**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



**NHẬP MÔN THỊ GIÁC MÁY TÍNH**

**Bài tập Blob**

GVHD : TS. Lê Đức Hạnh

NHÓM : 7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **STT** | **Họ và tên** | **MSSV** |
| 1 | Phan Trương Minh Khánh | 1812602 |
| 2 | Huỳnh Minh Khánh | 1812585 |
| 3 | Võ Văn Thiên Phú | 1811146 |
| 4 | Hoàng Minh Phong | 1811141 |
| 5 | Mã Tiến Phúc | 1810441 |

**TP.HCM, tháng 11 năm 2021**

**Bài 1**: Giả sử sau khi canny ta có hình sau:

1. tìm tọa độ tâm và góc, độ dài chu vi và diện tích của các blob sử dụng image moment bằng tay
2. Lập trình tìm tọa độ tâm và góc của các blob sử dụng image moment

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |
| 7 |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |
| 8 |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |

Tìm các vùng hình sử dụng connectivity 4 như sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  | x |  |
|  |  |  |

Ý tưởng : Ta trượt connectivity trên từ trái sang phải, từ trên xuống dioiws

Giá trị ô nào nằm trong connectivity mà có giá trị số 1 , thì giá trị trả về sẽ là số 1, còn nếu không có giá trị nào thì trả về số 2, lần lượt như vậy, ta quét hết các giá trị tới khi nào các giá trị không thay đổi nữa thì ngưng, lưu ý nếu 2 giá trị khác nhau cùng thuộc connectivity thì ta ưu tiên trả về giá trị nhỏ hơn.

Lưu ý: Các ô có các điểm ảnh thì coi là dấu “x”

Các ô trống thì có giá trị 0

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |
| 7 |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |
| 8 |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |

Ta trượt connectivity4 lần lượt như sau:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  | x | x | x |
| 3 |  |  |  | x |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  | 1 | x | x |
| 3 |  |  |  | x |  |  |  |

.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  | 1 | x | x |
| 3 |  |  |  | x |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  | 1 | 1 | x |
| 3 |  |  |  | x |  |  |  |

Sau khi trượt xong chu kì đầu tiên, ta được kết quả như hình sau:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  | 2 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  | 3 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  | 4 |  |  |  |  | 5 |  |  |  | 6 |  |  |  |
| 7 |  | 4 |  |  |  | 7 |  |  |  | 8 |  |  |  |  |
| 8 |  |  | 9 |  | 10 |  |  |  | 11 | 11 | 11 |  |  |  |
| 9 |  |  |  | 12 |  |  |  | 13 |  | 11 | 11 | 11 |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11 | 11 | 11 |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11 | 11 |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11 |  |

Tiếp tục trượt đến khi nào các giá trị không thay đổi , ta được các vùng hình theo kết quả :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 6 |  |  |  |
| 7 |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 6 |  |  |  |  |
| 8 |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  | 6 | 6 | 6 |  |  |  |
| 9 |  |  |  | 1 |  |  |  | 6 |  | 6 | 6 | 6 |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 | 6 | 6 |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 | 6 |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 |  |

Tính moment để ra tọa độ tâm dựa vào công thức:

**Tọa độ i,j của màu blob xanh dương:**

Ta xét các blob màu xanh dương:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

Số lần xuất hiện của các số ứng với các hàng được thể hiện qua bảng sau:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i  n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 |  |  |  |  |  |  | 1 |

**Tọa độ của các blob màu xanh dương :**

Số lần xuất hiện của các số ứng với các cột được thể hiện qua bảng sau:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j  n | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |  |
| 3 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 1 |  |  |  |  |  |  |

**Tọa độ j của màu blob xanh dương:**

**=> ,**

**Vậy trọng tâm của blob xanh dương là C1(5 , 5)**

Ta làm tương tự cho các blob màu xanh lá:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 6 |  |  |  | 1 |  |  |
| 7 |  |  | 1 |  |  |  |
| 8 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 9 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 10 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 12 |  |  |  |  |  | 1 |

Tương tự cho blob màu xanh lá, ta được tọa độ và như sau:

**Tọa độ của các blob màu xanh lá :**

**Tọa độ j của màu blob xanh lá:**

**=> ,**

**Vậy trọng tâm của blob xanh lá là: C2( 11 , 9 )**

**Tính góc của các blob**

Ta có công thức:

Đối với blob xanh dương:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

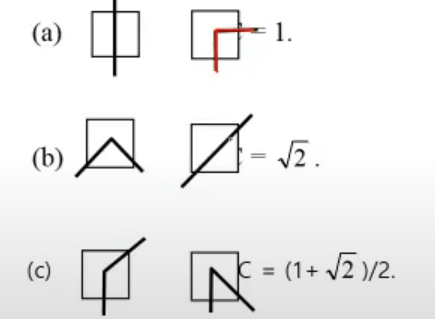
Tương tự cho blob xanh lá:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 6 |  |  |  | 1 |  |  |
| 7 |  |  | 1 |  |  |  |
| 8 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 9 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 10 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 12 |  |  |  |  |  | 1 |

**Tính chu vi các blob**

Ta có công thức: , trong đó

Trong đó a,b,c là:



Đối với blob xanh dương:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

Xét hình trên ta chia ra làm 2 loại đường, 3 đường thẳng ( ứng với màu xanh dương), 3 đường chéo( ứng với màu vàng) , giao giữa 2 đường ( màu xanh lá) ,ta lấy số pixel mỗi dường bằng cách lấy tổng số ô trừ đi cho 1 rồi áp dụng công thức, sau đó lấy tổng chiều dài ta được chu vi hình

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

Xét 3 đường thẳng , áp dụng công thức ta tính được chiều dài đường thẳng như sau:

Xét 3 đường chéo , áp dụng công thức ta tính được chiều dài tưng đường như sau:

Vậy chu vi của hình blob xanh dương

Tương tự cho blob xanh lá:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 6 |  |  |  | 1 |  |  |
| 7 |  |  | 1 |  |  |  |
| 8 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 9 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 10 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 12 |  |  |  |  |  | 1 |

Xét hình trên ta chia ra làm 2 loại đường, 1 đường thẳng ( ứng với màu xanh dương), 3 đường chéo( ứng với màu vàng) , giao giữa 2 đường ( màu xanh lá) ,ta lấy số pixel mỗi dường bằng cách lấy tổng số ô trừ đi cho 1 rồi áp dụng công thức, sau đó lấy tổng chiều dài ta được chu vi hình

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 6 |  |  |  | 1 |  |  |
| 7 |  |  | 1 |  |  |  |
| 8 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 9 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 10 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 12 |  |  |  |  |  | 1 |

Xét 1 đường thẳng , áp dụng công thức ta tính được chiều dài đường thẳng như sau:

Xét 3 đường chéo , áp dụng công thức ta tính được chiều dài tưng đường như sau:

Vậy chu vi của hình blob xanh lá

**Tính diện tích các blob**

Đối với blob xanh dương:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

Xét theo chiều ngang từ trái qua phải, ta chia hình thành các hình cơ bản để dễ tính diện tích

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

Xét diện tích hình thang

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

Xét diện tích hình bình hành

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |
| 5 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| 7 | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 8 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 9 |  |  | 1 |  |  |  |  |

Xét diện tích hình thang

Tương tự cho blob xanh lá:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 6 |  |  |  | 1 |  |  |
| 7 |  |  | 1 |  |  |  |
| 8 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 9 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 10 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 12 |  |  |  |  |  | 1 |

Xét theo chiều ngang từ trái qua phải, ta chia hình thành các hình cơ bản để dễ tính diện tích

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 6 |  |  |  | 1 |  |  |
| 7 |  |  | 1 |  |  |  |
| 8 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 9 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 10 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 12 |  |  |  |  |  | 1 |

Xét diện tích hình bình hành

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 6 |  |  |  | 1 |  |  |
| 7 |  |  | 1 |  |  |  |
| 8 |  | 1 | 1 | 1 |  |  |
| 9 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  |
| 10 |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 12 |  |  |  |  |  | 1 |

Xét diện tích hình tam giác

Sau khi tính toán , ta có bảng tổng hợp kết quả như sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Blob xanh dương | Blob xanh lá |
| **Tọa độ tâm** | C1(5,5) | C2(11,9) |
| **Góc** |  |  |
| **Chu vi** |  |  |
| **Diện tích** | 21.5 | 7 |

b) Lập trình tìm tọa độ tâm và góc, độ dài chu vi và diện tích sử dụng image moment bằng tay.

|  |
| --- |
| //Khai báo thư viện  #include "opencv2/core/core.hpp"  #include "opencv2/highgui/highgui.hpp"  #include "opencv2/imgproc/imgproc.hpp"  #include "iostream"  #include "opencv2/opencv.hpp"  #include <math.h>  using namespace cv;  using namespace std;  int main(int argc, char\*\* argv)  {  //Khai báo ma trận đầu vào 12x14  Mat src = (Mat\_<uchar>(12, 14) <<  0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,  0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,  0, 0, 0, 0, 255, 255, 255, 255, 0, 0, 0, 0, 0, 0,  0, 0, 0, 255, 0, 0, 0, 255, 0, 0, 0, 0, 0, 0,  0, 0, 255, 0, 0, 0, 0, 255, 0, 0, 0, 0, 0, 0,  0, 255, 0, 0, 0, 0, 255, 0, 0, 0, 255, 0, 0, 0,  0, 255, 0, 0, 0, 255, 0, 0, 0, 255, 0, 0, 0, 0,  0, 0, 255, 0, 255, 0, 0, 0, 255, 255, 255, 0, 0, 0,  0, 0, 0, 255, 0, 0, 0, 255, 0, 255, 255, 255, 0, 0,  0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 255, 255, 255, 0,  0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 255, 255, 0,  0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 255, 0);  Thêm biên 0 cho ma trận  copyMakeBorder(src, src, 1, 1, 1, 1, BORDER\_CONSTANT, 0);  Mat thresh;  vector<vector<Point>> contour;  vector<Vec4i> hierachy;  //chuyển ma trận về ảnh nhị phân , tọa độ tâm thì set về giá trị 150  threshold(src, thresh, 150, 1, THRESH\_BINARY);  // Tìm viền cho ma trận đầu vào  findContours(thresh, contour, hierachy, RETR\_TREE, CHAIN\_APPROX\_SIMPLE, Point(0, 0));  vector<Moments> mu(contour.size());  vector<float> theta(contour.size());  //Tìm moment  for (int i = 0; i < contour.size(); i++)  {  mu[i] = moments(contour[i], false);  }  vector<Point2f> mc(contour.size());  //Tính trọng tâm và đánh dấu trọng tâm ( set về giá trị 150 ), còn lại giữ nguyên  for (int i = 0; i < contour.size(); i++)  {  mc[i] = Point2f(mu[i].m10 / (mu[i].m00), mu[i].m01 / (mu[i].m00));  src.at<uchar>(mc[i]) = 150;  double u11, u20, u02;  u11 = mu[i].m11 / (mu[i].m00) - mu[i].m10 \* mu[i].m01 / (mu[i].m00 \* mu[i].m00);  u20 = mu[i].m20 / (mu[i].m00) - mu[i].m10 \* mu[i].m10 / (mu[i].m00 \* mu[i].m00);  u02 = mu[i].m02 / (mu[i].m00) - mu[i].m01 \* mu[i].m01 / (mu[i].m00 \* mu[i].m00);  theta[i] = 0.5 \* atan(2.0 \* u11 / (u20 - u02)) \* 180 / CV\_PI;  cout << "Tam blob " << i << ": " << mc[i] << endl  << "Goc blod " << i << ": " << theta[i] << " degree" << endl;  }  //Gọi hàm tính chu vi và diện tích  for (int i = 0; i < contour.size(); i++)  {  cout << "Contour: " << i << " Area: " << contourArea(contour[i]) << " Length: " << arcLength(contour[i], true) << endl;  }  cout << endl << src << endl;  namedWindow("Result", WINDOW\_NORMAL);  //Hiện thị ma trận kết quả  imshow("Result", src);  waitKey(0);  } |

**Kết quả:**

|  |  |
| --- | --- |
| Hiện thị tâm và góc(0:xanh lá,1:xanh dương) | Hiện thị diện tích và chu vi |
| Hiện thị tâm của 2 hình ( tâm set về giá trị 150 ), để dễ thấy | |

=> Kết quả từ code gần giống tính tay, do có sự sai biệt trong làm tròn số

**Bài 2**. Giả sử sau khi canny ta có hình sau:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 255 |  |  | 255 |
| 2 |  | 255 |  | 255 |
| 3 |  |  | 255 |  |
| 4 |  |  |  | 255 |
| 5 | 255 | 255 | 255 |  |
| 6 | 255 |  |  |  |

1. Phương trình đường thẳng có dạng: (1)

Lập bảng tìm r theo x, y và

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| θ  (x;y) | -180 | -135 | -90 | -45 | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 |
| (1;1) | -1 | -1.4142 | -1 | 0 | 1 | 1.41421 | 1 | 0 | -1 |
| (2;2) | -2 | -2.8284 | -2 | 0 | 2 | 2.82843 | 2 | 0 | -2 |
| (3;3) | -3 | -4.2426 | -3 | 0 | 3 | 4.24264 | 3 | 0 | -3 |
| (4;1) | -1 | -3.5355 | -4 | -2.1213 | 1 | 3.53553 | 4 | 2.12132 | -1 |
| (4;2) | -2 | -4.2426 | -4 | -1.4142 | 2 | 4.24264 | 4 | 1.41421 | -2 |
| (4;4) | -4 | -5.6569 | -4 | 0 | 4 | 5.65685 | 4 | 0 | -4 |
| (1;5) | -5 | -4.2426 | -1 | 2.82843 | 5 | 4.24264 | 1 | -2.8284 | -5 |
| (2;5) | -5 | -4.9497 | -2 | 2.12132 | 5 | 4.94975 | 2 | -2.1213 | -5 |
| (3;5) | -5 | -5.6569 | -3 | 1.41421 | 5 | 5.65685 | 3 | -1.4142 | -5 |
| (1;6) | -6 | -4.9497 | -1 | 3.53553 | 6 | 4.94975 | 1 | -3.5355 | -6 |

Sắp xếp giá trị r theo thứ tự tăng dần rồi tìm các giá trị r giống nhau theo góc θ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| θ  r | -180 | -135 | -90 | -45 | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 |
| -6 | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |
| -5.66 |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| -5 | 3 |  |  |  |  |  |  |  | 3 |
| -4.95 |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| -4.24 |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| -4 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |  | 1 |
| -3.54 |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 |  |
| -3 | 1 |  | 2 |  |  |  |  |  | 1 |
| -2.83 |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 |  |
| -2.12 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |
| -2 | 2 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |
| -1.41 |  | 1 |  | 1 |  |  |  | 1 |  |
| -1 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |  | 2 |
| 0 |  |  |  | 4 |  |  |  | 4 |  |
| 1 |  |  |  |  | 2 |  | 3 |  |  |
| 1.41 |  |  |  | 1 |  | 1 |  | 1 |  |
| 2 |  |  |  |  | 2 |  | 2 |  |  |
| 2.12 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |
| 2.83 |  |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  | 1 |  | 2 |  |  |
| 3.54 |  |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  | 1 |  | 3 |  |  |
| 4.24 |  |  |  |  |  | 3 |  |  |  |
| 4.95 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |
| 5.66 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |

Thay giá trị r, θ tại các ô màu đỏ vào phương trình (1) ta được phương trình đường thẳng đi qua 4 điểm:

* r = 0; θ = -45 suy ra phương trình đường thẳng là y = x
* r = 0; θ = 135 suy ra phương trình đường thẳng là y = x

1. Lập trình tìm đường thẳng sử dụng hàm hough line của opencv

|  |
| --- |
| #include <opencv2/core.hpp>  #include <opencv2/video/video.hpp>  #include <opencv2/imgproc.hpp>  #include <opencv2/highgui.hpp>  #include <opencv2/imgcodecs.hpp>  #include <iostream>  #include <cmath>  #include <iomanip>  #include <vector>  using namespace std;  using namespace cv;  int main()  {  //ANH SAU KHI CANNY  Mat src = (Mat\_<uchar>(6, 4) << 255, 0, 0, 255,  0, 255, 0, 255,  0, 0, 255, 0,  0, 0, 0, 255,  255, 255, 255, 0,  255, 0, 0, 0);  cout << "SOURCE:" << endl << src << endl;  //HAM HoughLinesP  vector<Vec4i> linesP;  HoughLinesP(src, linesP, 1, CV\_PI / 180.0, 150, 2, 20);  //VE DUONG THANG  for (size\_t i = 0; i < linesP.size(); i++)  {  cout << linesP[i] << endl;  Vec4i d = linesP[i];  line(src, Point(d[0], d[1]), Point(d[2], d[3]), Scalar(0, 0, 100), 1, LINE\_AA);  }  resize(src, src, Size(), 100, 100, INTER\_NEAREST);  imshow("Result", src);  waitKey(0);  return 0;  } |
|  |

**Bài 3:**

Giả sử sau khi lọc canny ta có hình sau:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 |  |  | 1 |  |  |  |
| 1 |  |  | 1 |  | 1 |  |
| 2 | 1 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |
| 3 |  |  | 1 |  | 1 |  |
| 4 |  |  | 1 |  |  |  |

a) Tìm đường tròn bằng tay sử dụng hough circle (góc -180,-90,0,90,180) bán kính r=1,2,3

b) Lập trình tìm đường tròn sử dụng hàm hough circle của opencv

**Bài làm:**

a.

Công thức tọa độ tâm đường tròn:

xc = xi – rcosθ yc = yi – rsinθ

Trường hợp r = 1:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | y | r | θ | xc = xi – rcosθ | yc = yi – rsinθ | Số lần gặp |
| 0 | 2 | 1 | -180 | 1 | 2 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | -90 | 0 | 3 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | 0 | -1 | 2 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | 90 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 1 | -180 | 2 | 2 | 4 |
| 1 | 2 | 1 | -90 | 1 | 3 | 2 |
| 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 1 | 90 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | 0 | 1 | -180 | 3 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | -90 | 2 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 90 | 2 | -1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | -180 | 3 | 1 | 3 |
| 2 | 1 | 1 | -90 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | 1 | 1 | 90 | 2 | 0 | 1 |
| 2 | 3 | 1 | -180 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | -90 | 2 | 4 | 1 |
| 2 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 2 |
| 2 | 3 | 1 | 90 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | 4 | 1 | -180 | 3 | 4 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | -90 | 2 | 5 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 90 | 2 | 3 | 1 |
| 3 | 2 | 1 | -180 | 4 | 2 | 4 |
| 3 | 2 | 1 | -90 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 3 | 2 | 1 | 90 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | -180 | 5 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 1 | -90 | 4 | 2 | 4 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | 90 | 4 | 0 | 1 |
| 4 | 2 | 1 | -180 | 5 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 1 | -90 | 4 | 3 | 1 |
| 4 | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 1 | 90 | 4 | 1 | 1 |
| 4 | 3 | 1 | -180 | 5 | 3 | 2 |
| 4 | 3 | 1 | -90 | 4 | 4 | 1 |
| 4 | 3 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 3 | 1 | 90 | 4 | 2 | 4 |
| 5 | 2 | 1 | -180 | 6 | 2 | 1 |
| 5 | 2 | 1 | -90 | 5 | 3 | 2 |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 4 | 2 | 4 |
| 5 | 2 | 1 | 90 | 5 | 1 | 2 |

Trường hợp r = 2:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | y | r | θ | xc = xi – rcosθ | yc = yi – rsinθ | Số lần gặp |
| 0 | 2 | 2 | -180 | 2 | 2 | 4 |
| 0 | 2 | 2 | -90 | 0 | 4 | 2 |
| 0 | 2 | 2 | 0 | -2 | 2 | 1 |
| 0 | 2 | 2 | 90 | 0 | 0 | 2 |
| 1 | 2 | 2 | -180 | 3 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 2 | -90 | 1 | 4 | 1 |
| 1 | 2 | 2 | 0 | -1 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 2 | 90 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 2 | -180 | 4 | 0 | 2 |
| 2 | 0 | 2 | -90 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 2 | 0 | 2 | 90 | 2 | -2 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | -180 | 4 | 1 | 2 |
| 2 | 1 | 2 | -90 | 2 | 3 | 2 |
| 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 90 | 2 | -1 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | -180 | 4 | 3 | 2 |
| 2 | 3 | 2 | -90 | 2 | 5 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 90 | 2 | 1 | 2 |
| 2 | 4 | 2 | -180 | 4 | 4 | 2 |
| 2 | 4 | 2 | -90 | 2 | 6 | 1 |
| 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | 4 | 2 |
| 2 | 4 | 2 | 90 | 2 | 2 | 4 |
| 3 | 2 | 2 | -180 | 5 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | -90 | 3 | 4 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 90 | 3 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | -180 | 6 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | -90 | 4 | 3 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 90 | 4 | -1 | 1 |
| 4 | 2 | 2 | -180 | 6 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 2 | -90 | 4 | 4 | 2 |
| 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 4 | 2 | 2 | 90 | 4 | 0 | 2 |
| 4 | 3 | 2 | -180 | 6 | 3 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | -90 | 4 | 5 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 2 |
| 4 | 3 | 2 | 90 | 4 | 1 | 2 |
| 5 | 2 | 2 | -180 | 7 | 2 | 1 |
| 5 | 2 | 2 | -90 | 5 | 4 | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 2 |
| 5 | 2 | 2 | 90 | 5 | 0 | 1 |

Trường hợp r = 3:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | y | r | θ | xc = xi – rcosθ | yc = yi – rsinθ | Số lần gặp |
| 0 | 2 | 3 | -180 | 3 | 2 | 1 |
| 0 | 2 | 3 | -90 | 0 | 5 | 1 |
| 0 | 2 | 3 | 0 | -3 | 2 | 1 |
| 0 | 2 | 3 | 90 | 0 | -1 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | -180 | 4 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | -90 | 1 | 5 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 0 | -2 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 90 | 1 | -1 | 1 |
| 2 | 0 | 3 | -180 | 5 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 3 | -90 | 2 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 3 | 0 | -1 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 3 | 90 | 2 | -3 | 1 |
| 2 | 1 | 3 | -180 | 5 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 3 | -90 | 2 | 4 | 1 |
| 2 | 1 | 3 | 0 | -1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 3 | 90 | 2 | -2 | 1 |
| 2 | 3 | 3 | -180 | 5 | 3 | 1 |
| 2 | 3 | 3 | -90 | 2 | 6 | 1 |
| 2 | 3 | 3 | 0 | -1 | 3 | 1 |
| 2 | 3 | 3 | 90 | 2 | 0 | 1 |
| 2 | 4 | 3 | -180 | 5 | 4 | 1 |
| 2 | 4 | 3 | -90 | 2 | 7 | 1 |
| 2 | 4 | 3 | 0 | -1 | 4 | 1 |
| 2 | 4 | 3 | 90 | 2 | 1 | 1 |
| 3 | 2 | 3 | -180 | 6 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 3 | -90 | 3 | 5 | 1 |
| 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 3 | 90 | 3 | -1 | 1 |
| 4 | 1 | 3 | -180 | 7 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 3 | -90 | 4 | 4 | 1 |
| 4 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 3 | 90 | 4 | -2 | 1 |
| 4 | 2 | 3 | -180 | 7 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 3 | -90 | 4 | 5 | 1 |
| 4 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 3 | 90 | 4 | -1 | 1 |
| 4 | 3 | 3 | -180 | 7 | 3 | 1 |
| 4 | 3 | 3 | -90 | 4 | 6 | 1 |
| 4 | 3 | 3 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 4 | 3 | 3 | 90 | 4 | 0 | 1 |
| 5 | 2 | 3 | -180 | 8 | 2 | 1 |
| 5 | 2 | 3 | -90 | 5 | 5 | 1 |
| 5 | 2 | 3 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 5 | 2 | 3 | 90 | 5 | -1 | 1 |

**Kết luận:** Trường hợp đường tròn đi qua nhiều nhất là 4 điểm. Đường tròn có tâm là (2,2) với bán kính r = 1, r = 2; Đường tròn có tâm là (4,2) với bán kính r = 1.

b. Lập trình tìm đường tròn sử dụng hàm hough circle của opencv

#include "opencv2/core/core.hpp"

#include "opencv2/highgui/highgui.hpp"

#include "opencv2/imgproc/imgproc.hpp"

#include "iostream"

#include "opencv2/opencv.hpp"

#include <math.h>

using namespace cv;

using namespace std;

int main(int argc, char\*\* argv)

{

Mat src = (Mat\_<uint8\_t>(5, 6) <<

0, 0, 255, 0, 0, 0,

0, 0, 255, 0, 255, 0,

255, 255, 0, 255, 255, 255,

0, 0, 255, 0, 255, 0,

0, 0, 255, 0, 0, 0 );

//Phan nguong Otsu

Mat dst2;

threshold(src, dst2, 0, 255, THRESH\_OTSU);

cout << "dst2 = " << endl << " " << dst2 << endl << endl;

Mat origin2;

resize(dst2, origin2, Size(), 50, 50, INTER\_NEAREST);

imshow("Origin2", origin2);

//Tim duong tron sau phan nguong va ve duong tron

vector <Vec3f> circles;

HoughCircles(dst2, circles, HOUGH\_GRADIENT, 1.0, 1, 200.0, 2.0, 1, 3);

for (size\_t i = 0; i < circles.size(); i++)

{

printf("circle(%d) = ", i);

cout << "["<< cvRound(circles[i][0])<< "," << cvRound(circles[i][1]) << "," << cvRound(circles[i][2]) << "]" << endl << endl; //Xuat toa do tam , ban kinh

Point center(cvRound(circles[i][0]), cvRound(circles[i][1]));

int radius = cvRound(circles[i][2]);

circle(dst2, center, radius, Scalar(0, 0, 255), 1, LINE\_AA);

}

//Show results

resize(dst2, dst2, Size(), 50, 50, INTER\_NEAREST);

imshow("Houghcircle", dst2);

waitKey(0);

}

Kết quả:

Qr code

Description automatically generated

**Bài 4:** Giả sử sau khi áp dụng Canny ta có hình sau

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 3 |  | 255 | 255 | 255 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  | 255 |  | 255 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  | 255 |  | 255 |  |  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |
| 6 |  | 255 |  | 255 |  |  | 255 |  |  |  | 255 |
| 7 |  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |  |  |  | 255 |
| 8 |  | 255 |  |  |  | 255 | 255 |  |  |  | 255 |
| 9 |  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |  |  |  | 255 |
| 10 |  |  |  |  |  |  | 255 |  |  |  | 255 |
| 11 |  |  |  |  |  |  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  | 255 | 255 | 255 |  |
| 4 |  | 255 |  | 255 |  |
| 5 |  | 255 |  | 255 |  |
| 6 |  | 255 |  | 255 |  |
| 7 |  | 255 | 255 | 255 |  |

Vị trí các điểm Edge trên Template:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Y | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 4 | 5 | 6 | 7 |

🡪 Trọng tâm của ảnh là:

Tìm vecto R bằng cách lấy tọa độ tâm trừ tọa độ từng điểm:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rx | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Ry | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -2 | 1 | 0 | -1 | -2 |

Theo như công thức (thuật toán Hough Transform), ta có:

Với :

Trong đó và là giá trị của trọng tâm mà ta vừa tính được

Với từng giá trị x,y ta xây dựng được bảng như sau:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tọa độ | | Khoảng cách theo trục x,y | | Bán kính | Góc θ | Góc |
| X | Y | Rx | Ry | r | theta | alpha |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 2.236067 | 63.43 | 63.43 |
| 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 90 | 90 |
| 4 | 3 | -1 | 2 | 2.236067 | 116.56 | -63.43 |
| 2 | 4 | 1 | 1 | 1.414214 | 45 | 45 |
| 2 | 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 6 | 1 | -1 | 1.414214 | 45 | -45 |
| 2 | 7 | 1 | -2 | 2.236067 | 63.43 | -63.43 |
| 3 | 7 | 0 | -2 | 2 | 90 | -90 |
| 4 | 4 | -1 | 1 | 1.414214 | 135 | -45 |
| 4 | 5 | -1 | 0 | 1 | 180 | 0 |
| 4 | 6 | -1 | -1 | 1.414214 | 135 | 45 |
| 4 | 7 | -1 | -2 | 2.236067 | 116.56 | 63.43 |

Bảng R

|  |  |
| --- | --- |
| θ | r và |
| 0 | (1,0) |
| 45 | (1.414214, 45); (1.414214, -45) |
| 63.43 | (2.236067, 63.43); (2.236067, -63.43) |
| 90 | (2,90); (2,-90) |
| 116.56 | (2.236067, 63.43); (2.236067, -63.43) |
| 135 | (1.414214, 45); (1.414214, -45) |
| 180 | (1,0) |

Vote cho các điểm trên hình

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tọa độ | | Bán kính | Góc θ | Góc | xC | yC |
| X | Y | r | theta | alpha |  |  |
| 2 | 3 | 2.236067 | 63.43 | 63.43 | 3 | 3 |
| 3 | 3 | 2 | 90 | 90 | 3 | 3 |
| 4 | 3 | 2.236067 | 116.56 | -63.43 | 5 | 4 |
| 2 | 4 | 1.414214 | 45 | 45 | 3 | 5 |
| 2 | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 6 |
| 2 | 6 | 1.414214 | 45 | -45 | 3 | 7 |
| 2 | 7 | 2.236067 | 63.43 | -63.43 | 3 | 8 |
| 3 | 7 | 2 | 90 | -90 | 3 | 7 |
| 4 | 4 | 1.414214 | 135 | -45 | 5 | 5 |
| 4 | 5 | 1 | 180 | 0 | 5 | 6 |
| 4 | 6 | 1.414214 | 135 | 45 | 5 | 6 |
| 4 | 7 | 2.236067 | 116.56 | 63.43 | 5 | 8 |

*Với từng r và theta ta tính được từ trong bảng trên, ta lần lượt tính được tâm của của các điểm trong ma trận. Nếu như xuất hiện 12 điểm có cùng tòa độ tâm thì đó là vị trí của ma trận matching với ma trận template .*