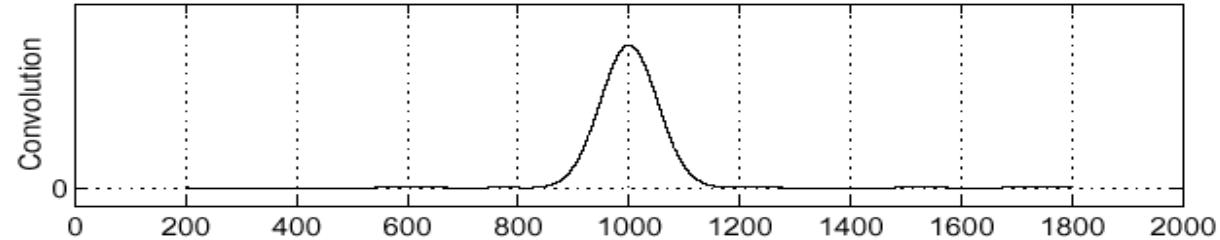
f



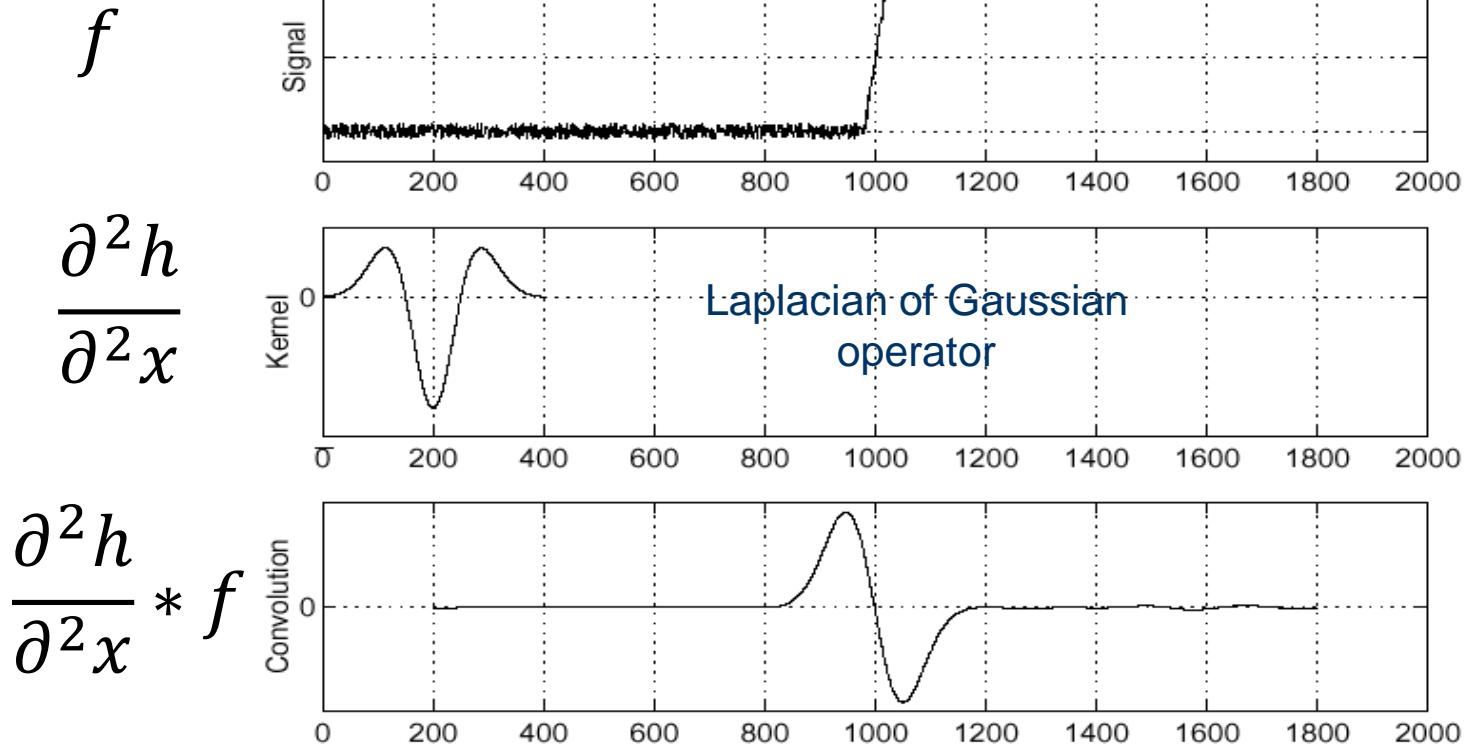
$\frac{\partial h}{\partial x}$



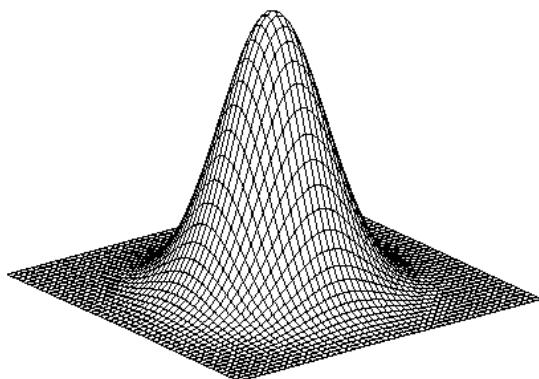
$\frac{\partial h}{\partial x} * f$



Tác động của nhiễu

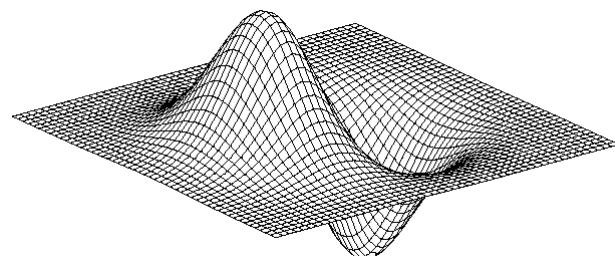


Bộ lọc phát hiện biên cạnh



Gaussian

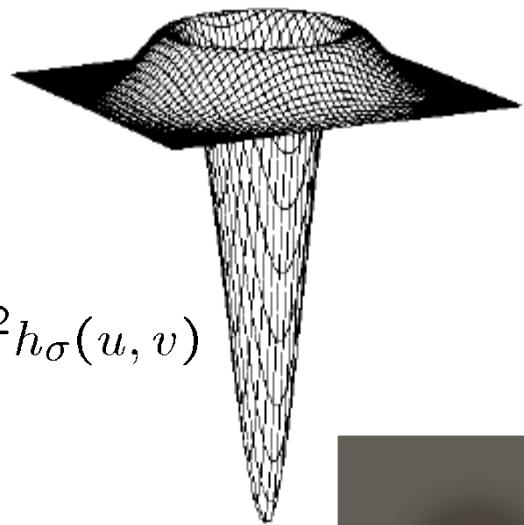
$$h_\sigma(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}}$$



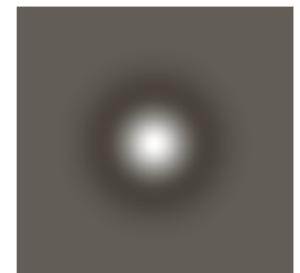
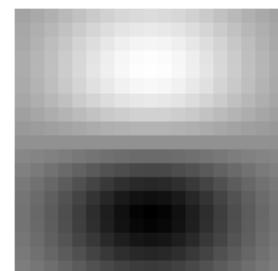
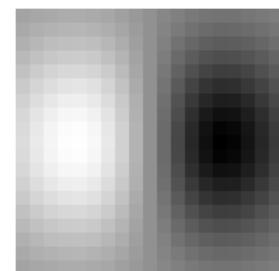
derivative of Gaussian

$$\frac{\partial}{\partial x} h_\sigma(u, v)$$

Laplacian of Gaussian



$$\nabla^2 h_\sigma(u, v)$$

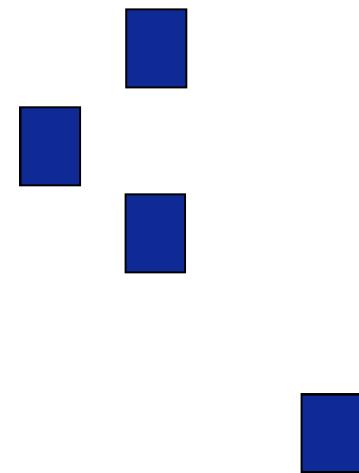
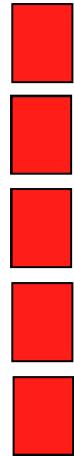


Phát Hiện Biên Cảnh

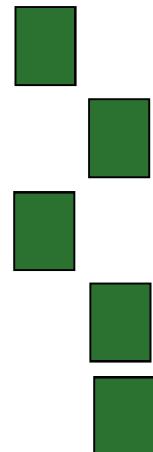
THUẬT TOÁN CANNY

Chất lượng của thuật toán

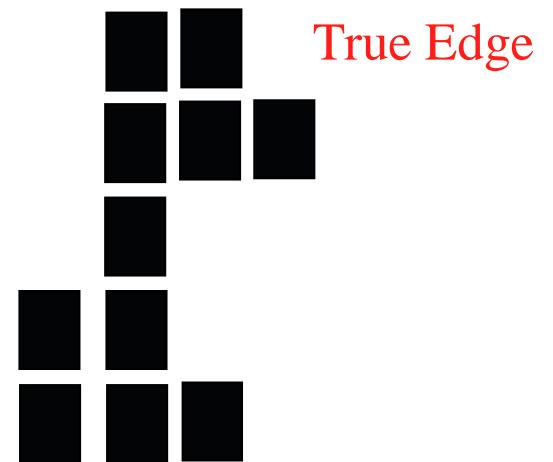
- Bền vững với nhiễu
- Định vị chính xác
- Quá nhiều hoặc quá ít biên cạnh



Poor robustness to noise



Poor localization



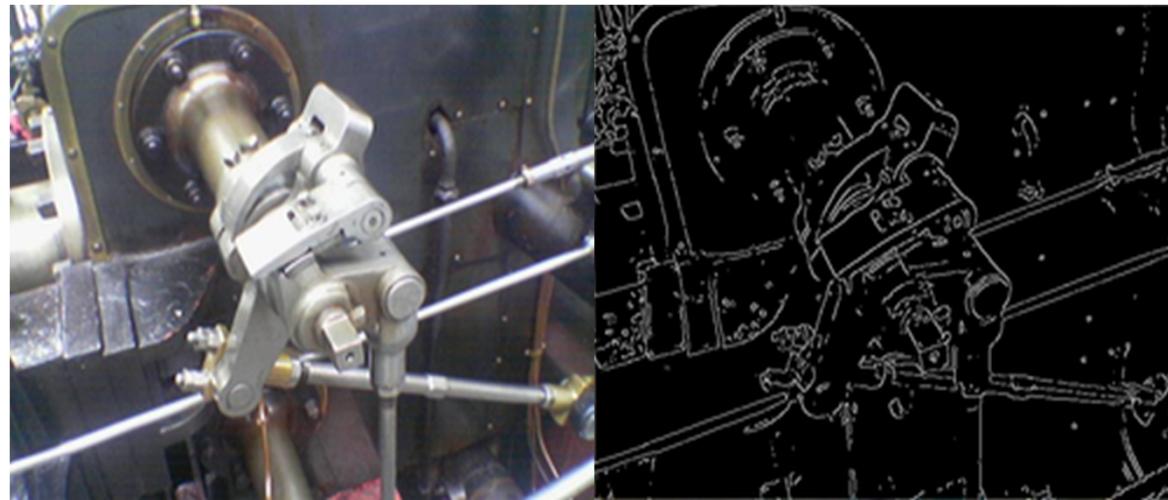
Too many responses

True Edge

Thuật toán Canny

- Tiêu chuẩn 1: **Lỗi ít nhất**. Tất cả các biên phải được tìm thấy và không có biên giả.
- Tiêu chuẩn 2: **Định vị chính xác**. Biên cạnh được tìm thấy phải gần với biên thực tế nhất
- Tiêu chuẩn 3: **Đơn biên**. Chỉ rả về duy nhất một điểm cho các biên tìm được

Thuật toán Canny



Các bước của thuật toán



Khử nhiễu với bộ lọc Gauss



Tính độ lớn và hướng của Gradient



Định lượng hướng của Gradient



Khử phi cực đại



Liên kết cạnh



Các bước thuật toán

- Lọc ảnh gauss

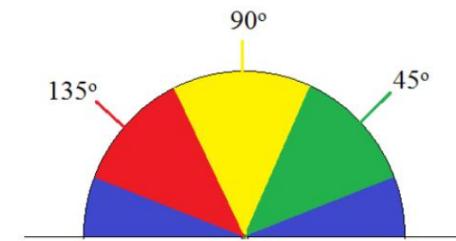
$$S = G_\sigma * I \quad G_\sigma = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

- Tính đạo hàm theo x, y

$$\nabla S = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} S & \frac{\partial}{\partial y} S \end{bmatrix}^T = [S_x \quad S_y]^T$$

- Tính biên độ và hướng của đạo hàm

$$|\nabla S| = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{S_y}{S_x}$$



Khử phi cực đại

I

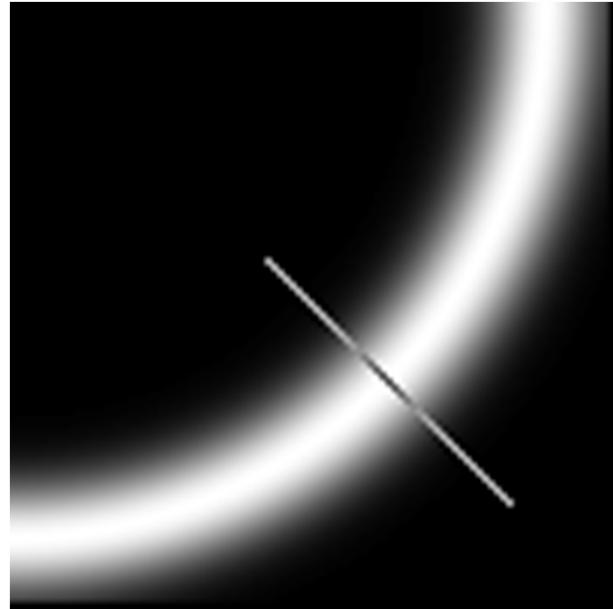


$$|\nabla S| = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$



$$|\nabla S| \geq Threshold = 25$$

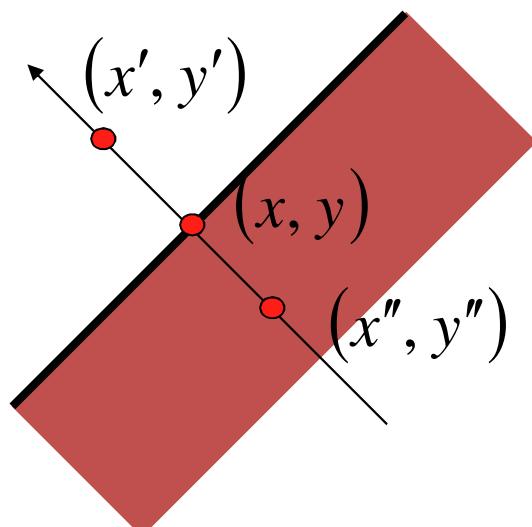
Khử phi cực đại



Chúng muốn đánh dấu những điểm dọc theo đường cong mà biên độ là lớn nhất. Chúng ta có thể làm điều này bằng cách tìm cực đại dọc theo một hướng của đường cong. Những điểm này tạo thành đường cong. Có 2 vấn đề trong thuật toán: đâu là điểm cực đại, và đâu là điểm tiếp theo?

Khử phi cực đại

- Khử các điểm ảnh trong ảnh biên độ gradient mà không cục đại cục bộ



$$M(x, y) = \begin{cases} |\nabla S|(x, y) & \text{if } |\nabla S|(x, y) > |\nabla S|(x', y') \\ & \& |\nabla S|(x, y) > |\nabla S|(x'', y'') \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(x', y') và (x'', y'') là các lân của của (x, y) trong $|\nabla S|$ cùng chuẩn hóa hướng đến một cạnh

Khử phi cực đại

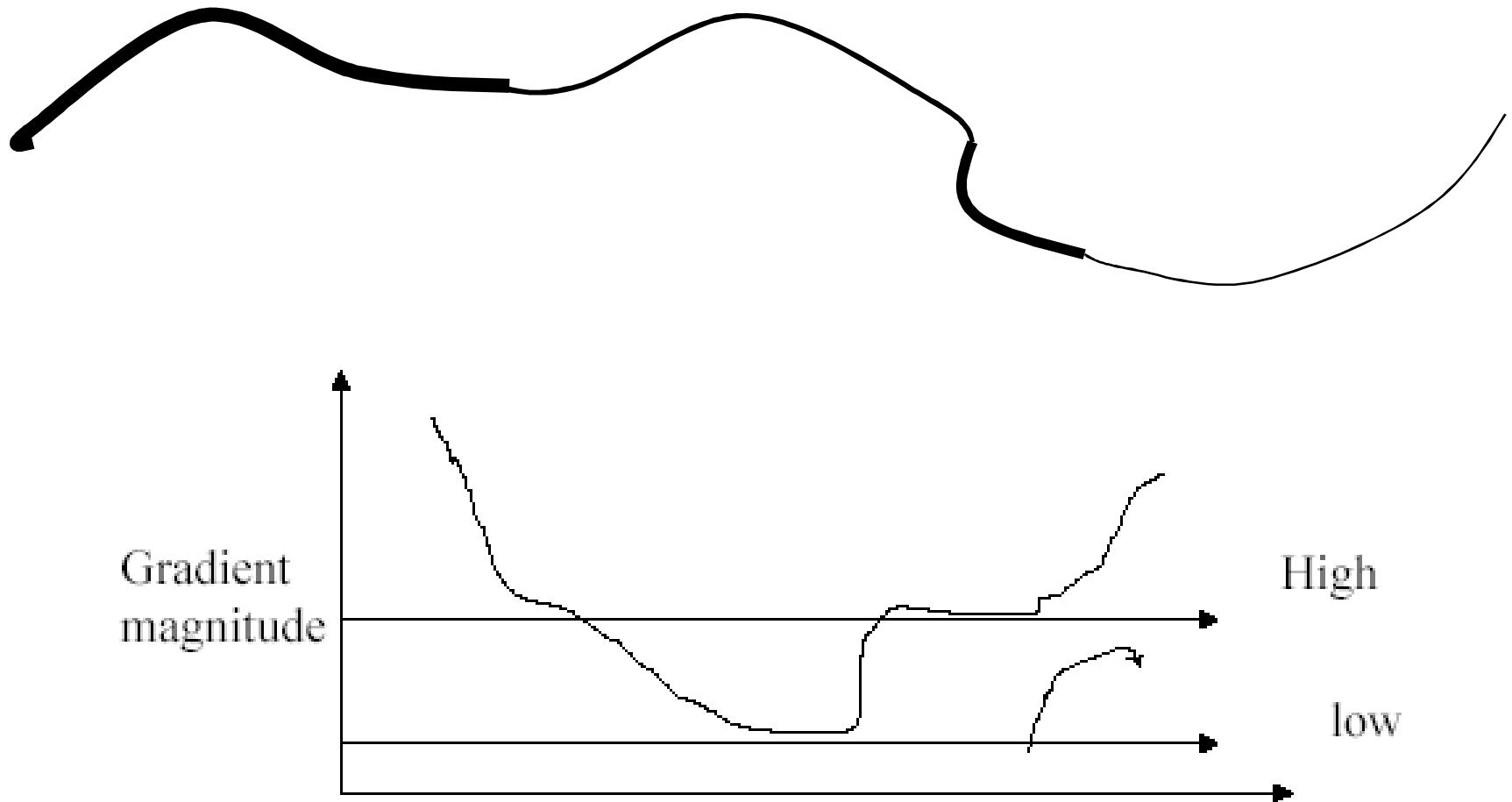


$$|\nabla S| = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

$M \geq Threshold = 25$



Liên kết cạnh



Liên kết cạnh

- Nếu biên độ tại điểm ảnh cao hơn ngưỡng trên thì nó là điểm biên cạnh
- Nếu biên độ tại điểm ảnh thấp hơn ngưỡng dưới thì nó không là điểm biên cạnh
- Nếu biên độ tại điểm ảnh nằm giữa ngưỡng thấp và cao là điểm biên cạnh nếu và chỉ nếu nó liên kết với một điểm biên cạnh trực tiếp hoặc qua những điểm ảnh nằm giữa ngưỡng thấp và cao.

Liên kết cạnh

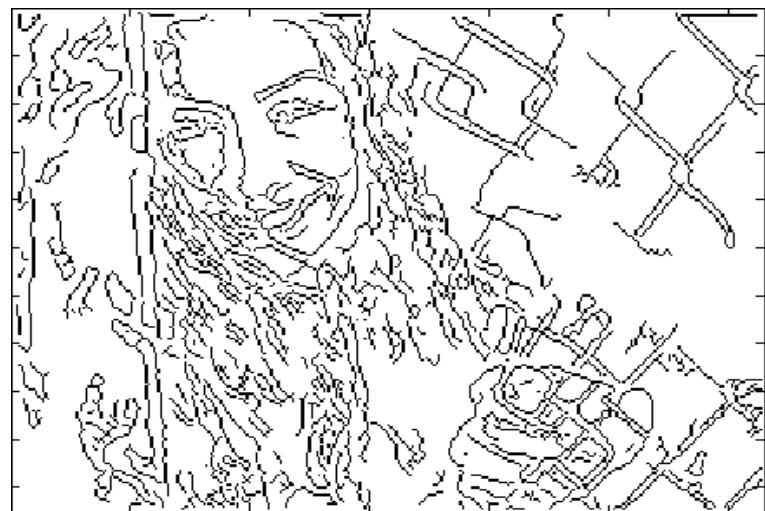


M



$M \geq \text{Threshold} = 25$

$\text{High} = 35$
 $\text{Low} = 15$



Thuật toán Canny

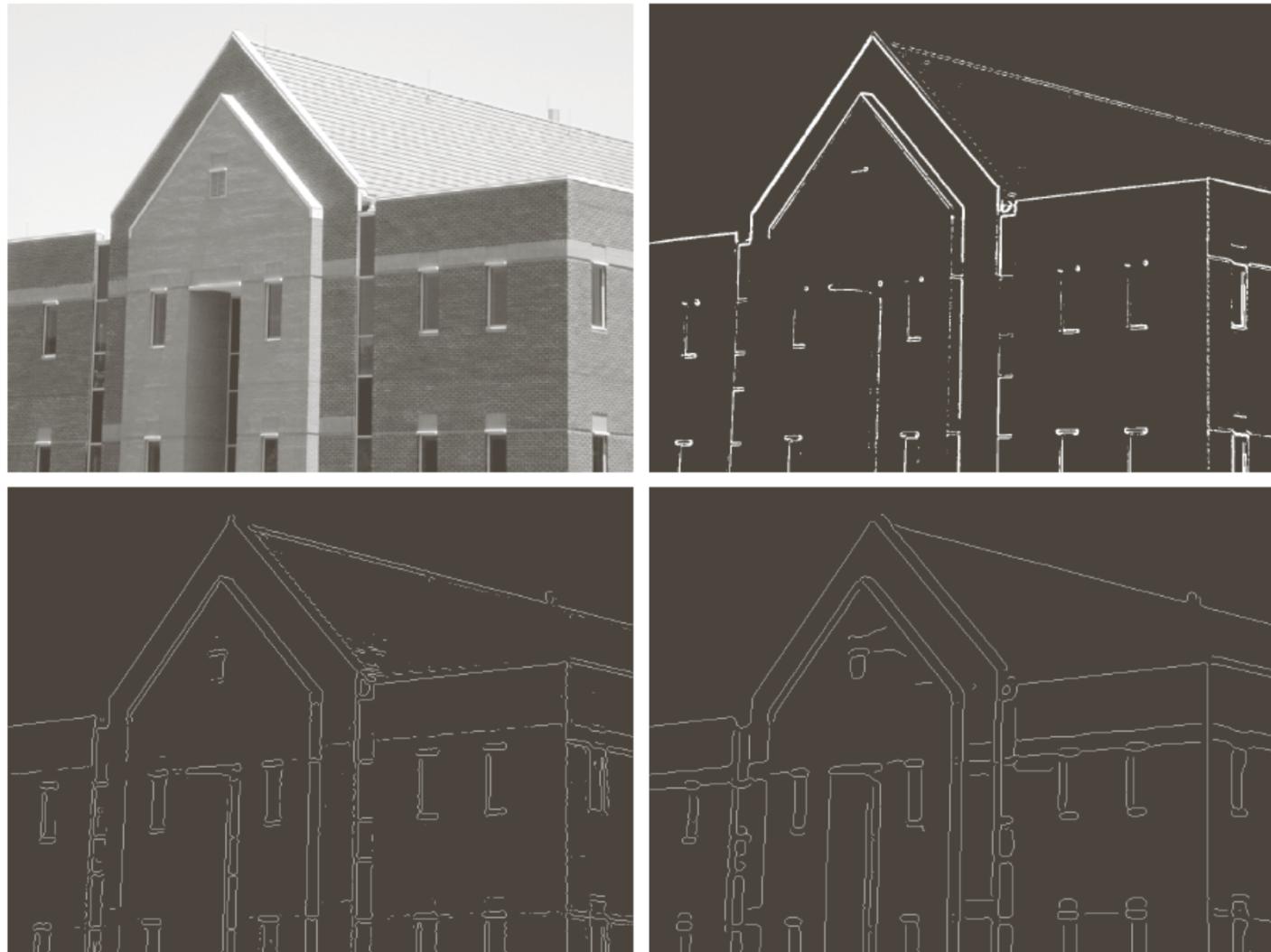
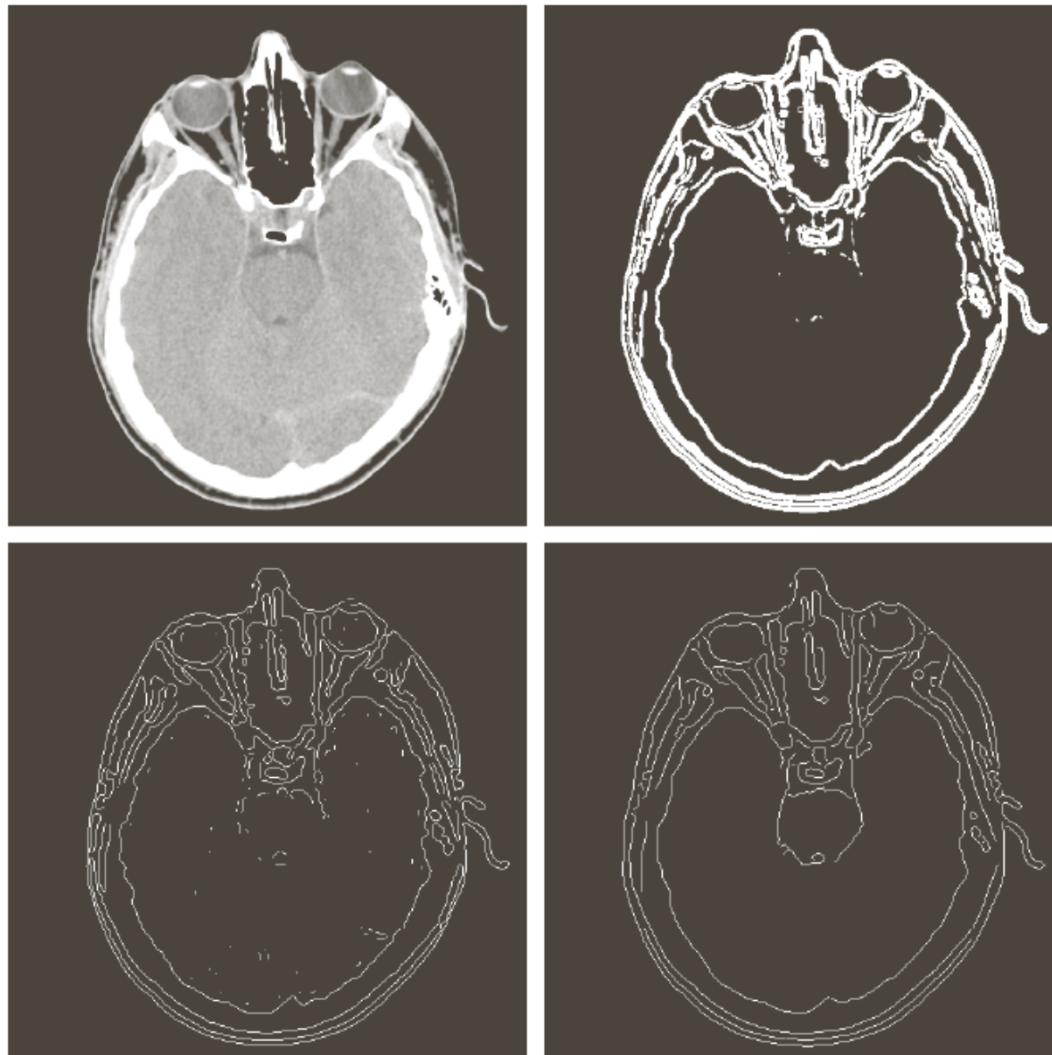


FIGURE 10.25
(a) Original image of size 834×1114 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$.
(b) Thresholded gradient of smoothed image.
(c) Image obtained using the Marr-Hildreth algorithm.
(d) Image obtained using the Canny algorithm. Note the significant improvement of the Canny image compared to the other two.

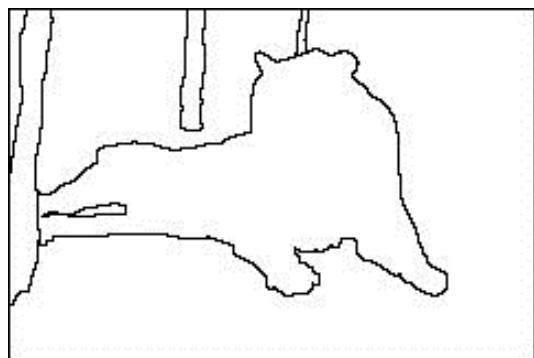
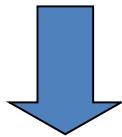
Thuật toán Canny



a b
c d

FIGURE 10.26
(a) Original head CT image of size 512×512 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$.
(b) Thresholded gradient of smoothed image.
(c) Image obtained using the Marr-Hildreth algorithm.
(d) Image obtained using the Canny algorithm.
(Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Vanderbilt University.)

Nhận xét



Bài tập

- Sử dụng hàm thư viện OpenCV chạy thuật toán Canny.
- Chọn 3-5 ảnh thực nghiệm và báo cáo kết quả.

http://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/canny_detector/canny_detector.html

Phát Hiện Biên Cảnh

LƯỢC ĐỒ HƯỚNG CẠNH

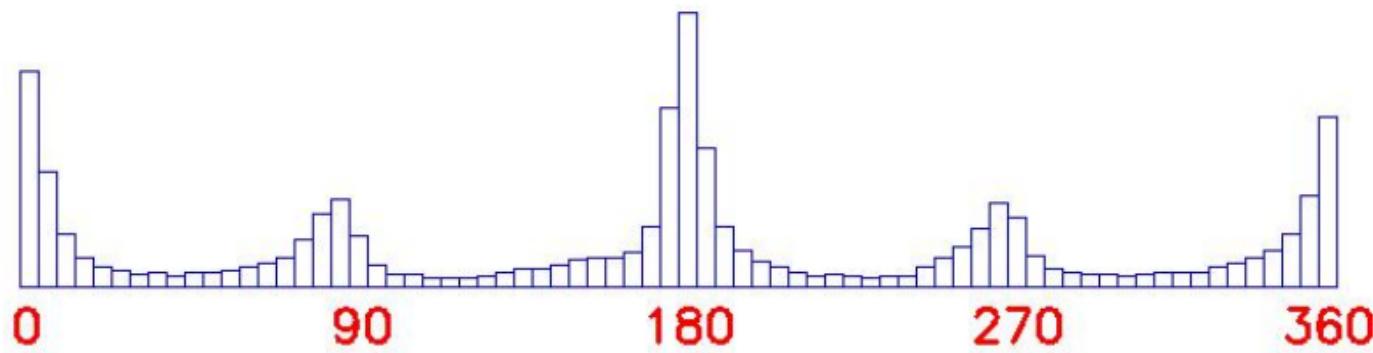
Lược đồ hướng cạnh

- Thể hiện phân bổ của biên cạnh tìm được trong ảnh

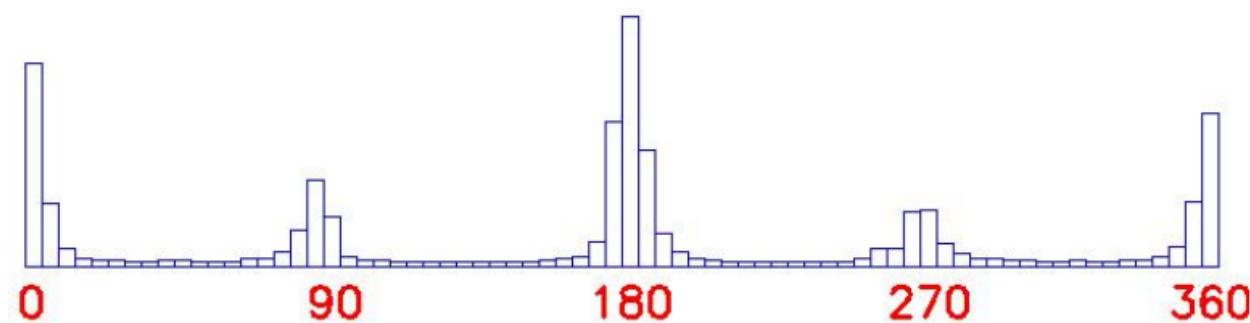
$$H[i]_{ED} = \frac{N[i]}{N}$$

- Trong đó
 - $N[i]$ là số điểm biên có hướng i trong ảnh
 - N là tổng số điểm biên tìm được trong ảnh

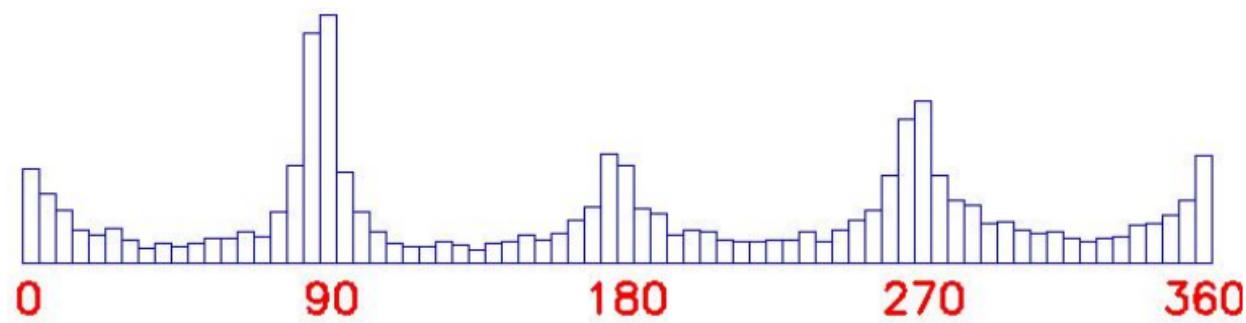
Lược đồ hướng cạnh



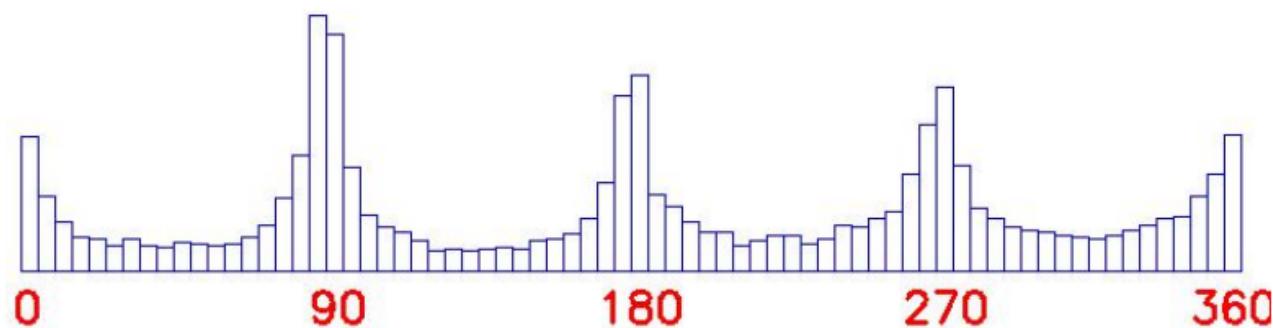
Lược đồ hướng cạnh



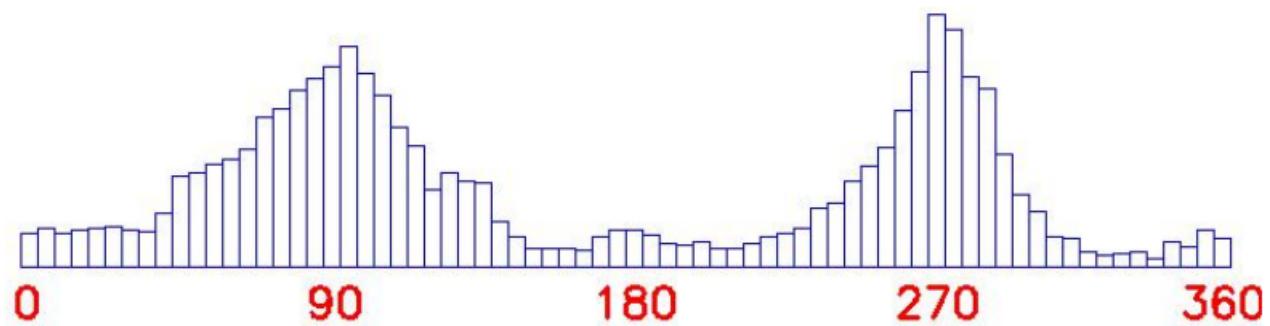
Lược đồ hướng cạnh



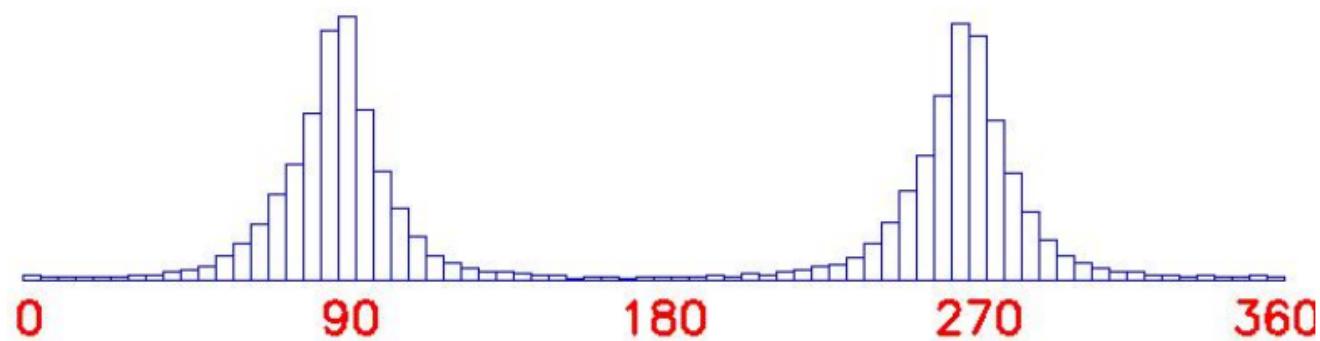
Lược đồ hướng cạnh



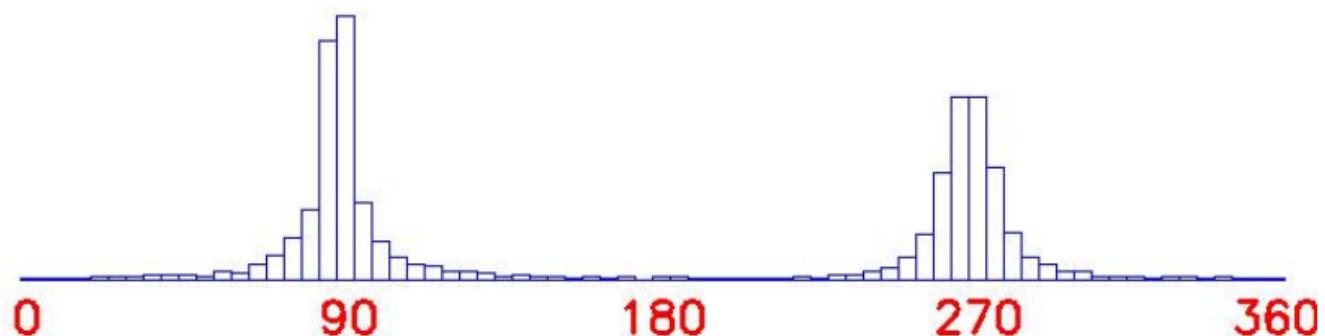
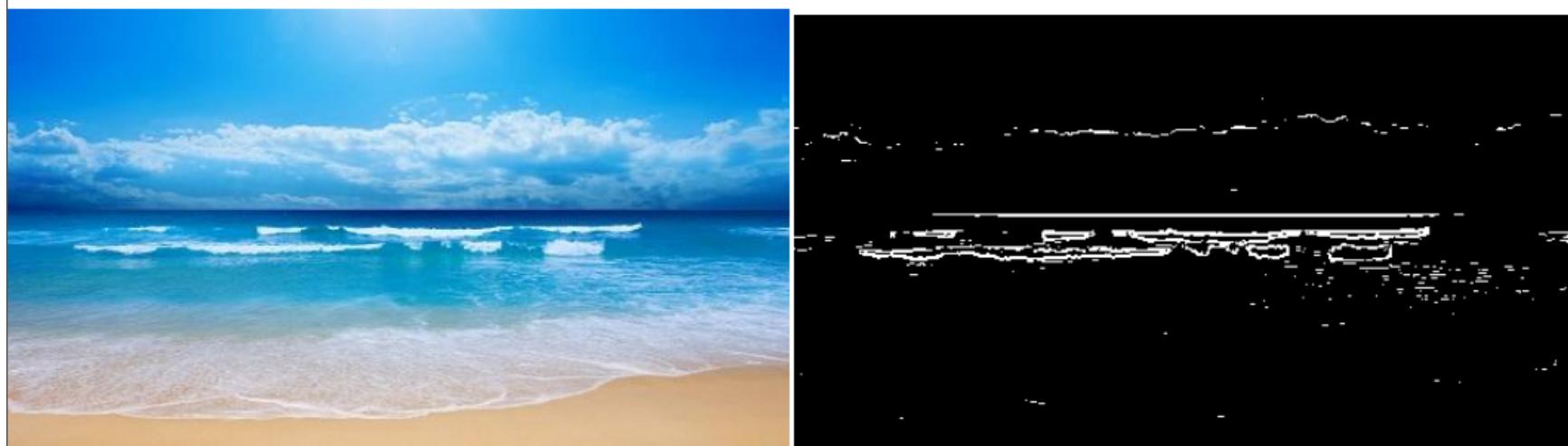
Lược đồ hướng cạnh



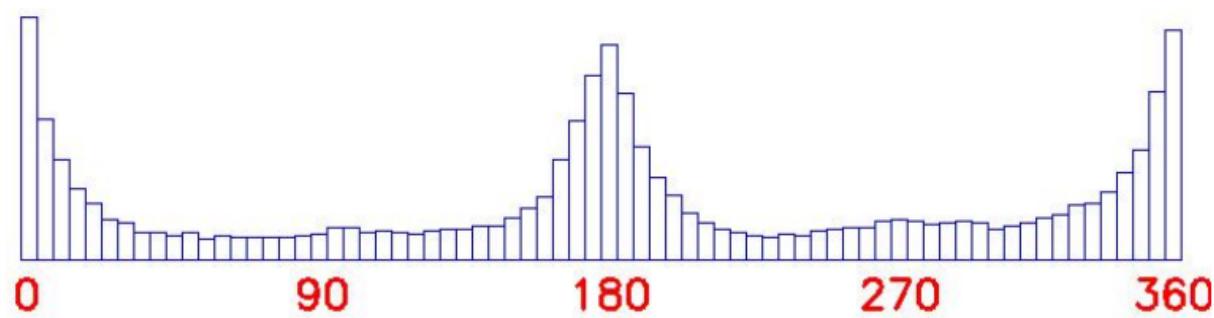
Lược đồ hướng cạnh



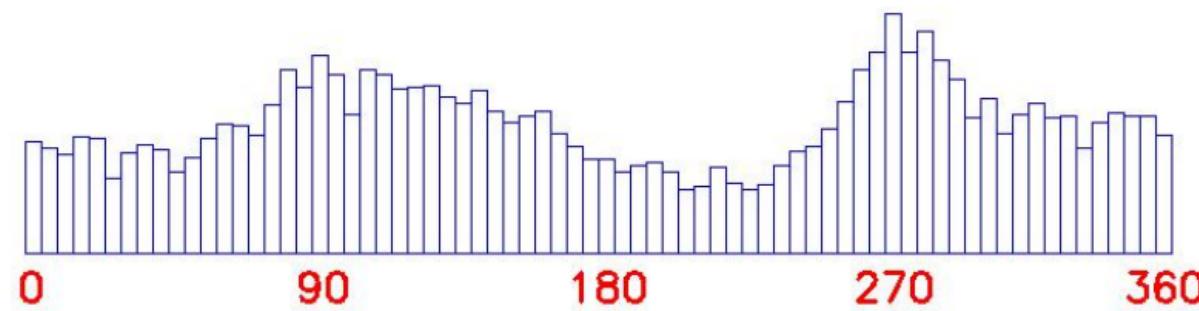
Lược đồ hướng cạnh



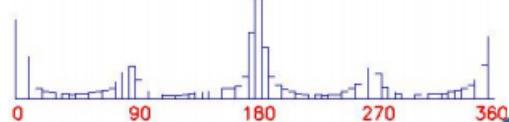
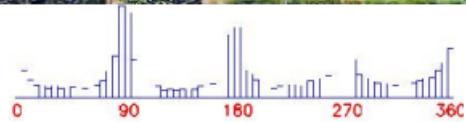
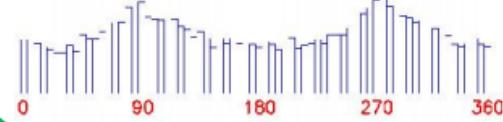
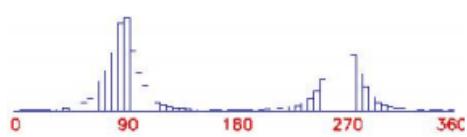
Lược đồ hướng cạnh



Lược đồ hướng cạnh



Phân lớp ảnh



Cảnh tự nhiên

Cảnh nhân tạo

Lược đồ hướng cạnh

- Bài tập (cá nhân)
 - Viết chương trình tính lược độ hướng cạnh của một ảnh đầu vào bất kỳ.

Bài tập nhóm

- Viết chương trình chạy thực nghiệm trên tập ảnh gồm 20 ảnh màu.
- Tiếng hành thực hiện các thuật toán phát hiện biên cạnh.
- Viết báo cáo nhận xét và so sánh kết quả các bộ lọc trên
- Thời gian làm bài là 2 tuần

Tài liệu tham khảo

- Richard Alan Peters II, EECE 4353, Image Processing, 2015.
- *Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins*, Digital Image Processing, 2nd Edition.
- *Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins*, Digital Image Processing Using MATLAB, 2nd Edition.
- OpenCV Wiki.
- Nguyen Trong Viet, Xử lý ảnh và video số, 2012.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector
- https://en.wikipedia.org/wiki/Edge_detection
- Selim Aksoy (CS484, Spring 2012) , Edge Detection, Department of Computer Engineering, Bilkent University.