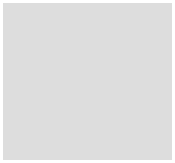


CS231. Nhập môn Thị giác máy tính

Đặc trưng Edge



Mai Tiến Dũng

Nội dung

- Kiến thức toán học
- Thông tin cạnh – edge
- Dò tìm cạnh trong ảnh



Đạo hàm

- Đạo hàm biểu thị tốc độ thay đổi của hàm.
- Hàm $y = f(x)$ có đạo hàm là $\frac{dy}{dx}$ để biểu thị tỉ lệ thay đổi của hàm y khi biến đầu vào (input) x thay đổi một lượng rất nhỏ dx

$$y = f(x) = x^3 - 3x^2$$

$$z = f(x, y) = x^2 - 3y - 5$$



- ***Xét chiều biến thiên của hàm số***
 - Tính đạo hàm y'
 - Tìm các điểm mà tại đó đạo hàm y' bằng 0 hoặc không xác định
 - Xét dấu đạo hàm y' và suy ra chiều biến thiên của hàm số.

-



Vẽ đồ thị: $y = x^3 + 3x^2 - 4$

$$y' = 3x^2 + 6x$$

$$\text{Cho } y' = 0 \Leftrightarrow 3x^2 + 6x = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x = 0 \\ x = -2 \end{cases}$$

Hàm số đồng biến trong khoảng $(-\infty; -2)$ và $(0; +\infty)$

Hàm số nghịch biến trong khoảng $(-2; 0)$

Hàm số đạt cực đại tại $x = -2$; $y_{CD} = y(-2) = 0$

Hàm số đạt cực tiểu tại $x = 0$; $y_{CT} = y(0) = -4$



Vẽ đồ thị: $y = x^3 + 3x^2 - 4$

+) Lập bảng biến thiên :

x	$-\infty$	-2	0	$+\infty$
y'	+	0 -	0 +	
y	$-\infty \nearrow$	0 \searrow	-4 \nearrow	$+\infty$

Tìm điểm uốn

$$y'' = 6x + 6$$

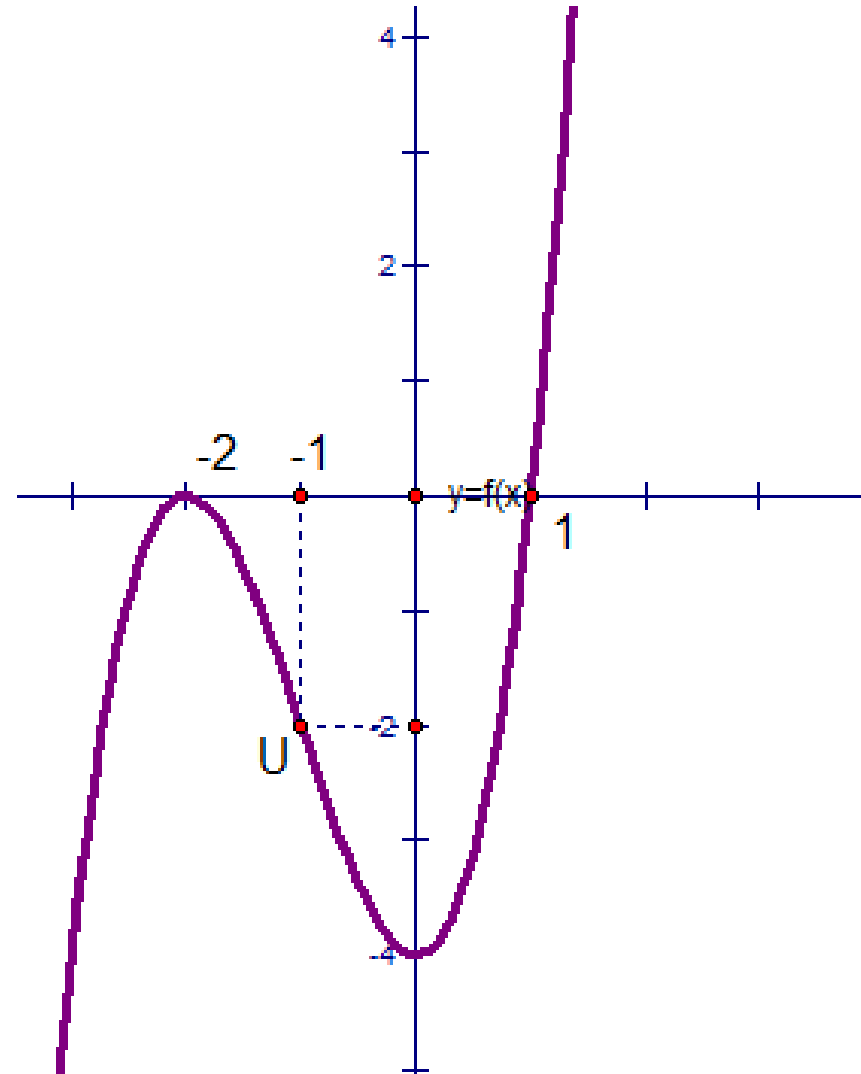
$$\text{Cho } y'' = 0 \Leftrightarrow 6x + 6 = 0 \Leftrightarrow x = -1 \Rightarrow y = -2$$

Đồ thị hàm số có điểm uốn : $U(-1, -2)$



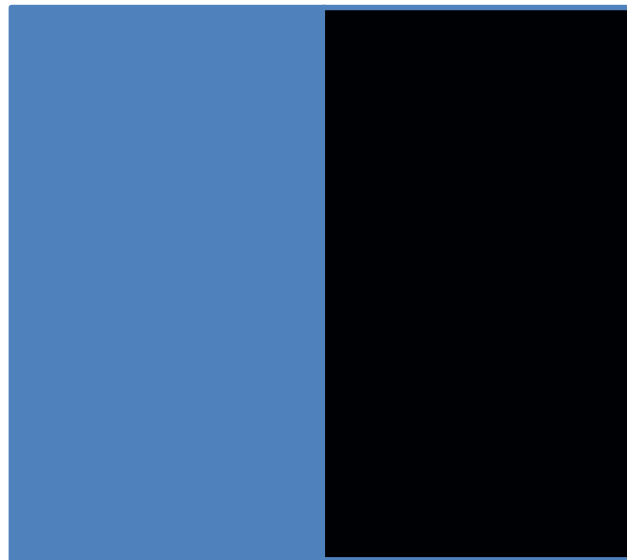
Vẽ đồ thị: $y = x^3 + 3x^2 - 4$

- Đồ thị (C)

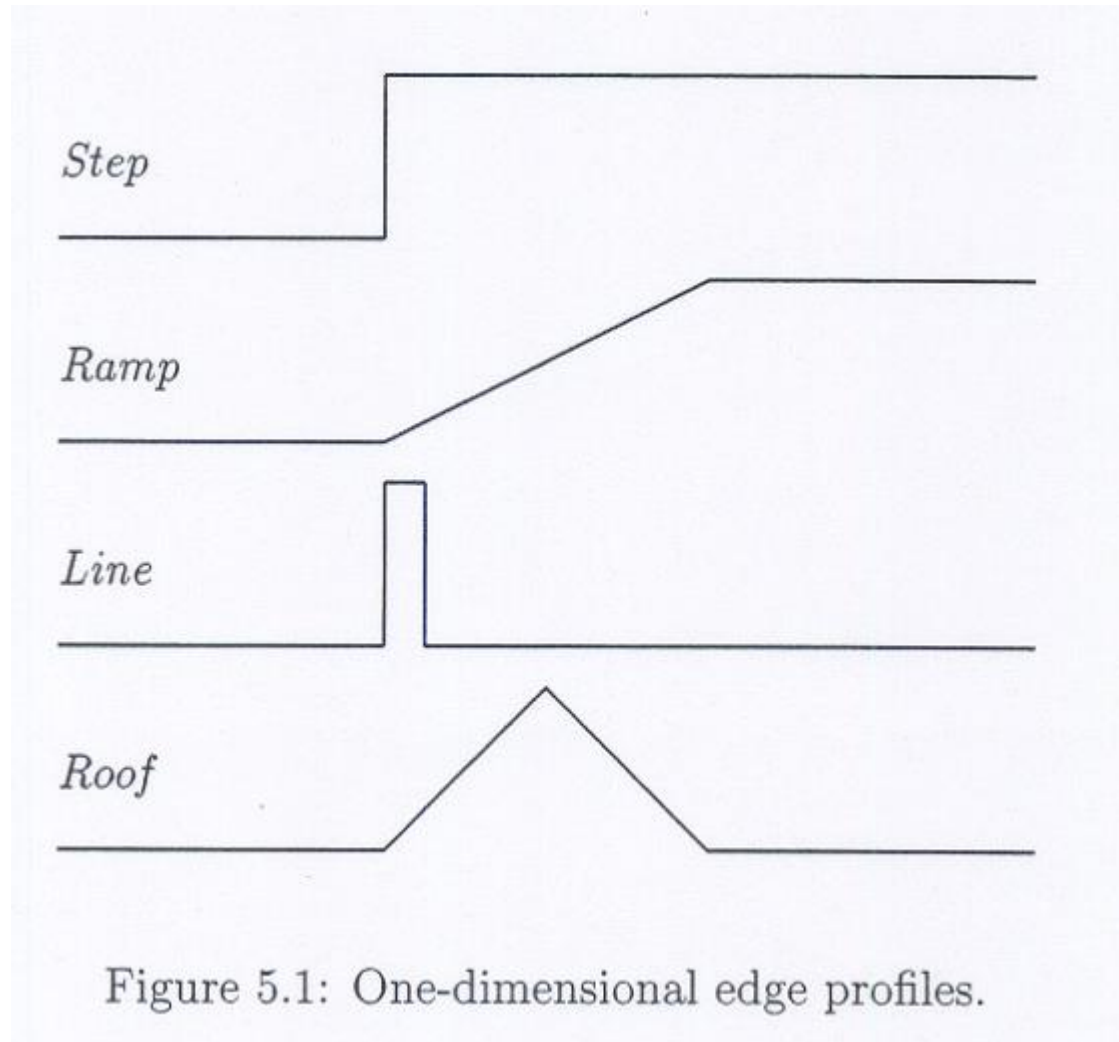


Edge

- Abrupt change in the intensity of pixels
- Discontinuity in image brightness or contrast
- Usually edges occur on the boundary of two regions.



Edge



Edge



<https://aaronhertzmann.com/2020/04/19/lines-as-edges.html>





Bạn nhìn thấy hình gì trước tiên?

- 1/ Hiệp sĩ mặc áo giáp
- 2/ Hai vũ công
- 3/ Khuôn mặt ông lão

Việt hóa ảnh: Cầm Mai.

Edge



Khuôn mặt người phụ nữ, hai con ngựa, một con đại bàng. Bạn nhìn thấy hết chứ?

Edge detection

- ❑ Cạnh (đường viền) ảnh là một đặc trưng rất quan trọng do hệ thống thị giác của con người dựa trên cạnh để nhận thức được đối tượng.
- ❑ Việc dò tìm cạnh ảnh có thể dựa vào tốc độ thay đổi của các giá trị pixel, hay còn gọi là gradient của ảnh.
- ❑ Phương pháp dò cạnh có thể được chia làm 2 loại: phụ thuộc hướng và độc lập hướng.
- ❑ Phương pháp dò cạnh phụ thuộc hướng: sẽ dựa trên việc xác định gradient của ảnh theo các hướng x và y .

Edge detection

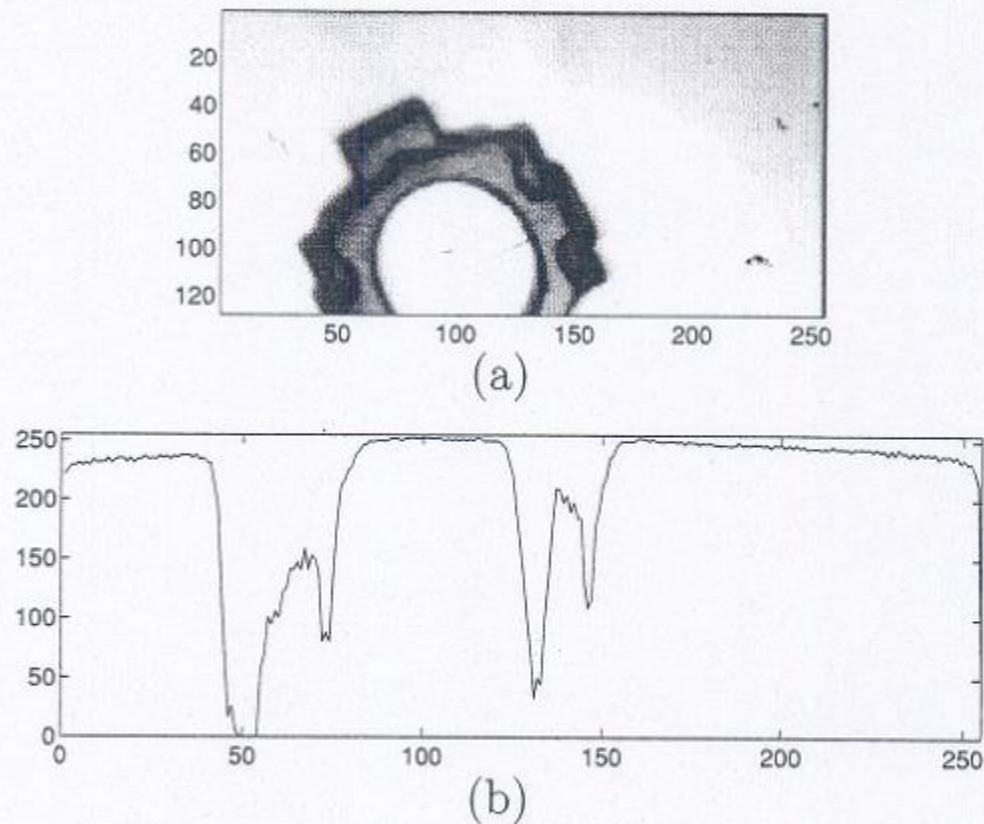


Figure 5.2: (a) The top half of the connecting rod image. (b) The profile of an ideal step change in image intensity is plotted to show that the edges are not perfectly sharp and the image is corrupted by noise. The plot is a horizontal slice through the circular portion of the connecting rod corresponding to the bottom edge of the partial rod image shown above.

Edge detection

Definition 5.1 *An edge point is a point in an image with coordinates $[i, j]$ at the location of a significant local intensity change in the image.*

Definition 5.2 *An edge fragment corresponds to the i and j coordinates of an edge and the edge orientation θ , which may be the gradient angle.*

Definition 5.3 *An edge detector is an algorithm that produces a set of edges (edge points or edge fragments) from an image.*

Definition 5.4 *A contour is a list of edges or the mathematical curve that models the list of edges.*

Definition 5.5 *Edge linking is the process of forming an ordered list of edges from an unordered list. By convention, edges are ordered by traversal in a clockwise direction.*

Definition 5.6 *Edge following is the process of searching the (filtered) image to determine contours.*



Gradient

Gradient của hàm $f(\mathbf{v})$ với $\mathbf{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ là một vector:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial v_1} \\ \frac{\partial f}{\partial v_2} \\ \dots \\ \frac{\partial f}{\partial v_n} \end{bmatrix}$$

Mỗi thành phần trong vector đó là một đạo hàm riêng phần (*partial derivative*) theo từng biến của hàm đó

Gradient

The gradient is the two-dimensional equivalent of the first derivative and is defined as the *vector*

$$\mathbf{G}[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}. \quad (5.1)$$

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



Gradient

There are two important properties associated with the gradient: (1) the vector $\mathbf{G}[f(x, y)]$ points in the direction of the maximum rate of increase of the function $f(x, y)$, and (2) the magnitude of the gradient, given by

$$G[f(x, y)] = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \quad (5.2)$$

equals the maximum rate of increase of $f(x, y)$ per unit distance in the direction G . It is common practice, however, to approximate the gradient magnitude by absolute values:

$$G[f(x, y)] \approx |G_x| + |G_y| \quad (5.3)$$

or

$$G[f(x, y)] \approx \max(|G_x|, |G_y|). \quad (5.4)$$

Gradient

From vector analysis, the *direction* of the gradient is defined as:

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (5.5)$$

where the angle α is measured with respect to the x axis.

Note that the magnitude of the gradient is actually independent of the direction of the edge. Such operators are called *isotropic operators*.



Gradient

Numerical Approximation

For digital images, the derivatives in Equation 5.1 are approximated by differences. The simplest gradient approximation is

$$G_x \cong f[i, j + 1] - f[i, j] \quad (5.6)$$

$$G_y \cong f[i, j] - f[i + 1, j]. \quad (5.7)$$

Remember that j corresponds to the x direction and i to the negative y direction. These can be implemented with simple convolution masks as shown below:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

Edge detection

- Xét vùng ảnh như sau:

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Khi đó, ta có thể xấp xỉ:

$$|\nabla f(x, y)| \approx \left[(z_5 - z_8)^2 + (z_5 - z_6)^2 \right]^{1/2}$$

- Khi cài đặt, ta có thể dùng các nhân tương ứng:

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \text{ and } h_2 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix}$$

- Hay ta có thể viết: $|\nabla f(x, y)| \approx \left[(f * h_1)^2 + (f * h_2)^2 \right]^{1/2}$

Edge detection

- Ngoài ra, ta có thể xấp xỉ:

$$|\nabla f(x, y)| \approx \left[(z_5 - z_9)^2 + (z_6 - z_8)^2 \right]^{1/2}$$

- Khi cài đặt, ta có thể dùng các nhân tương ứng:

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ and } h_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Hay ta có thể viết:

$$|\nabla f(x, y)| \approx \left[(f * h_1)^2 + (f * h_2)^2 \right]^{1/2}$$



Edge detection

- Các nhân tích chập trên còn được gọi là toán tử **Roberts cross-gradient operators**



$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \text{ and } h_2 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix}$$



$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ and } h_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Edge detection

Prewitt operation

- Một xấp xỉ tốt hơn giá trị của gradient có thể được tính như sau:

$$|\nabla f(x, y)| \approx \left[((z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3))^2 + ((z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7))^2 \right]^{1/2}$$

- Tương ứng với nhân tích chập sau:

$$h_1 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{ and } h_2 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

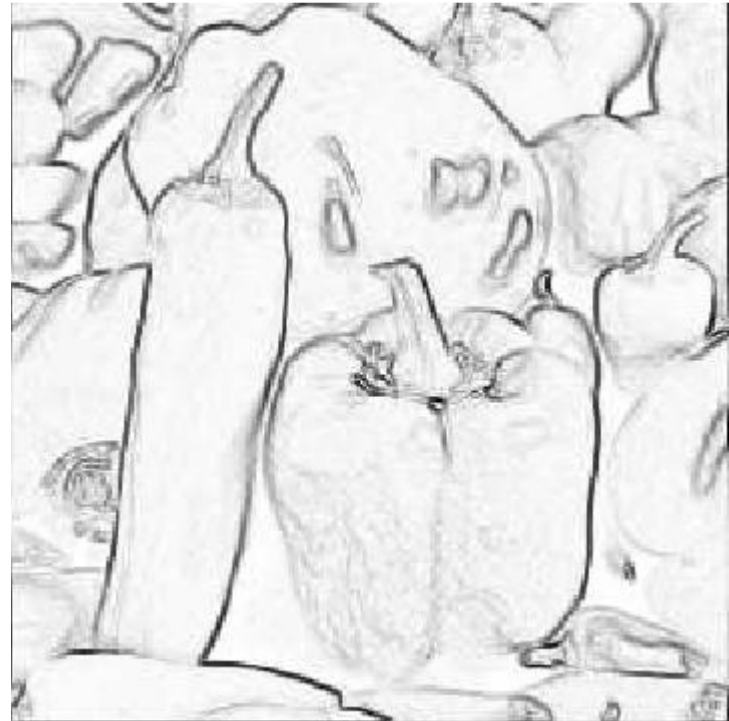


Edge detection

Prewitt operation



Ảnh gốc



Prewitt

Edge detection

- **Phương pháp dò cạnh Sobel:**

- Là phương pháp dò cạnh phụ thuộc hướng và đối xứng trục. Ảnh đích được xác định theo công thức sau:

$$D(x, y) = \sqrt{SH(x, y)^2 + SV(x, y)^2}$$

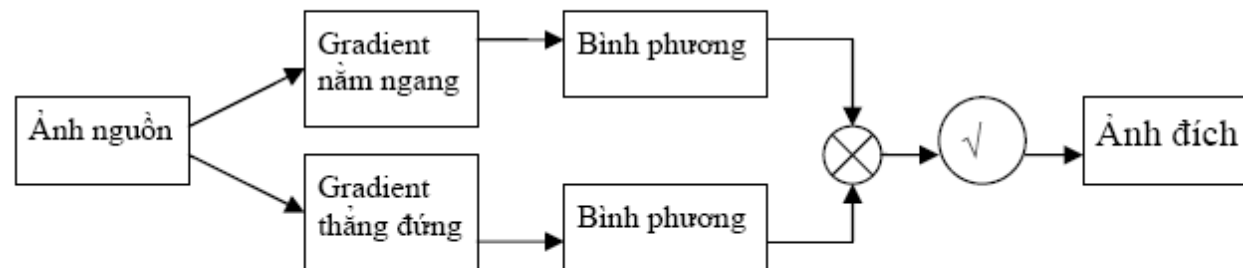
- Trong đó $SH(x, y)$ và $SV(x, y)$ là các ảnh gradient nằm ngang
ngang
ngực

H=

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

V=

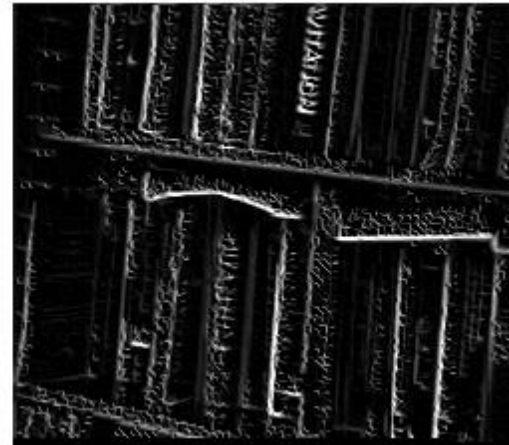
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1



Mô hình của phương pháp dò cạnh Sobel

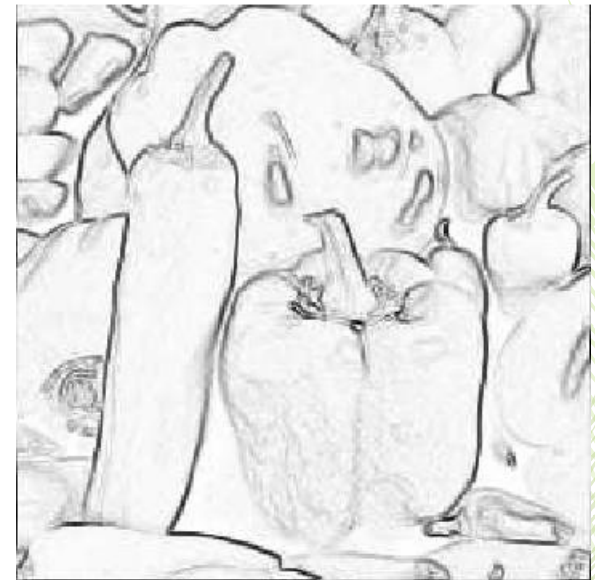
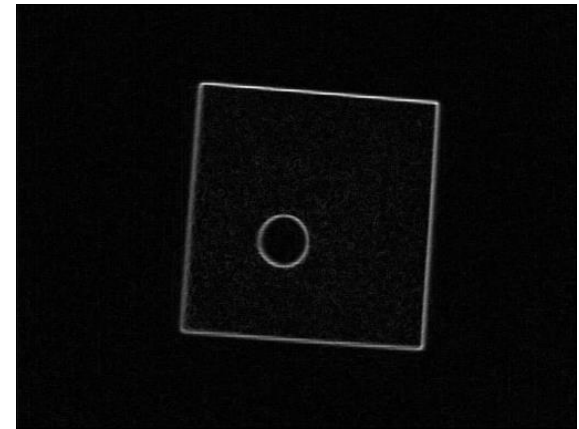
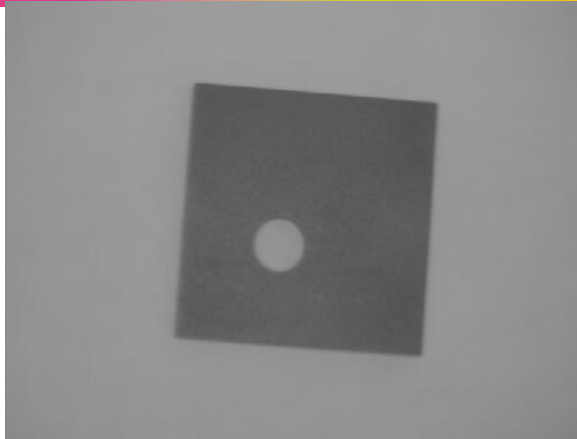
Edge detection

- Ví dụ:



- → Hạn chế của phương pháp này: nhạy cảm đối với nhiễu (nếu nhiễu lớn thì nó sẽ lấy nhiễu làm cạnh).

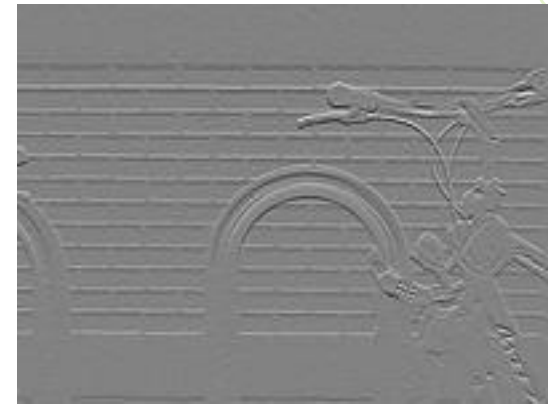
Edge detection



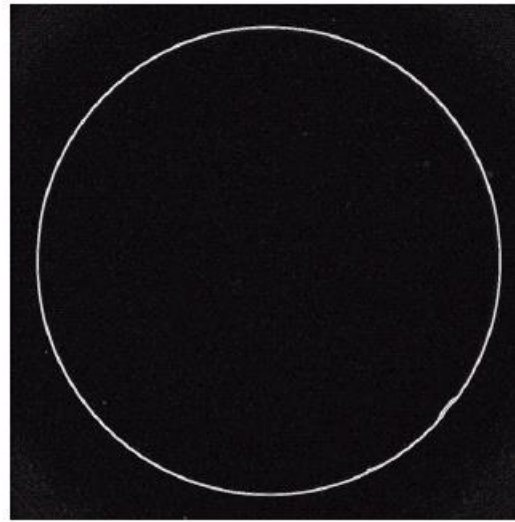
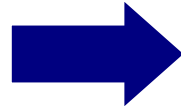
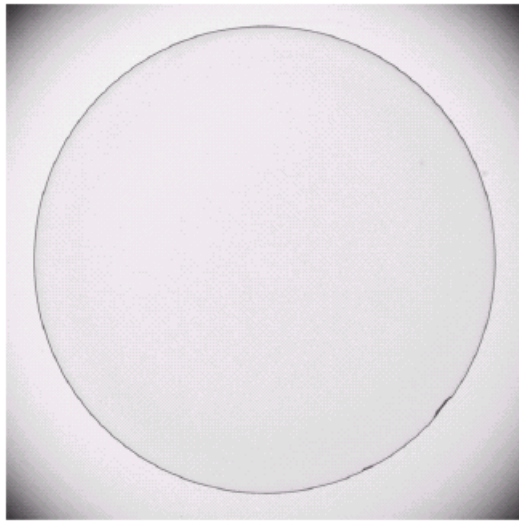
Ảnh gốc

Sobel

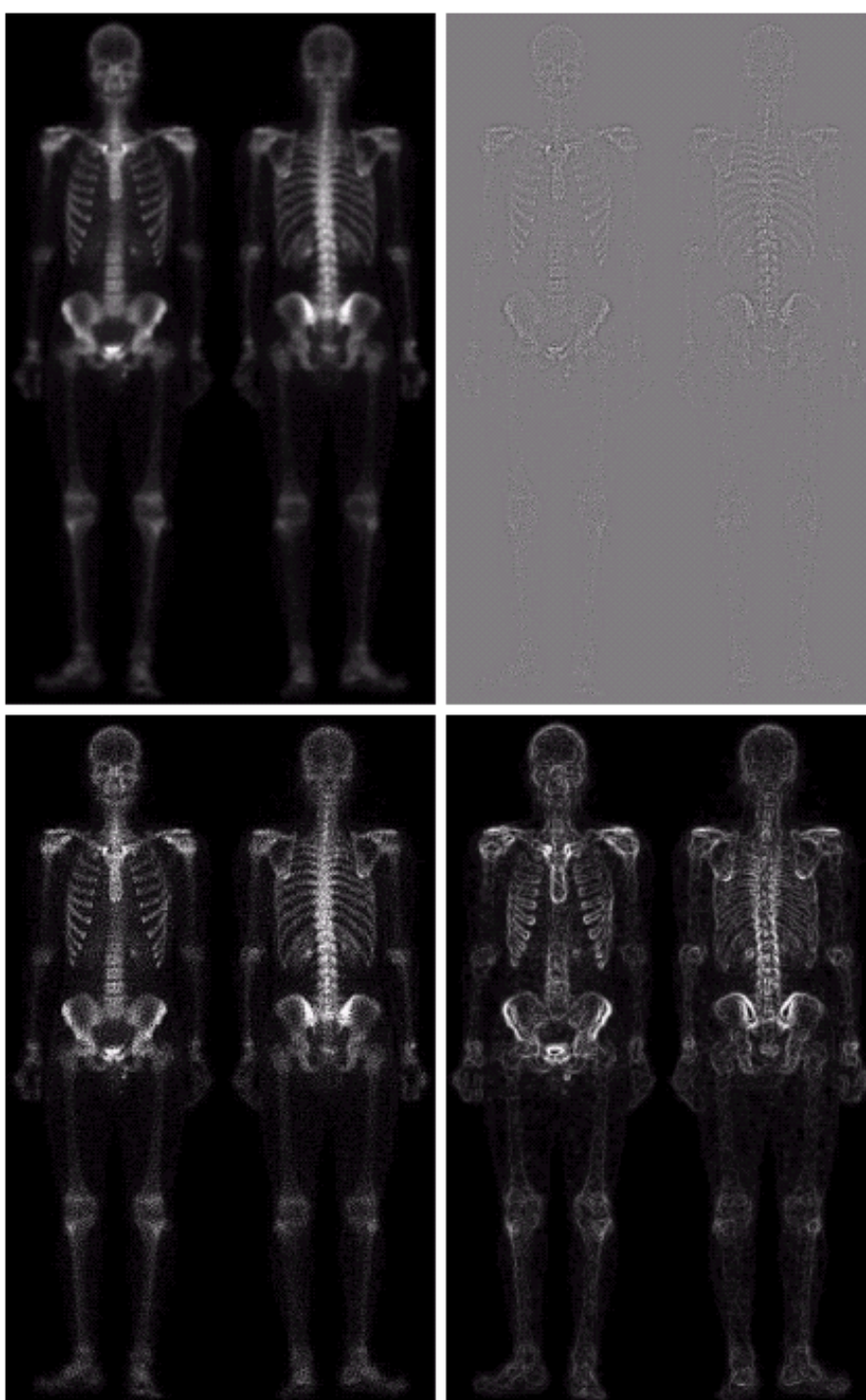
Edge detection



Edge detection



An image of a contact lens which is enhanced in order to make defects (at four and five o'clock in the image) more obvious



a	b
c	d

FIGURE 3.46

(a) Image of whole body bone scan.
 (b) Laplacian of (a). (c) Sharpened image obtained by adding (a) and (b). (d) Sobel of (a).

```
from scipy import ndimage

def sobel_filters(img):
    Kx = np.array([[ -1,  0,  1], [-2,  0,  2], [-1,  0,  1]], np.float32)
    Ky = np.array([[ 1,  2,  1], [ 0,  0,  0], [-1, -2, -1]], np.float32)

    Ix = ndimage.filters.convolve(img, Kx)
    Iy = ndimage.filters.convolve(img, Ky)

    G = np.hypot(Ix, Iy)
    G = G / G.max() * 255
    theta = np.arctan2(Iy, Ix)

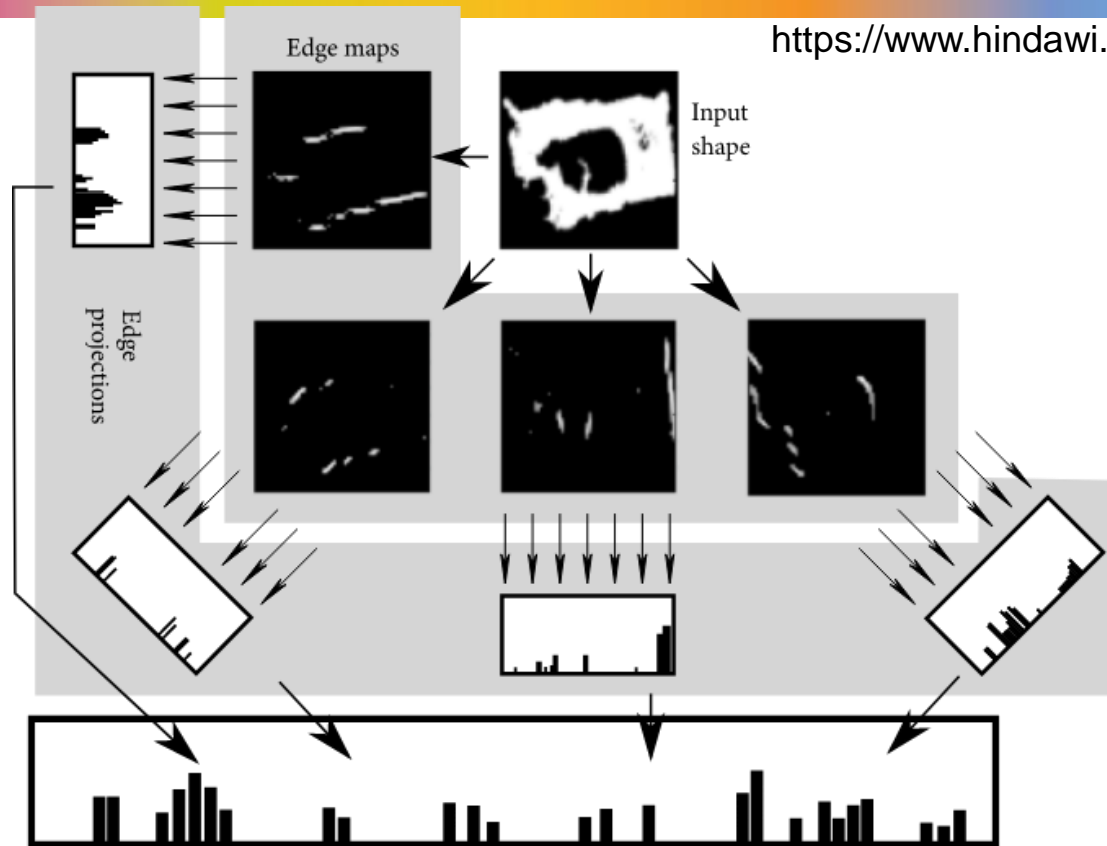
    return (G, theta)
```




```
kernels = np.array([ [-1, 0, 1],  
                     [-2, 0, 2],  
                     [-1, 0, 1]  
                    ])
```

```
img_rst = cv2.filter2D(img_src, -1, kernels)
```





Construction of the EPPSED feature vector. Edges are detected in four directions; then thresholding and maxima selection are applied; finally projections are concatenated and normalized.

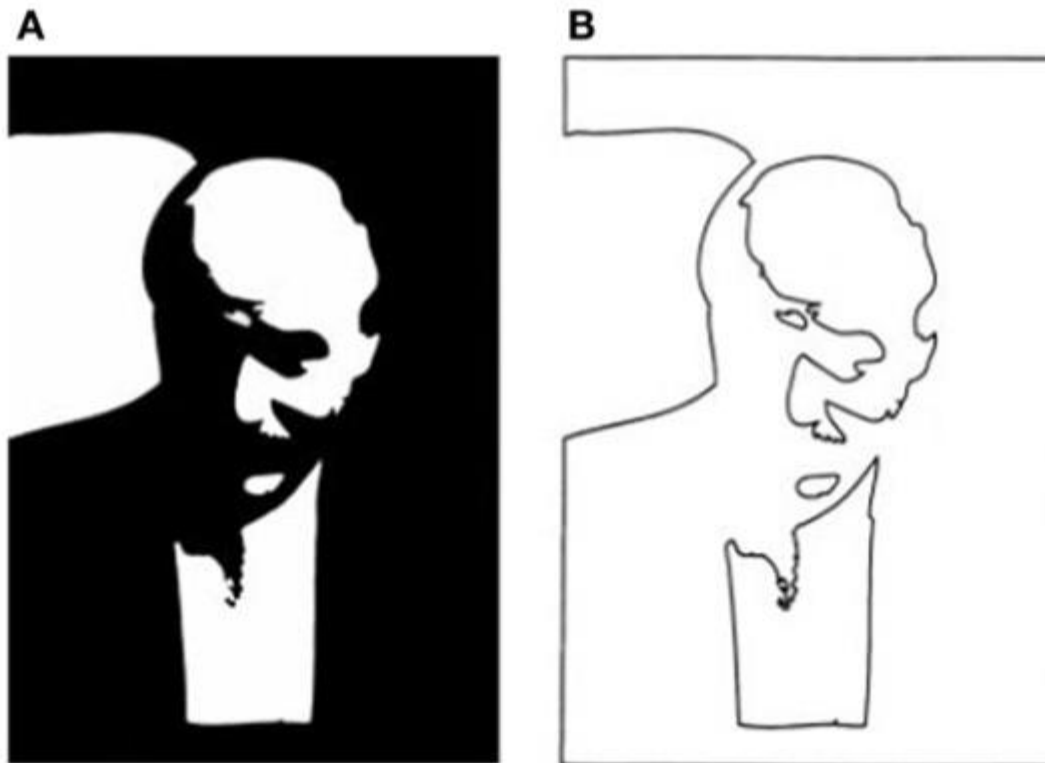


FIGURE 4 | (A) Two-tone image of Kennedy (1997) where the dark areas could be dark pigment or dark shadow. The face can be recovered only if the shadows are correctly identified. **(B)** A line version of the same contours is unrecognizable. The polarity information required for finding shadows is lost. The shadow boundaries can no longer be discounted and are taken as object contours that form meaningless shapes unrelated to the original.

<https://aaronhertzmänn.com/2020/04/19/lines-as-edges.html>



Figure 2: Lines-As-Edges treats lines and edges as perceptually-equivalent. Hence, according to Lines-As-Edges, the image in Panel A should give the same shape percept as Panel B, as should C and D. (Images A and C from [Schwiedrzik et al. \(2018\)](#), CC-BY.)

