

ใช้ Canny Edge Detection และ Contour Analysis

5 ขั้นตอนหลัก

| ขั้นตอน | รายละเอียด |
|-------------------------|--|
| 1. Load Image | โหลดภาพและแปลงเป็น grayscale เพื่อเตรียมสำหรับการหาขอบ |
| 2. Canny Edge Detection | ใช้ Otsu threshold หา high/low threshold อัตโนมัติ > Canny edge > Dilation ปิดช่องว่าง |
| 3. Find Contours | ใช้ cv2.findContours() แบบ RETR_CCOMP หา contours ทั้งหมดและจัดเป็น 2 ระดับ (outer + holes) |
| 4. Shape Filtering | กรองด้วย: Circularity (>0.6), Aspect Ratio (0.6-1.4), Area (10-10000), Size tolerance (25% ของ max) |
| 5. Concentric Detection | หา contour คู่ที่มี center ใกล้กัน (<5 pixels) = ตัว O (outer + inner hole) + เพิ่มตัว O ที่หายด้วย manual |

วิธีการทำงาน

- cv2.Canny(): Edge detection หาขอบด้วยอัลกอริทึม Canny - ใช้ gradient และ non-maximum suppression
- Otsu Threshold: หา threshold อัตโนมัติโดยแยก foreground/background ให้ได้ variance ต่ำสุด ใช้กับ Canny
- cv2.dilate(): ขยายขอบด้วย morphological operation ปิดช่องว่างเล็กๆ ระหว่างขอบ kernel 3x3, iterations=1
- cv2.findContours(): หา contours จาก binary image, RETR_CCOMP = 2-level hierarchy (เก็บ outer + holes)
- วัดความกลม = $4\pi A/P^2$ โดย A=area, P=perimeter, ค่า=1 เป็นวงกลมสมบูรณ์
- วัดสัดส่วน = width/height, ค่าใกล้ 1 = สี่เหลี่ยมจัตุรัส/วงกลม
- cv2.contourArea(): คำนวณพื้นที่ contour ใช้ Green's theorem
- cv2.arcLength(): คำนวณความยาวรอบ contour (perimeter)
- หาก contour ที่มี center ใกล้กัน distance = $\sqrt{(x_1-x_2)^2 + (y_1-y_2)^2} < 5 \text{ pixels}$
- $C = 4\pi A / P^2$ (ค่า 0-1, วงกลมสมบูรณ์ = 1)
- $AR = W / H$ (ค่าใกล้ 1 = รูปร่างสมดุล)
- $d = \sqrt{(x_1-x_2)^2 + (y_1-y_2)^2}$
- Canny Thresholds: Low = $0.5 \times \text{Otsu_threshold}$, High = Otsu_threshold

พารามิเตอร์การกรอง

| พารามิเตอร์ | ค่า / เงื่อนไข |
|-----------------|--|
| MIN_AREA | 10 pixels ² (กรองจุดเสียงรบกวนเล็ก) |
| MAX AREA | 10,000 pixels ² (กรองวัตถุใหญ่เกินไป) |
| MIN_CIRCULARITY | 0.6 (ยอมรับรูปค่อนข้างกลม ผ่อนปรนจาก 0.7) |
| ASPECT_RATIO | 0.6 - 1.4 (ยอมรับรูปไม่สมดุลเล็กน้อย) |
| SIZE_TOLERANCE | 0.25 (25% ของ max bbox area = ยอมรับ 0 เล็ก) |

ผลลัพธ์

Detected O 36 ตัวอักษร