ปฏิบัติการ

Lab 7 – Edge

1. Sobel Operator

Edge Detection ในภาพดิจิทัลใช้เทคนิคที่ใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของความเข้มของพิกเซลในแนวแกน X และ Y เพื่อหาเส้นขอบหรือโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดในภาพ เช่น ขอบของวัตถุ หรือรายละเอียดที่สำคัญ

หลักการทำงานของ Sobel Operator

1. Sobel Operator ใช้คอนโวลูชัน (Convolution) กับภาพต้นฉบับ โดยใช้ Kernel หรือ Filter สองตัว:
   - Gx: สำหรับตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในแนวนอน (Horizontal edges)
   - Gy: สำหรับตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง (Vertical edges)
2. Kernel หรือ Filter ของ Sobel Operator เป็นเมทริกซ์ขนาด 3x3 ที่นิยามดังนี้

$$\Delta_1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

3. ผลลัพธ์จาก Gx และ Gy จะถูกนำมาคำนวณความเข้มของขอบ (Edge Magnitude) ด้วยสมการ

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

หรือ

$$g(x,y) = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}$$

4. หาทิศทางของขอบ (Gradient Direction) สามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

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

หรือ

$$\mathbf{\Theta} = \operatorname{atan}\left(\frac{\mathbf{G}_y}{\mathbf{G}_x}\right)$$

$$A = \begin{bmatrix} 119 & 80 & 122 \\ 177 & 154 & 212 \\ 89 & 25 & 152 \end{bmatrix}$$

Then the output from the operations is:

$$G_x(A) = 1 \cdot 119 + 0 \cdot 80 - 1 \cdot 122 + 2 \cdot 177 + 0 \cdot 154 - 2 \cdot 212 + 1 \cdot 89 + 0 \cdot 25 - 1 \cdot 152$$

$$\therefore \quad G_x(A) = -136$$

and

$$G_y(A) = 1 \cdot 119 + 2 \cdot 80 + 1 \cdot 122 + 0 \cdot 177 + 0 \cdot 154 + 0 \cdot 212 - 1 \cdot 89 - 2 \cdot 25 - 1 \cdot 152$$

$$\therefore \quad G_y(A) = 110$$

To apply the Sobel operation to that patch of image we want to calculate:

$$\sqrt{[G_x(A)]^2 + [G_y(A)]^2}$$

```
from matplotlib.image import imread
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

image_file = 'original_image.PNG'
input_image = imread(image_file)
[nx, ny, nz] = np.shape(input_image)
r_img, g_img, b_img = input_image[:, :, 0], input_image[:, :, 1], input_image[:, :, 2]

gamma = 1.400
r_const, g_const, b_const = 0.2126, 0.7152, 0.0722
grayscale_image = r_const * r_img ** gamma + g_const * g_img ** gamma + b_const * b_img
** gamma

fig1 = plt.figure(1)
ax1, ax2 = fig1.add_subplot(121), fig1.add_subplot(122)
ax1.imshow(input_image)
ax2.imshow(grayscale_image, cmap=plt.get_cmap('gray'))
fig1.show()
```

```
"""
The kernels Gx and Gy can be thought of as a differential operation in the "input_image" array
in the directions x and y
respectively. These kernels are represented by the following matrices:

     _              _                _              _
    |               |               |               |
    | 1.0   0.0  -1.0 |              |  1.0   2.0   1.0 |
Gx = | 2.0   0.0  -2.0 |    and     Gy = |  0.0   0.0   0.0 |
    | 1.0   0.0  -1.0 |              | -1.0  -2.0  -1.0 |
    |_              _|              |_              _|
"""
Gx = np.array([[1.0, 0.0, -1.0], [2.0, 0.0, -2.0], [1.0, 0.0, -1.0]])
Gy = np.array([[1.0, 2.0, 1.0], [0.0, 0.0, 0.0], [-1.0, -2.0, -1.0]])
[rows, columns] = np.shape(grayscale_image)
sobel_filtered_image = np.zeros(shape=(rows, columns))

for i in range(rows - 2):
    for j in range(columns - 2):
        gx = np.sum(np.multiply(Gx, grayscale_image[i:i + 3, j:j + 3]))
        gy = np.sum(np.multiply(Gy, grayscale_image[i:i + 3, j:j + 3]))
        sobel_filtered_image[i + 1, j + 1] = np.sqrt(gx ** 2 + gy ** 2)

fig2 = plt.figure(2)
ax1, ax2 = fig2.add_subplot(121), fig2.add_subplot(122)
ax1.imshow(input_image)
ax2.imshow(sobel_filtered_image, cmap=plt.get_cmap('gray'))
fig2.show()
```

#1 จงหาโค้ดการทำงานของ Sobel โดยใช้ Library นำโค้ดมาใส่ในช่องด้านล่าง และแสดงผลลัพธ์โดยให้แคปหน้าผลลัพธ์จากโค้ดเก่า และโค้ดใหม่มาเทียบกัน รวมถึงวัดความเร็วในการทำงานของทั้งสองแบบและนำมาแสดงผล


Original Image
Manual Sobel
Time: 41.211s
OpenCV Sobel
Time: 0.054s

2. Canny Edge

Canny Edge Detection เป็นหนึ่งในอัลกอริธึมที่ใช้ในการตรวจจับขอบ (Edge Detection) ที่ได้รับความนิยมและทรงพลังมากใน Image Processing เนื่องจากมันผสมผสานเทคนิคที่ซับซ้อนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำและลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนในภาพได้ดี

หลักการทำงานของ Canny Edge Detection

1. Noise Reduction (การลดสัญญาณรบกวน): โดยก่อนที่จะตรวจจับขอบ อัลกอริธึมจะใช้ Gaussian Blur เพื่อลดสัญญาณรบกวนในภาพ โดยใช้ Kernel (ฟิลเตอร์) แบบ Gaussian เพื่อทำให้ภาพเรียบเนียน ซึ่งช่วยลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนที่อาจทำให้เกิด False Edges
2. Gradient Calculation: ใช้ Sobel Operator หรือฟิลเตอร์ที่คล้ายกันในการคำนวณ Gradient ในแกน X และ Y (Gx และ Gy) รวมถึงคำนวณขนาดของ Gradient และทิศทางของ Gradient
3. Non-Maximum Suppression (การลดขนาดของขอบ): ลดขนาดของขอบที่ตรวจจับได้เพื่อให้ขอบบางที่สุด (Thin Edge) โดยเก็บเฉพาะพิกเซลที่เป็นขอบสูงสุดในทิศทางของ Gradient และพิกเซลที่ไม่ใช่ขอบสูงสุดในทิศทางของ Gradient จะถูกกำหนดค่าเป็น 0
4. Double Thresholding: ใช้ High Threshold และ Low Threshold ในการแยกขอบที่มีความสำคัญ: โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า High Threshold จะถูกระบุว่าเป็น "Strong Edge" พิกเซลที่มีค่าระหว่าง Low Threshold และ High Threshold จะถูกระบุว่าเป็น "Weak Edge" พิกเซลที่มีค่าต่ำกว่า Low Threshold จะถูกลบออก
5. Edge Tracking by Hysteresis (การติดตามขอบ): ขอบที่เป็น "Weak Edge" จะถูกพิจารณาว่าเป็นขอบสุดท้ายก็ต่อเมื่อมันเชื่อมต่อกับ "Strong Edge" กระบวนการนี้ช่วยลดการตรวจจับขอบที่ไม่จำเป็นและทำให้ผลลัพธ์มีความต่อเนื่องมากขึ้น

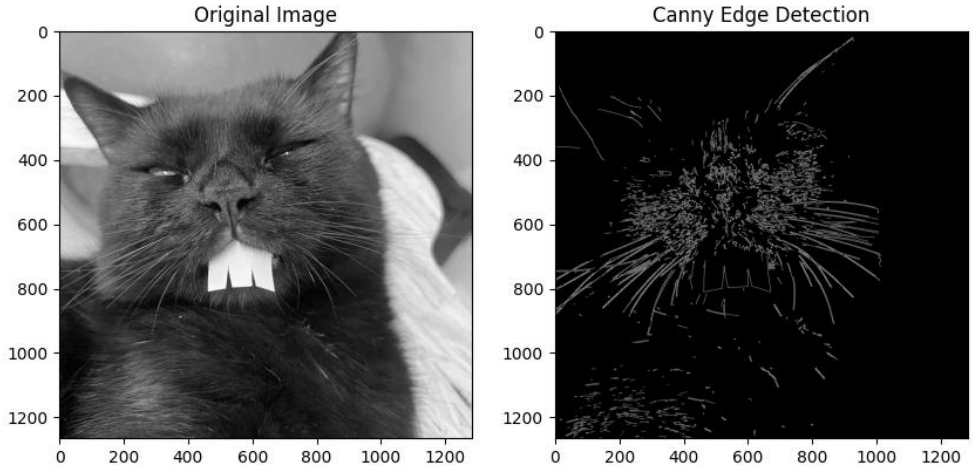
```
import numpy as np
import cv2
from scipy.ndimage import convolve
import matplotlib.pyplot as plt

# Gaussian Filter
def gaussian_filter(image, kernel_size=5, sigma=1.0):
    ax = np.linspace(-(kernel_size // 2), kernel_size // 2, kernel_size)
    gauss = np.exp(-0.5 * np.square(ax) / np.square(sigma))
```

```
    kernel = np.outer(gauss, gauss)
    kernel /= np.sum(kernel)
    return convolve(image, kernel)

# Sobel Filter
def sobel_filters(image):
    Kx = np.array([[-1, 0, 1], [-2, 0, 2], [-1, 0, 1]])  # Horizontal
    Ky = np.array([[1, 2, 1], [0, 0, 0], [-1, -2, -1]])  # Vertical

    Gx = convolve(image, Kx)
    Gy = convolve(image, Ky)

    magnitude = np.sqrt(Gx**2 + Gy**2)
    direction = np.arctan2(Gy, Gx)  # Gradient direction
    return magnitude, direction

# Non-Maximum Suppression
def non_maximum_suppression(magnitude, direction):
    rows, cols = magnitude.shape
    suppressed = np.zeros((rows, cols), dtype=np.float32)
    direction = np.rad2deg(direction)
    direction[direction < 0] += 180

    for i in range(1, rows-1):
        for j in range(1, cols-1):
            # Direction quantization
            if (0 <= direction[i, j] < 22.5) or (157.5 <= direction[i, j] <= 180):
                neighbors = (magnitude[i, j+1], magnitude[i, j-1])
            elif 22.5 <= direction[i, j] < 67.5:
                neighbors = (magnitude[i-1, j+1], magnitude[i+1, j-1])
            elif 67.5 <= direction[i, j] < 112.5:
                neighbors = (magnitude[i+1, j], magnitude[i-1, j])
            else:  # 112.5 <= direction < 157.5
                neighbors = (magnitude[i-1, j-1], magnitude[i+1, j+1])

            # Suppress non-maximum values
```

```
            if magnitude[i, j] >= neighbors[0] and magnitude[i, j] >= neighbors[1]:
                suppressed[i, j] = magnitude[i, j]
            else:
                suppressed[i, j] = 0

    return suppressed

# Double Threshold
def double_threshold(suppressed, low_threshold, high_threshold):
    strong = 255
    weak = 75

    strong_i, strong_j = np.where(suppressed >= high_threshold)
    weak_i, weak_j = np.where((suppressed <= high_threshold) & (suppressed >= low_threshold))

    result = np.zeros_like(suppressed, dtype=np.uint8)
    result[strong_i, strong_j] = strong
    result[weak_i, weak_j] = weak
    return result, weak, strong

# Edge Tracking by Hysteresis
def edge_tracking_by_hysteresis(image, weak, strong):
    rows, cols = image.shape
    for i in range(1, rows-1):
        for j in range(1, cols-1):
            if image[i, j] == weak:
                if (strong in [image[i+1, j-1], image[i+1, j], image[i+1, j+1],
                               image[i, j-1], image[i, j+1],
                               image[i-1, j-1], image[i-1, j], image[i-1, j+1]]):
                    image[i, j] = strong
                else:
                    image[i, j] = 0
    return image

# Main Function for Canny Edge Detection
def canny_edge_detection(image, low_threshold, high_threshold):
```

```
    # 1. Step 1: Gaussian Blur
    smoothed = gaussian_filter(image)

    # 2. Step 2: Sobel Filters
    magnitude, direction = sobel_filters(smoothed)

    # 3. Step 3: Non-Maximum Suppression
    suppressed = non_maximum_suppression(magnitude, direction)

    # 4. Step 4: Double Thresholding
    thresholded, weak, strong = double_threshold(suppressed, low_threshold, high_threshold)

    # 5. Step 5: Edge Tracking by Hysteresis
    final_edges = edge_tracking_by_hysteresis(thresholded, weak, strong)

    return final_edges

image = cv2.imread('Lenna.png', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

edges = canny_edge_detection(image, low_threshold=50, high_threshold=150)

plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.title('Original Image')
plt.imshow(image, cmap='gray')

plt.subplot(1, 2, 2)
plt.title('Canny Edge Detection')
plt.imshow(edges, cmap='gray')
plt.show()
```

#2 จงหาข้อผิดพลาดจากโค้ดข้างต้น และทำการปรับปรุงให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง




```
import numpy as np
import cv2
from scipy.ndimage import convolve
import matplotlib.pyplot as plt

# Gaussian Filter
def gaussian_filter(image, kernel_size=5, sigma=1.0):
    ax = np.linspace(-(kernel_size // 2), kernel_size // 2, kernel_size)
    gauss = np.exp(-0.5 * np.square(ax) / np.square(sigma))
    kernel = np.outer(gauss, gauss)
    kernel /= np.sum(kernel)
    return convolve(image, kernel)

# Sobel Filter
def sobel_filters(image):
    Kx = np.array([[-1, 0, 1], [-2, 0, 2], [-1, 0, 1]])  # Horizontal
    Ky = np.array([[1, 2, 1], [0, 0, 0], [-1, -2, -1]])  # Vertical
    Gx = convolve(image, Kx)
    Gy = convolve(image, Ky)
    magnitude = np.sqrt(Gx**2 + Gy**2)
    direction = np.arctan2(Gy, Gx)  # Gradient direction
    return magnitude, direction

# Non-Maximum Suppression
def non_maximum_suppression(magnitude, direction):
    rows, cols = magnitude.shape
    suppressed = np.zeros((rows, cols), dtype=np.float32)
    direction = np.rad2deg(direction)
    direction[direction < 0] += 180
```

```
    for i in range(1, rows-1):
        for j in range(1, cols-1):
            # Direction quantization
            if (0 <= direction[i, j] < 22.5) or (157.5 <= direction[i, j] <= 180):
                neighbors = (magnitude[i, j+1], magnitude[i, j-1])
            elif 22.5 <= direction[i, j] < 67.5:
                neighbors = (magnitude[i-1, j+1], magnitude[i+1, j-1])
            elif 67.5 <= direction[i, j] < 112.5:
                neighbors = (magnitude[i+1, j], magnitude[i-1, j])
            else:  # 112.5 <= direction < 157.5
                neighbors = (magnitude[i-1, j-1], magnitude[i+1, j+1])

            # Suppress non-maximum values
            if magnitude[i, j] >= neighbors[0] and magnitude[i, j] >= neighbors[1]:
                suppressed[i, j] = magnitude[i, j]
            else:
                suppressed[i, j] = 0

    return suppressed

# Double Threshold
def double_threshold(suppressed, low_threshold, high_threshold):
    strong = 255
    weak = 75

    strong_i, strong_j = np.where(suppressed >= high_threshold)
    weak_i, weak_j = np.where((suppressed <= high_threshold) & (suppressed >= low_threshold))

    result = np.zeros_like(suppressed, dtype=np.uint8)
    result[strong_i, strong_j] = strong
    result[weak_i, weak_j] = weak
    return result, weak, strong

# Edge Tracking by Hysteresis
def edge_tracking_by_hysteresis(image, weak, strong):
    rows, cols = image.shape
    for i in range(1, rows-1):
        for j in range(1, cols-1):
            if image[i, j] == weak:
                if (strong in [image[i+1, j-1], image[i+1, j], image[i+1, j+1],
                               image[i, j-1], image[i, j+1],
```

```
                        image[i-1, j-1], image[i-1, j], image[i-1, j+1]]):
                image[i, j] = strong
            else:
                image[i, j] = 0
    return image

# Main Function for Canny Edge Detection
def canny_edge_detection(image, low_threshold, high_threshold):
    # 1. Step 1: Gaussian Blur
    smoothed = gaussian_filter(image)

    # 2. Step 2: Sobel Filters
    magnitude, direction = sobel_filters(smoothed)

    # 3. Step 3: Non-Maximum Suppression
    suppressed = non_maximum_suppression(magnitude, direction)

    # 4. Step 4: Double Thresholding
    thresholded, weak, strong = double_threshold(suppressed, low_threshold, high_threshold)

    # 5. Step 5: Edge Tracking by Hysteresis
    final_edges = edge_tracking_by_hysteresis(thresholded, weak, strong)

    return final_edges

image = cv2.imread('file\imgg.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
image = np.float32(image)

edges = canny_edge_detection(image, low_threshold=50, high_threshold=150)

plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.title('Original Image')
plt.imshow(image, cmap='gray')

plt.subplot(1, 2, 2)
plt.title('Canny Edge Detection')
plt.imshow(edges, cmap='gray')
plt.show()
```

3. Sobel vs Canny

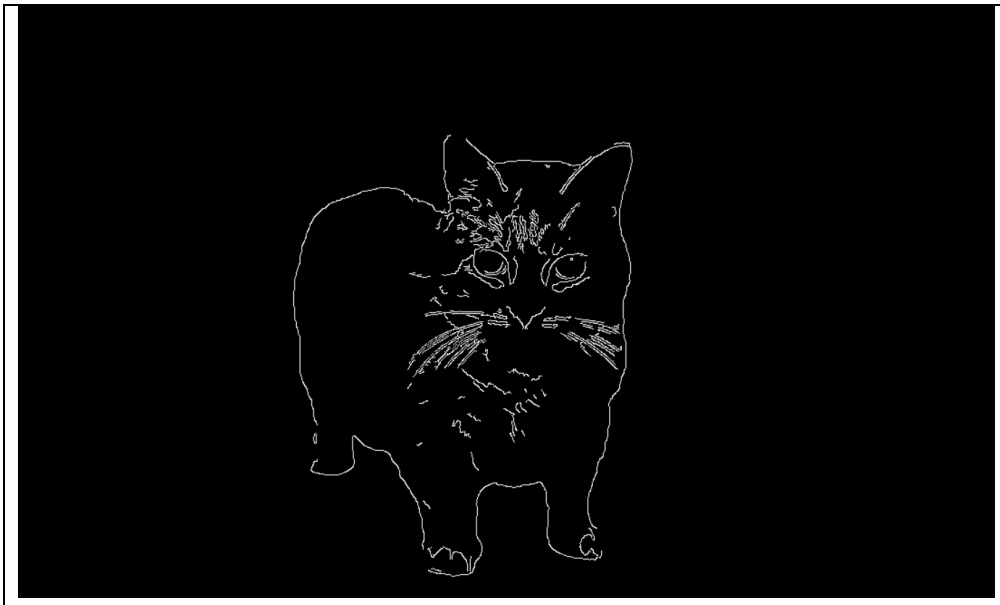
เปรียบเทียบ Sobel และ Canny

คุณสมบัติ	Sobel	Canny
ความซับซ้อน	ง่ายกว่า	ซับซ้อนกว่า
ความไวต่อสัญญาณรบกวน	ไวต่อสัญญาณรบกวน	ลดสัญญาณรบกวนได้ดี
ขอบที่ได้	หนา	บางและต่อเนื่อง
การตั้งค่า	ไม่มีการตั้งเกณฑ์ซับซ้อน	ต้องตั้งเกณฑ์ Double Threshold
ความเหมาะสม	ใช้งานเบื้องต้น	ใช้งานในกรณีที่ต้องการความแม่นยำ

ตัวอย่างการเรียกใช้ Canny Edge ผ่าน Library

```
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt

image = cv2.imread('Lenna.png', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

edges = cv2.Canny(image, threshold1=100, threshold2=200)

plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.title('Original Image')
plt.imshow(image, cmap='gray')

plt.subplot(1, 2, 2)
plt.title('Canny Edge Detection')
plt.imshow(edges, cmap='gray')
plt.show()
```

#3 จงแก้ไขโค้ดข้างต้นเพื่อนำมาใช้กับวิดีโอ



```
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt

image = cv2.VideoCapture('file\OIIAOIIA.mp4')

while True:
    # อ่านเฟรม
    ret, frame = image.read()

    if ret:
        # แปลงเป็นภาพขาวดำ
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

        edges = cv2.Canny(gray, threshold1=100, threshold2=200)

        cv2.imshow('Original Video', frame)
        cv2.imshow('Canny Edge Detection', edges)

        # กด n ออก
        if cv2.waitKey(25) & 0xFF == ord('n'):
            break
    else:
        break

# คืนทรัพยากร
image.release()
cv2.destroyAllWindows()
```