

Xử lý ảnh

Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Biên soạn: Phạm Văn Sư

Bộ môn Xử lý tín hiệu và Truyền thông
Khoa Kỹ thuật Điện tử I
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

ver.17a



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
 - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
 - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh
 - ▶ Tính tương đồng



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
 - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh
 - ▶ Tính tương đồng : phân vùng ảnh dựa trên miền ảnh



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
 - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh
 - ▶ Tính tương đồng : phân vùng ảnh dựa trên miền ảnh
 - ★ Phân ngưỡng, phát triển miền, chia tách và hợp miền



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
 - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh
 - ▶ Tính tương đồng : phân vùng ảnh dựa trên miền ảnh
 - ★ Phân ngưỡng, phát triển miền, chia tách và hợp miền

Phát hiện biên là quá trình sử dụng các phương pháp xử lý nhằm phát hiện/định vị ra các điểm ảnh nằm tại biên vùng ảnh/đối tượng

Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
 - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh
 - ▶ Tính tương đồng : phân vùng ảnh dựa trên miền ảnh
 - ★ Phân ngưỡng, phát triển miền, chia tách và hợp miền

Phát hiện biên là quá trình sử dụng các phương pháp xử lý nhằm phát hiện/định vị ra các điểm ảnh nằm tại biên vùng ảnh/đối tượng

Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số

- Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: một bước tiếp đến quá trình trích chọn đặc điểm ảnh → hiểu ảnh: $\text{Ảnh} \xrightarrow{\text{Phân vùng ảnh}} \text{Thuộc tính ảnh}$
- Thường là bước đầu tiên trong các ứng dụng của thị giác máy tính nhằm tự động hóa tác vụ nào đó

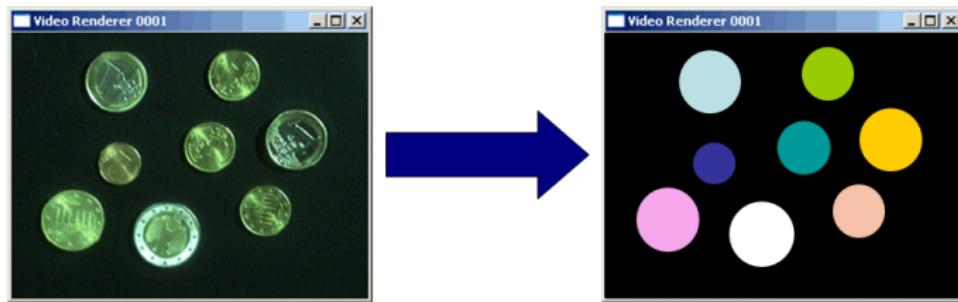
Phân vùng ảnh số là quá trình chia bức ảnh thành các vùng cấu thành (tương đồng nhau) hoặc thành các đối tượng thỏa mãn các điều kiện cho trước

- Phần lớn các thuật toán phân vùng ảnh đều dựa vào một trong hai tính chất cơ bản của các giá trị mức xám:
 - ▶ Tính không liên tục : phân vùng ảnh dựa trên biên ảnh
 - ★ Phát hiện điểm, đường, biên ảnh
 - ▶ Tính tương đồng : phân vùng ảnh dựa trên miền ảnh
 - ★ Phân ngưỡng, phát triển miền, chia tách và hợp miền

Phát hiện biên là quá trình sử dụng các phương pháp xử lý nhằm phát hiện/định vị ra các điểm ảnh nằm tại biên vùng ảnh/đối tượng

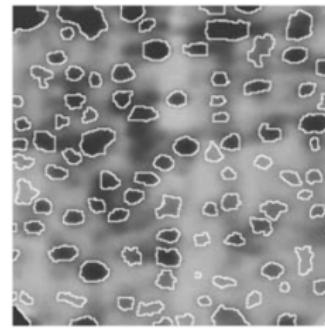
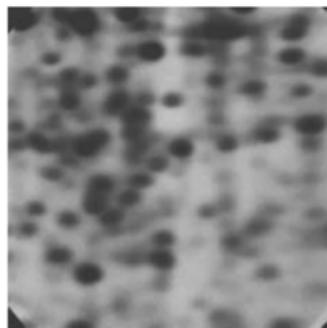
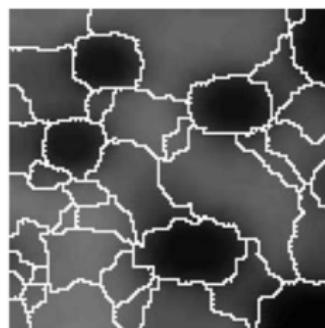
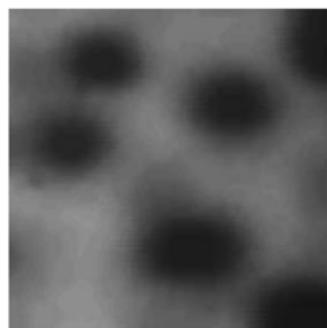
Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: Một số ví dụ (1)



Tổng quan chung

Phát hiện biên, phân vùng ảnh số: Một số ví dụ (2)



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh
 - ▶ Mỗi ứng dụng có một độ đo khác nhau



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh
 - ▶ Mỗi ứng dụng có một độ đo khác nhau
 - ▶ Phổ biến nhất là độ đo về sự thay đổi đột ngột mức xám



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh

- ▶ Mỗi ứng dụng có một độ đo khác nhau

- ▶ Phổ biến nhất là độ đo về sự thay đổi đột ngột mức xám

- ★ Các điểm ảnh biên là các điểm ảnh tại đó giá trị mức xám của hàm ảnh thay đổi một cách đột ngột



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh

- ▶ Mỗi ứng dụng có một độ đo khác nhau

- ▶ Phổ biến nhất là độ đo về sự thay đổi đột ngột mức xám

- ★ Các điểm ảnh biên là các điểm ảnh tại đó giá trị mức xám của hàm ảnh thay đổi một cách đột ngột

- ★ Biên là là một tập các điểm ảnh biên kết nối nhau



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh

- Mỗi ứng dụng có một độ đo khác nhau

- Phổ biến nhất là độ đo về sự thay đổi đột ngột mức xám

- ★ Các điểm ảnh biên là các điểm ảnh tại đó giá trị mức xám của hàm ảnh thay đổi một cách đột ngột

- ★ Biên là một tập các điểm ảnh biên kết nối nhau

- ★ Mô hình biên bước nhảy, mô hình biên dốc, mô hình biên hình mái nhà

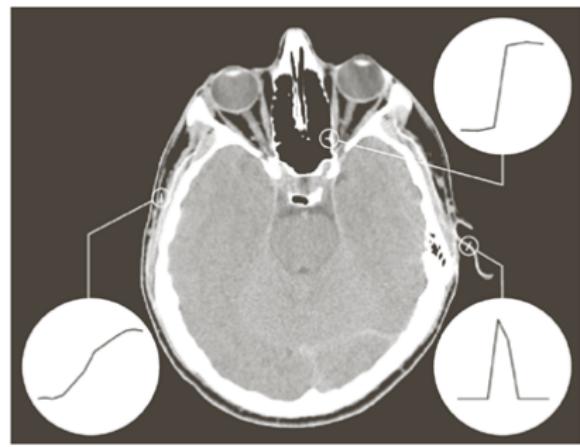
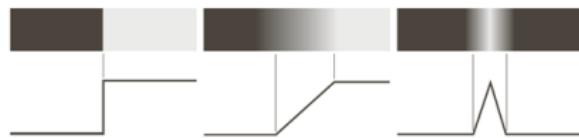


Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về biên

- Chưa có định nghĩa thống nhất về biên ảnh

- Mỗi ứng dụng có một độ đo khác nhau
- Phổ biến nhất là độ đo về sự thay đổi đột ngột mức xám
 - Các điểm ảnh biên là các điểm ảnh tại đó giá trị mức xám của hàm ảnh thay đổi một cách đột ngột
 - Biên là là một tập các điểm ảnh biên kết nối nhau
 - Mô hình biên bước nhảy, mô hình biên dốc, mô hình biên hình mái nhà



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
- ▶ Kết quả là ảnh biên



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
- ▶ Kết quả là ảnh biên

- Phát hiện biên gián tiếp:



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
- ▶ Kết quả là ảnh biên

- Phát hiện biên gián tiếp:

- ▶ Nếu ảnh được phân thành các vùng thì ranh giới giữa các vùng là biên



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
- ▶ Kết quả là ảnh biên

- Phát hiện biên gián tiếp:

- ▶ Nếu ảnh được phân thành các vùng thì ranh giới giữa các vùng là biên
 - ★ ⇒ Phát hiện biên và Phân vùng ảnh là hai bài toán đối ngẫu



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
- ▶ Kết quả là ảnh biên

- Phát hiện biên gián tiếp:

- ▶ Nếu ảnh được phân thành các vùng thì ranh giới giữa các vùng là biên
 - ★ ⇒ Phát hiện biên và Phân vùng ảnh là hai bài toán đối ngẫu
- ▶ Khó cài đặt hơn phương pháp phát hiện biên trực tiếp



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
- ▶ Kết quả là ảnh biên

- Phát hiện biên gián tiếp:

- ▶ Nếu ảnh được phân thành các vùng thì ranh giới giữa các vùng là biên
 - ★ ⇒ Phát hiện biên và Phân vùng ảnh là hai bài toán đối ngẫu
- ▶ Khó cài đặt hơn phương pháp phát hiện biên trực tiếp
- ▶ Hiệu quả trong trường hợp mức xám biến thiên nhỏ



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Khái quát về kỹ thuật phát hiện biên

- Phát hiện biên trực tiếp:

- ▶ Dựa vào sự biến thiên mức xám của ảnh
 - ★ Sử dụng các đạo hàm: Đạo hàm bậc 1 (kỹ thuật Gradient); Đạo hàm bậc 2 (kỹ thuật Laplace)
 - ★ ...
- ▶ Hiệu quả khi sự biến thiên mức xám lớn; kém hiệu quả khi mức xám biến thiên nhỏ; ít chịu ảnh hưởng của nhiễu so với phương pháp phát hiện biên gián tiếp.
- ▶ Kết quả là ảnh biên

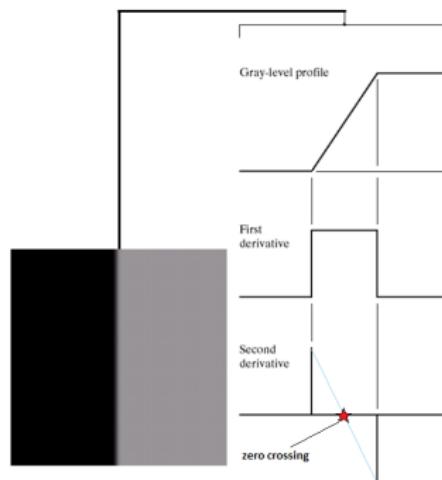
- Phát hiện biên gián tiếp:

- ▶ Nếu ảnh được phân thành các vùng thì ranh giới giữa các vùng là biên
 - ★ ⇒ Phát hiện biên và Phân vùng ảnh là hai bài toán đối ngẫu
- ▶ Khó cài đặt hơn phương pháp phát hiện biên trực tiếp
- ▶ Hiệu quả trong trường hợp mức xám biến thiên nhỏ
- ▶ Kết quả là đường biên



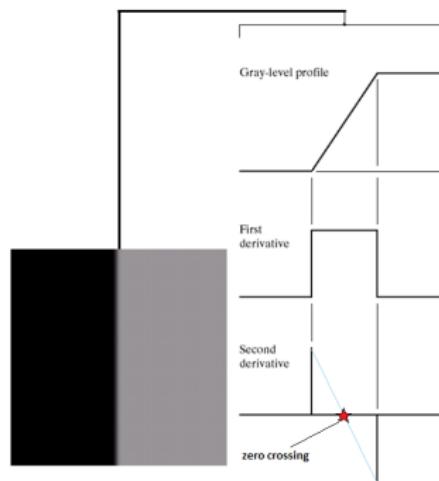
Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên



Các phương pháp phát hiện biên

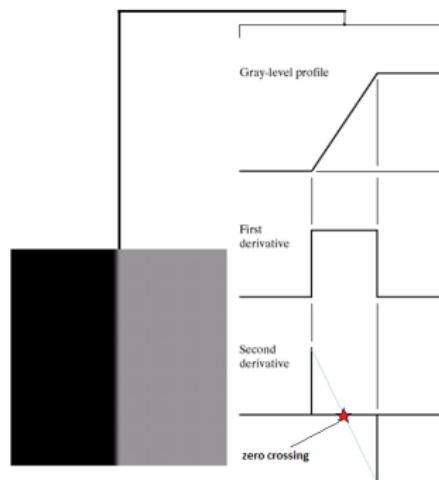
Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên



- Biên độ đạo hàm cấp 1 có thể được sử dụng để để phát hiện sự có mặt của một biên tại một điểm trong ảnh

Các phương pháp phát hiện biên

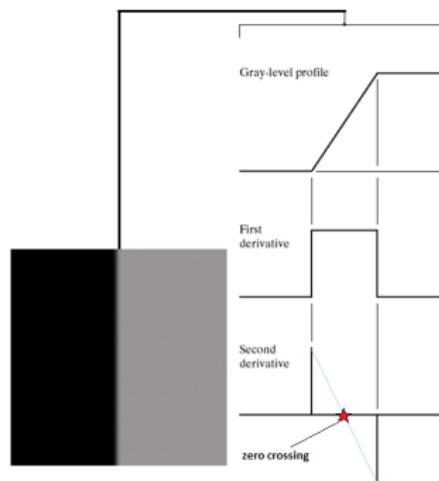
Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên



- Biên độ đạo hàm cấp 1 có thể được sử dụng để để phát hiện sự có mặt của một biên tại một điểm trong ảnh
- Dấu của đạo hàm cấp 2 có thể được sử dụng để xác định xem một điểm nằm trên phía vùng tối/sáng của một biên

Các phương pháp phát hiện biên

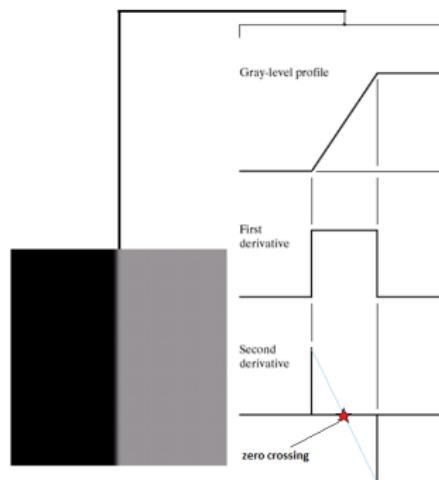
Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên



- Biên độ đạo hàm cấp 1 có thể được sử dụng để để phát hiện sự có mặt của một biên tại một điểm trong ảnh
- Dấu của đạo hàm cấp 2 có thể được sử dụng để xác định xem một điểm nằm trên phía vùng tối/sáng của một biên
 - ▶ Tạo ra 2 giá trị cho mỗi biên ảnh (điều không mong muốn)

Các phương pháp phát hiện biên

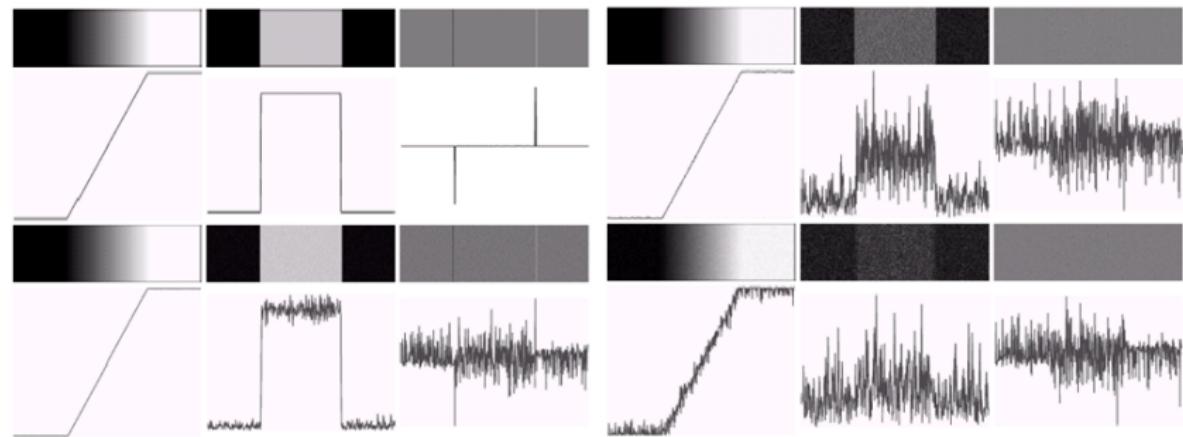
Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên



- Biên độ đạo hàm cấp 1 có thể được sử dụng để để phát hiện sự có mặt của một biên tại một điểm trong ảnh
- Dấu của đạo hàm cấp 2 có thể được sử dụng để xác định xem một điểm nằm trên phía vùng tối/sáng của một biên
 - ▶ Tạo ra 2 giá trị cho mỗi biên ảnh (điều không mong muốn)
 - ▶ Điểm cắt không có thể được sử dụng để xác định tâm của biên dày

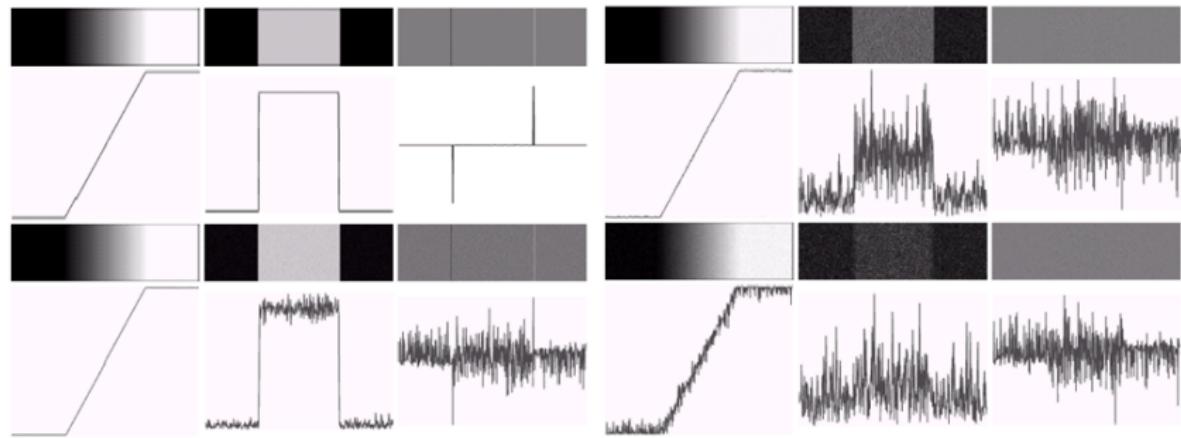
Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên - Nhạy cảm với nhiễu



Các phương pháp phát hiện biên

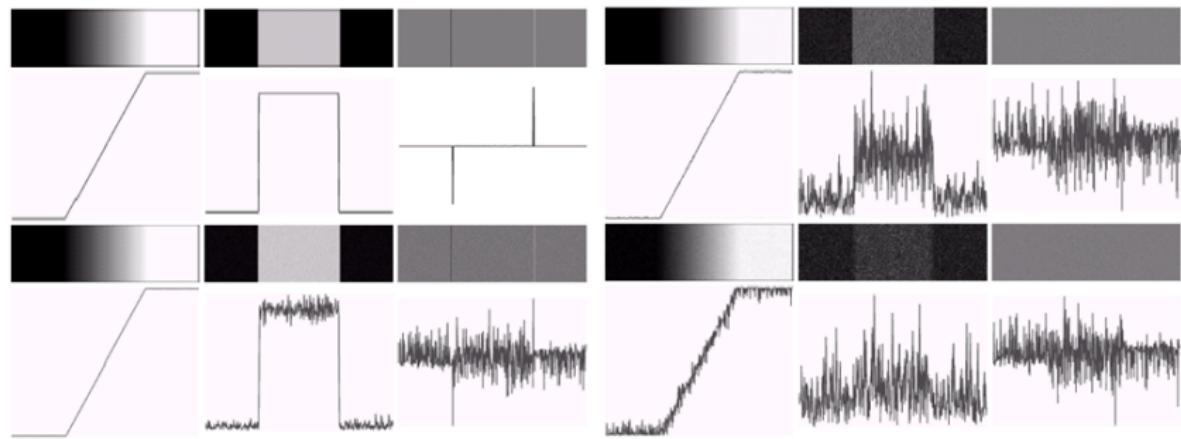
Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên - Nhạy cảm với nhiễu



- Nhiễu ảnh hưởng lớn đến các đạo hàm

Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Đạo hàm và phát hiện biên - Nhạy cảm với nhiễu



- Nhiễu ảnh hưởng lớn đến các đạo hàm
- Đạo hàm bậc hai nhạy cảm với nhiễu hơn đạo hàm bậc một

Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Các bước cơ bản phát hiện biên



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Các bước cơ bản phát hiện biên

- ① Làm trơn ảnh để giảm/loại bỏ nhiễu



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Các bước cơ bản phát hiện biên

- ① Làm trơn ảnh để giảm/loại bỏ nhiễu
- ② Phát hiện các điểm biên



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Các bước cơ bản phát hiện biên

- ① Làm trơn ảnh để giảm/loại bỏ nhiễu
- ② Phát hiện các điểm biên

▶ Sử dụng các phép xử lý cục bộ trích xuất từ ảnh tất cả các điểm có khả năng là các điểm biên ảnh



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Các bước cơ bản phát hiện biên

① Làm trơn ảnh để giảm/loại bỏ nhiễu

② Phát hiện các điểm biên

▶ Sử dụng các phép xử lý cục bộ trích xuất từ ảnh tất cả các điểm có khả năng là các điểm biên ảnh

③ Định vị biên



Các phương pháp phát hiện biên

Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên: Các bước cơ bản phát hiện biên

- ① Làm trơn ảnh để giảm/loại bỏ nhiễu
- ② Phát hiện các điểm biên
 - ▶ Sử dụng các phép xử lý cục bộ trích xuất từ ảnh tất cả các điểm có khả năng là các điểm biên ảnh
- ③ Định vị biên
 - ▶ Lựa chọn từ các điểm có khả năng là điểm biên ảnh những điểm thực sự là thành phần của một tập các điểm tạo thành biên ảnh



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$
 - Cho biết hướng có tốc độ thay đổi mức xám cực đại tại (x, y)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$
 - Cho biết hướng có tốc độ thay đổi mức xám cực đại tại (x, y)
 - Độ lớn: $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ hoặc $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$
 - Cho biết hướng có tốc độ thay đổi mức xám cực đại tại (x, y)
 - Độ lớn: $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ hoặc $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$
 - Giá trị tốc độ thay đổi theo hướng của véc-tơ Gradient

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$
 - Cho biết hướng có tốc độ thay đổi mức xám cực đại tại (x, y)
 - Độ lớn: $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ hoặc $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$
 - Giá trị tốc độ thay đổi theo hướng của véc-tơ Gradient
 - Hướng của véc-tơ Gradient: $\Phi(x, y) = \text{atan}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$
 - Cho biết hướng có tốc độ thay đổi mức xám cực đại tại (x, y)
 - Độ lớn: $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ hoặc $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$
 - Giá trị tốc độ thay đổi theo hướng của véc-tơ Gradient
 - Hướng của véc-tơ Gradient: $\Phi(x, y) = \text{atan}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$
 - Hướng của đường biên trực giao với hướng của véc-tơ Gradient



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

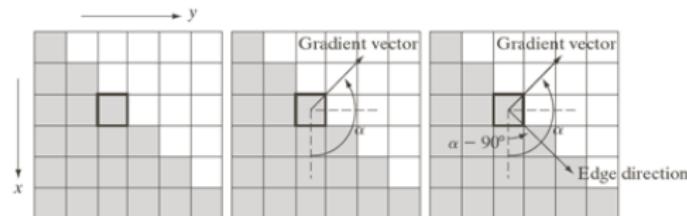
- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$
 - Cho biết hướng có tốc độ thay đổi mức xám cực đại tại (x, y)
 - Độ lớn: $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ hoặc $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$
 - Giá trị tốc độ thay đổi theo hướng của véc-tơ Gradient
 - Hướng của véc-tơ Gradient: $\Phi(x, y) = \text{atan}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$
 - Hướng của đường biên trực giao với hướng của véc-tơ Gradient
 - \Rightarrow véc-tơ Gradient \equiv véc-tơ pháp tuyến của biên



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Gradient và các tính chất

- Gradient của một ảnh $f(x, y)$ tại một điểm (x, y) : $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$
 - Cho biết hướng có tốc độ thay đổi mức xám cực đại tại (x, y)
 - Độ lớn: $M(x, y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ hoặc $M(x, y) \approx |G_x| + |G_y|$
 - Giá trị tốc độ thay đổi theo hướng của véc-tơ Gradient
 - Hướng của véc-tơ Gradient: $\Phi(x, y) = \text{atan}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$
 - Hướng của đường biên trực giao với hướng của véc-tơ Gradient
 - \Rightarrow véc-tơ Gradient \equiv véc-tơ pháp tuyến của biên



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient

- Một xấp xỉ đơn giản:

$$\begin{cases} G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f'_x \approx \frac{f(x+dx,y) - f(x,y)}{dx} \\ G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f'_y \approx \frac{f(x,y+dy) - f(x,y)}{dy} \end{cases}$$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient

- Một xấp xỉ đơn giản:

$$\begin{cases} G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f'_x \approx \frac{f(x+dx,y) - f(x,y)}{dx} \\ G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f'_y \approx \frac{f(x,y+dy) - f(x,y)}{dy} \end{cases}$$

- Với $dx = dy = 1$ (điểm ảnh):

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient

- Một xấp xỉ đơn giản:

$$\begin{cases} G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f'_x \approx \frac{f(x+dx,y) - f(x,y)}{dx} \\ G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f'_y \approx \frac{f(x,y+dy) - f(x,y)}{dy} \end{cases}$$

- Với $dx = dy = 1$ (điểm ảnh):



$$\begin{cases} G_x \approx f(x+1,y) - f(x,y) \\ G_y \approx f(x,y+1) - f(x,y) \end{cases}$$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient

- Một xấp xỉ đơn giản:

$$\begin{cases} G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f'_x \approx \frac{f(x+dx,y) - f(x,y)}{dx} \\ G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f'_y \approx \frac{f(x,y+dy) - f(x,y)}{dy} \end{cases}$$

- Với $dx = dy = 1$ (điểm ảnh):



$$\begin{cases} G_x \approx f(x+1,y) - f(x,y) \\ G_y \approx f(x,y+1) - f(x,y) \end{cases}$$

▶ \Leftrightarrow Mặt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = [-1 \quad 1]$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient

- Một xấp xỉ đơn giản:

$$\begin{cases} G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f'_x \approx \frac{f(x+dx,y) - f(x,y)}{dx} \\ G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f'_y \approx \frac{f(x,y+dy) - f(x,y)}{dy} \end{cases}$$

- Với $dx = dy = 1$ (điểm ảnh):

▶

$$\begin{cases} G_x \approx f(x+1,y) - f(x,y) \\ G_y \approx f(x,y+1) - f(x,y) \end{cases}$$

▶ \Leftrightarrow Mặt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = [-1 \quad 1]$

Xác định ảnh biên $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$ của ảnh

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Lấy vi phân theo hướng đường chéo

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Lấy vi phân theo hướng đường chéo \Rightarrow Toán tử Gradient chéo



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Lấy vi phân theo hướng đường chéo \Rightarrow Toán tử Gradient chéo
 - ▶ Do Roberts đưa ra năm 1965



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Lấy vi phân theo hướng đường chéo \Rightarrow Toán tử Gradient chéo
 - ▶ Do Roberts đưa ra năm 1965
- $G_x = z_9 - z_5$, $G_y = z_8 - z_6$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Lấy vi phân theo hướng đường chéo \Rightarrow Toán tử Gradient chéo
 - ▶ Do Roberts đưa ra năm 1965
- $G_x = z_9 - z_5$, $G_y = z_8 - z_6$
- \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Gradient chéo Roberts

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Lấy vi phân theo hướng đường chéo \Rightarrow Toán tử Gradient chéo
 - Do Roberts đưa ra năm 1965
- $G_x = z_9 - z_5, G_y = z_8 - z_6$
- \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$

Xác định ảnh biên $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$ của ảnh

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Prewitt



$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \end{cases}$$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Prewitt

•

$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \end{cases}$$

• \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Prewitt



$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \end{cases}$$

- \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

▶ Toán tử Prewitt : Do Prewitt đề xuất năm 1970

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Prewitt

-

$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \end{cases}$$

- \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

▶ Toán tử Prewitt : Do Prewitt đề xuất năm 1970

Xác định ảnh biên $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$ của ảnh

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Prewitt - Các biến thể

- Có thể thay đổi để phát hiện các biên theo hướng đường chéo

$$H_x = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \text{ và } H_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel



$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \end{cases}$$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel



$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \end{cases}$$

- \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel



$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \end{cases}$$

- \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

▶ Toán tử Sobel : Do Sobel đề xuất năm 1970

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel



$$\begin{cases} G_x \approx (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \\ G_y \approx (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \end{cases}$$

- \Leftrightarrow Măt nạ nhân chập $H_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ và $H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

▶ Toán tử Sobel : Do Sobel đề xuất năm 1970

Xác định ảnh biên $I' = |I \otimes H_x| + |I \otimes H_y|$ của ảnh

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

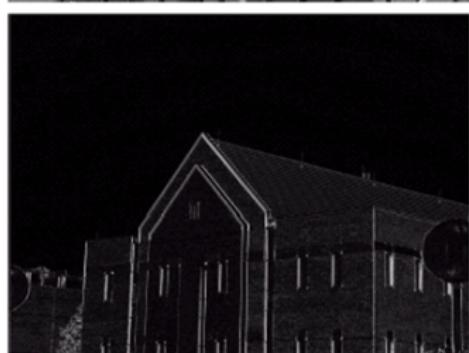
Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel - Minh họa (1)

Original Image



Horizontal Gradient Component



Vertical Gradient Component



Combined Edge Image

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel - Minh họa (2)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel - Minh họa (3)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel - Minh họa (4)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel - Minh họa (5)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Các toán tử Gradient - Toán tử Sobel - Các biến thể

- Có thể thay đổi để phát hiện các biên theo hướng đường chéo

$$H_x = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \text{ và } H_y = \begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật la bàn

- Ảnh được nhân chập với một tập (thường là 8) mặt nạ



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật la bàn

- Ảnh được nhân chập với một tập (thường là 8) mặt nạ
 - ▶ Mỗi mặt nạ được thiết kết (hoặc quay) để nhạy cảm với biên ở những hướng xác định : ví dụ N, NW, W, SW, S, SE, E, và NE



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật la bàn

- Ảnh được nhân chập với một tập (thường là 8) mặt nạ
 - ▶ Mỗi mặt nạ được thiết kết (hoặc quay) để nhạy cảm với biên ở những hướng xác định : ví dụ N, NW, W, SW, S, SE, E, và NE
- Độ lớn Gradient biên được xác định $M(x, y) = \max_k M_k(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật la bàn

- Ảnh được nhân chập với một tập (thường là 8) mặt nạ
 - ▶ Mỗi mặt nạ được thiết kết (hoặc quay) để nhạy cảm với biên ở những hướng xác định : ví dụ N, NW, W, SW, S, SE, E, và NE
- Độ lớn Gradient biên được xác định $M(x, y) = \max_k M_k(x, y)$
- Hướng của biên được xác định bởi mặt nạ tại đó tạo ra biên độ Gradient cực đại



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật Ia bàn

- Ảnh được nhân chập với một tập (thường là 8) mặt nạ
 - ▶ Mỗi mặt nạ được thiết kết (hoặc quay) để nhạy cảm với biên ở những hướng xác định : ví dụ N, NW, W, SW, S, SE, E, và NE
- Độ lớn Gradient biên được xác định $M(x, y) = \max_k M_k(x, y)$
- Hướng của biên được xác định bởi mặt nạ tại đó tạo ra biên độ Gradient cực đại
- Các mặt nạ Kirsch:



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật la bàn

- Ảnh được nhân chập với một tập (thường là 8) mặt nạ
 - ▶ Mỗi mặt nạ được thiết kết (hoặc quay) để nhạy cảm với biên ở những hướng xác định : ví dụ N, NW, W, SW, S, SE, E, và NE
- Độ lớn Gradient biên được xác định $M(x, y) = \max_k M_k(x, y)$
- Hướng của biên được xác định bởi mặt nạ tại đó tạo ra biên độ Gradient cực đại
- Các mặt nạ Kirsch:

$$\begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Kỹ thuật la bàn - Minh họa



(a) Gốc



(b) H1



(c) H2



(d) H3



(e) H4



(f) H1



(g) H2



(h) H3



(i) H4



(j) KQ

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Một số nhận xét

- Các mặt nạ Prewitt đơn giản hơn các mặt nạ Sobel: tuy nhiên một chút sự khác biệt trong tính toán giữa các toán tử này không đạt thành vấn đề



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Một số nhận xét

- Các mặt nạ Prewitt đơn giản hơn các mặt nạ Sobel: tuy nhiên một chút sự khác biệt trong tính toán giữa các toán tử này không đạt thành vấn đề
 - ▶ Toán tử Sobel có đặc tính loại bỏ nhiễu tốt hơn



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Một số nhận xét

- Các mặt nạ Prewitt đơn giản hơn các mặt nạ Sobel: tuy nhiên một chút sự khác biệt trong tính toán giữa các toán tử này không đạt thành vấn đề
 - ▶ Toán tử Sobel có đặc tính loại bỏ nhiễu tốt hơn
- Tổng các hệ số trong bộ lọc bằng 0



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Một số nhận xét

- Các mặt nạ Prewitt đơn giản hơn các mặt nạ Sobel: tuy nhiên một chút sự khác biệt trong tính toán giữa các toán tử này không đạt thành vấn đề
 - ▶ Toán tử Sobel có đặc tính loại bỏ nhiễu tốt hơn
- Tổng các hệ số trong bộ lọc bằng 0
 - ▶ Đảm bảo đáp ứng bằng 0 trong vùng có giá trị mức xám là hằng số



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Một số nhận xét

- Các mặt nạ Prewitt đơn giản hơn các mặt nạ Sobel: tuy nhiên một chút sự khác biệt trong tính toán giữa các toán tử này không đạt thành vấn đề
 - ▶ Toán tử Sobel có đặc tính loại bỏ nhiễu tốt hơn
- Tổng các hệ số trong bộ lọc bằng 0
 - ▶ Đảm bảo đáp ứng bằng 0 trong vùng có giá trị mức xám là hằng số
- Cần sử dụng phép làm tròn (lọc) để loại bỏ nhiễu/các chi tiết nhỏ trước khi thực hiện tách biên bằng phương pháp Gradient



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Một số nhận xét

- Các mặt nạ Prewitt đơn giản hơn các mặt nạ Sobel: tuy nhiên một chút sự khác biệt trong tính toán giữa các toán tử này không đạt thành vấn đề
 - ▶ Toán tử Sobel có đặc tính loại bỏ nhiễu tốt hơn
- Tổng các hệ số trong bộ lọc bằng 0
 - ▶ Đảm bảo đáp ứng bằng 0 trong vùng có giá trị mức xám là hằng số
- Cần sử dụng phép làm tròn (lọc) để loại bỏ nhiễu/các chi tiết nhỏ trước khi thực hiện tách biên bằng phương pháp Gradient
- Hoặc kết hợp với phương pháp phân ngưỡng ảnh Gradient để tăng tính lựa chọn phát hiện các biên chính



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Gradient: Một số nhận xét

- Các mặt nạ Prewitt đơn giản hơn các mặt nạ Sobel: tuy nhiên một chút sự khác biệt trong tính toán giữa các toán tử này không đạt thành vấn đề
 - ▶ Toán tử Sobel có đặc tính loại bỏ nhiễu tốt hơn
- Tổng các hệ số trong bộ lọc bằng 0
 - ▶ Đảm bảo đáp ứng bằng 0 trong vùng có giá trị mức xám là hằng số
- Cần sử dụng phép làm trơn (lọc) để loại bỏ nhiễu/các chi tiết nhỏ trước khi thực hiện tách biên bằng phương pháp Gradient
- Hoặc kết hợp với phương pháp phân ngưỡng ảnh Gradient để tăng tính lựa chọn phát hiện các biên chính



(a) Sobel



(b) Smooth Sobel



(c) Smooth Sobel w
Thresholding

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyên tính



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyến tính
- Theo trục x : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 2f(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyến tính
- Theo trục x : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục y : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 2f(x, y)$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyến tính
- Theo trục x : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục y : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyến tính
- Theo trục x : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục y : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyến tính
- Theo trục x : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục y : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyến tính
- Theo trục x : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục y : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace

- Toán tử Laplace với hàm ảnh $f(x, y)$: $\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$
 - ▶ Đẳng hướng (isotropic operator)
 - ▶ Tuyến tính
- Theo trục x : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- Theo trục y : $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- $\Rightarrow \nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

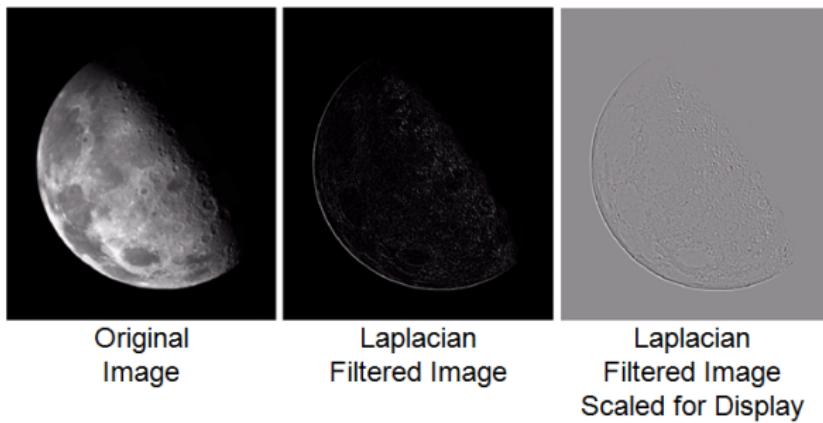
1	1	1
1	-8	1
1	1	1

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Minh họa



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Nhận xét

- Có thể tạo biên kép



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Nhận xét

- Có thể tạo biên kép
 - ▶ ⇒ Sử dụng điểm giao không (zero crossing)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Nhận xét

- Có thể tạo biên kép
 - ▶ ⇒ Sử dụng điểm giao không (zero crossing)
- Toán tử Laplace dựa trên vi phân bậc 2



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Nhận xét

- Có thể tạo biên kép
 - ▶ ⇒ Sử dụng điểm giao không (zero crossing)
- Toán tử Laplace dựa trên vi phân bậc 2 : **Quá nhạy cảm với nhiễu**



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Nhận xét

- Có thể tạo biên kép
 - ▶ ⇒ Sử dụng điểm giao không (zero crossing)
- Toán tử Laplace dựa trên vi phân bậc 2 : **Quá nhạy cảm với nhiễu**
 - ▶ Ít được sử dụng đơn lẻ như là một phương pháp phát hiện biên



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Nhận xét

- Có thể tạo biên kép
 - ▶ ⇒ Sử dụng điểm giao không (zero crossing)
- Toán tử Laplace dựa trên vi phân bậc 2 : **Quá nhạy cảm với nhiễu**
 - ▶ Ít được sử dụng đơn lẻ như là một phương pháp phát hiện biên
- Không cho biết thông tin về véc-tơ Gradient



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Kỹ thuật phát hiện biên Laplace - Nhận xét

- Có thể tạo biên kép
 - ▶ ⇒ Sử dụng điểm giao không (zero crossing)
- Toán tử Laplace dựa trên vi phân bậc 2 : **Quá nhạy cảm với nhiễu**
 - ▶ Ít được sử dụng đơn lẻ như là một phương pháp phát hiện biên
- Không cho biết thông tin về véc-tơ Gradient
 - ▶ Không tìm được hướng của biên



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG

- Sử dụng toán tử Laplace của một hàm Gausse (LoG: Laplace of a Gaussian):
 $\nabla^2 G$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG

- Sử dụng toán tử Laplace của một hàm Gausse (LoG: Laplace of a Gaussian):

$$\nabla^2 G$$

- ∇^2 : toán tử Laplace; G : hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG

- Sử dụng toán tử Laplace của một hàm Gausse (LoG: Laplace of a Gaussian):

$$\nabla^2 G$$

► ∇^2 : toán tử Laplace; G : hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$

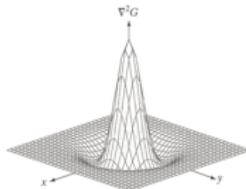
- Dễ có $\nabla^2 G(x, y) = \frac{x^2+y^2-2\sigma^2}{\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$



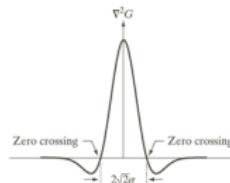
Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG

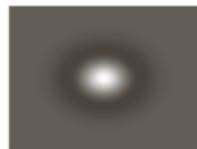
- Sử dụng toán tử Laplace của một hàm Gausse (LoG: Laplace of a Gaussian):
 $\nabla^2 G$
 - ∇^2 : toán tử Laplace; G : hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$
- Dễ có $\nabla^2 G(x, y) = \frac{x^2+y^2-2\sigma^2}{\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$



(a) 3D



(b) Mặt cắt



(c) Dạng ảnh

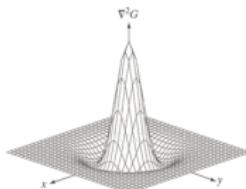
0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

(d) Hệ số

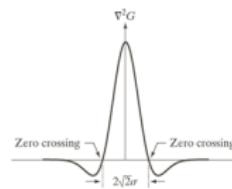
Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG

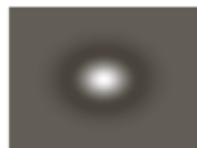
- Sử dụng toán tử Laplace của một hàm Gausse (LoG: Laplace of a Gaussian):
 $\nabla^2 G$
 - ∇^2 : toán tử Laplace; G : hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$
- Dễ có $\nabla^2 G(x, y) = \frac{x^2+y^2-2\sigma^2}{\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$



(a) 3D



(b) Mặt cắt



(c) Dạng ảnh

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

(d) Hệ số

- Do hình dạng → "Mexican hat"

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG - Giải thích ý nghĩa

- Hàm Gausse $G(x, y)$:

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG - Giải thích ý nghĩa

- Hàm Gausse $G(x, y)$:
 - ▶ Tương ứng là bộ lọc Gausse



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG - Giải thích ý nghĩa

- Hàm Gausse $G(x, y)$:

- ▶ Tương ứng là bộ lọc Gausse \Rightarrow Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG - Giải thích ý nghĩa

- Hàm Gausse $G(x, y)$:

- ▶ Tương ứng là bộ lọc Gausse \Rightarrow Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)

- Toán tử Laplace ∇^2 :



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG - Giải thích ý nghĩa

- Hàm Gausse $G(x, y)$:
 - ▶ Tương ứng là bộ lọc Gausse \Rightarrow Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)
- Toán tử Laplace ∇^2 :
 - ▶ Phát hiện sự thay đổi của mức xám



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Toán tử LoG - Giải thích ý nghĩa

- Hàm Gausse $G(x, y)$:

- ▶ Tương ứng là bộ lọc Gausse \Rightarrow Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)

- Toán tử Laplace ∇^2 :

- ▶ Phát hiện sự thay đổi của mức xám
- ▶ Đẳng hướng (isotropic)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$
 - ▶ Do tính tuyến tính $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$
 - ▶ Do tính tuyến tính $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$

Thuật toán phát hiện biên Marr-Hildreth



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$
 - ▶ Do tính tuyến tính $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$

Thuật toán phát hiện biên Marr-Hildreth

- ➊ Thực hiện lọc ảnh vào với một bộ lọc Gausse thông thấp kích thước $n \times n$:
 $\tilde{f}(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$
 - ▶ Do tính tuyến tính $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$

Thuật toán phát hiện biên Marr-Hildreth

- ➊ Thực hiện lọc ảnh vào với một bộ lọc Gausse thông thấp kích thước $n \times n$:
 $\tilde{f}(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$
- ➋ Thực hiện lọc Laplace của ảnh kết quả bước 1: $\tilde{g}(x, y) = \nabla^2 \tilde{f}(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$
 - ▶ Do tính tuyến tính $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$

Thuật toán phát hiện biên Marr-Hildreth

- ➊ Thực hiện lọc ảnh vào với một bộ lọc Gausse thông thấp kích thước $n \times n$:
 $\tilde{f}(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$
- ➋ Thực hiện lọc Laplace của ảnh kết quả bước 1: $\tilde{g}(x, y) = \nabla^2 \tilde{f}(x, y)$
 $= \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$
 - ▶ Do tính tuyến tính $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$

Thuật toán phát hiện biên Marr-Hildreth

- ➊ Thực hiện lọc ảnh vào với một bộ lọc Gausse thông thấp kích thước $n \times n$:
 $\tilde{f}(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$
- ➋ Thực hiện lọc Laplace của ảnh kết quả bước 1: $\tilde{g}(x, y) = \nabla^2 \tilde{f}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$
- ➌ Tìm các điểm cắt không (zero crossing) của $\tilde{g}(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth

- Toán tử LoG tác động trên ảnh $f(x, y)$: $\tilde{g}(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] * f(x, y)$
 - ▶ Do tính tuyến tính $\Rightarrow \tilde{g}(x, y) = \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$

Thuật toán phát hiện biên Marr-Hildreth

- ➊ Thực hiện lọc ảnh vào với một bộ lọc Gausse thông thấp kích thước $n \times n$:
 $\tilde{f}(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$
 - ➋ Thực hiện lọc Laplace của ảnh kết quả bước 1: $\tilde{g}(x, y) = \nabla^2 \tilde{f}(x, y)$
 $= \nabla^2[G(x, y) * f(x, y)]$
 - ➌ Tìm các điểm cắt không (zero crossing) của $\tilde{g}(x, y)$
- Kích thước bộ lọc LoG nên được chọn là một số lẻ $n \geq 6\sigma$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xác định các điểm cắt không

Tìm các điểm cắt không tại bất cứ điểm ảnh p nào của ảnh $\tilde{g}(x, y)$:



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xác định các điểm cắt không

Tìm các điểm cắt không tại bất cứ điểm ảnh p nào của ảnh $\tilde{g}(x, y)$:

- Sử dụng vùng lân cận 3×3 có tâm là p



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xác định các điểm cắt không

Tìm các điểm cắt không tại bất cứ điểm ảnh p nào của ảnh $\tilde{g}(x, y)$:

- Sử dụng vùng lân cận 3×3 có tâm là p

- Một điểm cắt không tại p nếu: ít nhất hai phần tử đối diện qua p có dấu trái nhau



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xác định các điểm cắt không

Tìm các điểm cắt không tại bất cứ điểm ảnh p nào của ảnh $\tilde{g}(x, y)$:

- Sử dụng vùng lân cận 3×3 có tâm là p

- Một điểm cắt không tại p nếu: ít nhất hai phần tử đối diện qua p có dấu trái nhau
 - Kiểm tra 4 trường hợp: cặp L-R, U-D, và hai đường chéo



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xác định các điểm cắt không

Tìm các điểm cắt không tại bất cứ điểm ảnh p nào của ảnh $\tilde{g}(x, y)$:

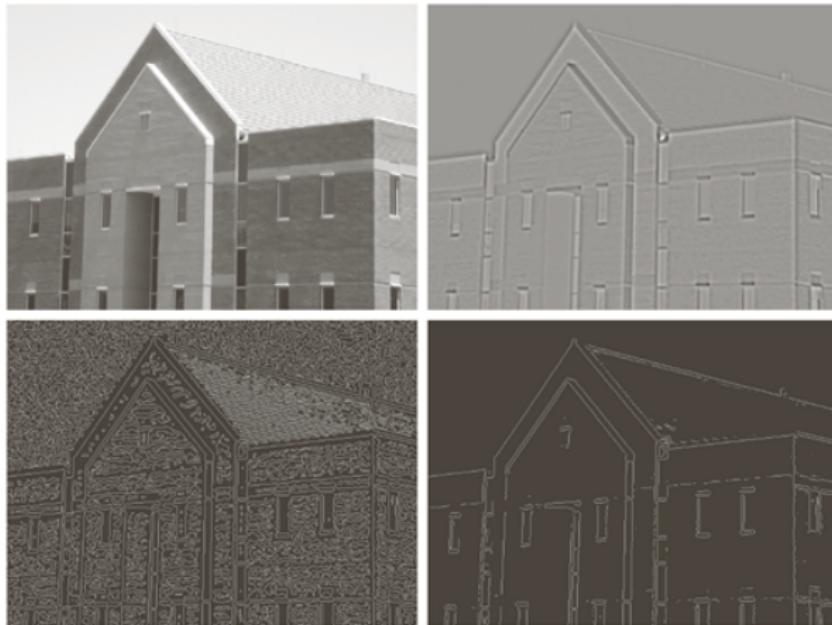
- Sử dụng vùng lân cận 3×3 có tâm là p

- Một điểm cắt không tại p nếu: ít nhất hai phần tử đối diện qua p có dấu trái nhau
 - Kiểm tra 4 trường hợp: cặp L-R, U-D, và hai đường chéo
- Nếu có kề đến phân ngưỡng: ngoài kiểm tra dấu, cần kiểm tra giá trị tuyệt đối các cặp đối diện phải lớn hơn ngưỡng



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Minh họa



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xấp xỉ LoG bằng DoG

- Bộ lọc LoG có thể được xấp xỉ bằng vi sai hàm Gausse (DoG: Difference of Gaussians):

$$DoG(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xấp xỉ LoG bằng DoG

- Bộ lọc LoG có thể được xấp xỉ bằng vi sai hàm Gausse (DoG: Difference of Gaussians):

$$DoG(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$

- ▶ $\sigma_1 > \sigma_2$;

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xấp xỉ LoG bằng DoG

- Bộ lọc LoG có thể được xấp xỉ bằng vi sai hàm Gausse (DoG: Difference of Gaussians):

$$DoG(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$

- ▶ $\sigma_1 > \sigma_2$; $\sigma_1 : \sigma_2 = 1.75 : 1$ phù hợp với đặc tính hệ thống thị giác;



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xấp xỉ LoG bằng DoG

- Bộ lọc LoG có thể được xấp xỉ bằng vi sai hàm Gausse (DoG: Difference of Gaussians):

$$DoG(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$

- ▶ $\sigma_1 > \sigma_2$; $\sigma_1 : \sigma_2 = 1.75 : 1$ phù hợp với đặc tính hệ thống thị giác;
 $\sigma_1 : \sigma_2 = 1.6 : 1$ vẫn bảo toàn các đặc tính nhưng cho xấp xỉ gần đúng nhất.

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xấp xỉ LoG bằng DoG

- Bộ lọc LoG có thể được xấp xỉ bằng vi sai hàm Gausse (DoG: Difference of Gaussians):

$$DoG(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$

- ▶ $\sigma_1 > \sigma_2$; $\sigma_1 : \sigma_2 = 1.75 : 1$ phù hợp với đặc tính hệ thống thị giác;
 $\sigma_1 : \sigma_2 = 1.6 : 1$ vẫn bảo toàn các đặc tính nhưng cho xấp xỉ gần đúng nhất.
- ▶ σ của LoG: $\sigma = \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \ln\left(\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}\right)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Xấp xỉ LoG bằng DoG

- Bộ lọc LoG có thể được xấp xỉ bằng vi sai hàm Gausse (DoG: Difference of Gaussians):

$$DoG(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$

- ▶ $\sigma_1 > \sigma_2$; $\sigma_1 : \sigma_2 = 1.75 : 1$ phù hợp với đặc tính hệ thống thị giác;
 $\sigma_1 : \sigma_2 = 1.6 : 1$ vẫn bảo toàn các đặc tính nhưng cho xấp xỉ gần đúng nhất.
- ▶ σ của LoG: $\sigma = \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \ln\left(\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}\right)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Giảm độ phức tạp tính toán của LoG và DoG

- Cả LoG và DoG có thể được thực hiện với phép nhân chập 1-D thay vì 2-D



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Marr-Hildreth: Giảm độ phức tạp tính toán của LoG và DoG

- Cả LoG và DoG có thể được thực hiện với phép nhân chập 1-D thay vì 2-D
 - ▶ Từ $n^2 MN \downarrow \rightarrow nMN$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
 - ▶ Các điểm phải được định vị tốt



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
 - ▶ Các điểm phải được định vị tốt
 - ▶ Đáp ứng điểm biên duy nhất



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
 - ▶ Các điểm phải được định vị tốt
 - ▶ Đáp ứng điểm biên duy nhất

Thuật toán tách biên Canny

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
 - ▶ Các điểm phải được định vị tốt
 - ▶ Đáp ứng điểm biên duy nhất

Thuật toán tách biên Canny

- ❶ Làm trơn ảnh vào bằng bộ lọc Gausse

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
 - ▶ Các điểm phải được định vị tốt
 - ▶ Đáp ứng điểm biên duy nhất

Thuật toán tách biên Canny

- ❶ Làm trơn ảnh vào bằng bộ lọc Gausse
- ❷ Tính toán ảnh biên độ Gradient và pha Gradient

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
 - ▶ Các điểm phải được định vị tốt
 - ▶ Đáp ứng điểm biên duy nhất

Thuật toán tách biên Canny

- ❶ Làm trơn ảnh vào bằng bộ lọc Gausse
- ❷ Tính toán ảnh biên độ Gradient và pha Gradient
- ❸ Áp dụng phương pháp loại bỏ các điểm không phải cực đại cho ảnh biên độ Gradient

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tổng quan chung

- Phương pháp cổ điển, phức tạp, tuy chất lượng tốt hơn rất nhiều các phương pháp đã tìm hiểu
- Phương pháp Canny dựa trên 3 mục tiêu:
 - ▶ Tỷ lệ điểm biên giả (phát hiện điểm biên sai) thấp
 - ▶ Các điểm phải được định vị tốt
 - ▶ Đáp ứng điểm biên duy nhất

Thuật toán tách biên Canny

- ❶ Làm trơn ảnh vào bằng bộ lọc Gausse
- ❷ Tính toán ảnh biên độ Gradient và pha Gradient
- ❸ Áp dụng phương pháp loại bỏ các điểm không phải cực đại cho ảnh biên độ Gradient
- ❹ Sử dụng phân ngưỡng kép và phân tích kết nối để phát hiện và liên kết biên

"*U LY ANH*"

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm trơn ảnh bằng bộ lọc Gausse

- Ảnh vào $f(x, y)$ được làm trơn với hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$:



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm trơn ảnh bằng bộ lọc Gausse

- Ảnh vào $f(x, y)$ được làm trơn với hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$:
 - ▶ $f_s(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm trơn ảnh bằng bộ lọc Gausse

- Ảnh vào $f(x, y)$ được làm trơn với hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$:
 - ▶ $f_s(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$
 - ▶ Kích thước bộ lọc Gausse $n \times n$ nên có n lẻ và $\geq 6\sigma$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm trơn ảnh bằng bộ lọc Gausse

- Ảnh vào $f(x, y)$ được làm trơn với hàm Gausse $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$:
 - ▶ $f_s(x, y) = G(x, y) * f(x, y)$
 - ▶ Kích thước bộ lọc Gausse $n \times n$ nên có n lẻ và $\geq 6\sigma$

$$I_s = I \otimes H_{Gausse}$$

$$H_{Gaussian} = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tính biên độ và góc Gradient

- $G_x = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial x}, G_y = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial y}$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tính biên độ và góc Gradient

- $G_x = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial x}, G_y = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial y}$
- Biên độ Gradient: $M(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tính biên độ và góc Gradient

- $G_x = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial x}, G_y = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial y}$
- Biên độ Gradient: $M(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$
- Pha Gradient: $\alpha(x,y) = \text{atan}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Tính biên độ và góc Gradient

- $G_x = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial x}$, $G_y = \frac{\partial f_s(x,y)}{\partial y}$
- Biên độ Gradient: $M(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$
- Pha Gradient: $\alpha(x,y) = \text{atan}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$

G_x , G_y có thể được tính bằng cách sử dụng bất kỳ cặp mặt nạ Roberts, Prewitt hay Sobel



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lằn biên (1)

- Sử dụng phương pháp loại bỏ các điểm không phải là cực đại (nonmaxima suppression)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lằn biên (1)

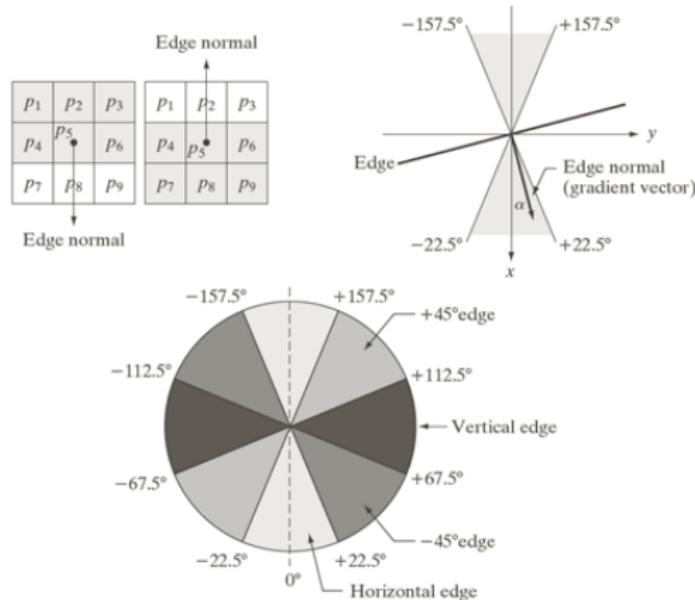
- Sử dụng phương pháp loại bỏ các điểm không phải là cực đại (nonmaxima suppression)
 - ▶ Định rõ một số hướng rời rạc của pháp tuyến biên



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

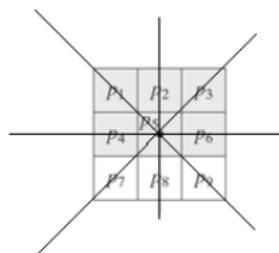
Phương pháp Canny: Làm mảnh lăn biên (1)

- Sử dụng phương pháp loại bỏ các điểm không phải là cực đại (nonmaxima suppression)
 - ▶ Định rõ một số hướng rời rạc của pháp tuyến biên



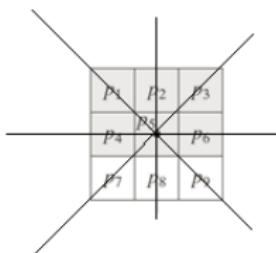
Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lăn biên (2)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

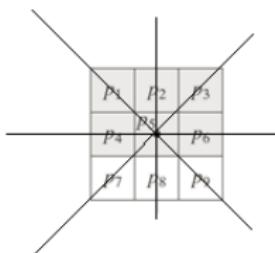
Phương pháp Canny: Làm mảnh lăn biên (2)



Gọi d_1, d_2, d_3 và d_4 là các hướng biên cơ bản của một vùng 3×3 : nằm ngang, -45° , dọc, và 45° . Ý đồ loại bỏ điểm không phải cực đại cho một vùng 3×3 có tâm tại (x, y) trong pha Gradient $\alpha(x, y)$:

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lăn biên (2)

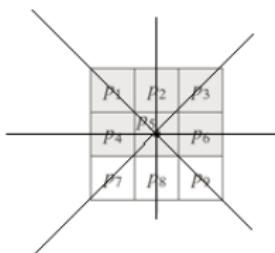


Gọi d_1, d_2, d_3 và d_4 là các hướng biên cơ bản của một vùng 3×3 : nằm ngang, -45° , dọc, và 45° . Ý đồ loại bỏ điểm không phải cực đại cho một vùng 3×3 có tâm tại (x, y) trong pha Gradient $\alpha(x, y)$:

- ➊ Tìm hướng d_k gần với hướng $\alpha(x, y)$ nhất

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lăn biên (2)

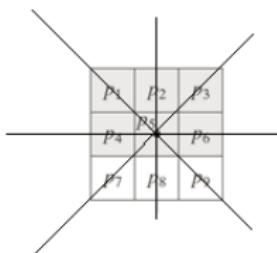


Gọi d_1, d_2, d_3 và d_4 là các hướng biên cơ bản của một vùng 3×3 : nằm ngang, -45° , dọc, và 45° . Ý đồ loại bỏ điểm không phải cực đại cho một vùng 3×3 có tâm tại (x, y) trong pha Gradient $\alpha(x, y)$:

- ➊ Tìm hướng d_k gần với hướng $\alpha(x, y)$ nhất
- ➋ Xác định ảnh loại bỏ điểm không phải cực đại $g_N(x, y)$:

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lăn biên (2)

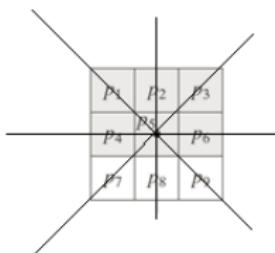


Gọi d_1, d_2, d_3 và d_4 là các hướng biên cơ bản của một vùng 3×3 : nằm ngang, -45° , dọc, và 45° . Ý đồ loại bỏ điểm không phải cực đại cho một vùng 3×3 có tâm tại (x, y) trong pha Gradient $\alpha(x, y)$:

- ➊ Tìm hướng d_k gần với hướng $\alpha(x, y)$ nhất
- ➋ Xác định ảnh loại bỏ điểm không phải cực đại $g_N(x, y)$:
 - ▶ Nếu giá trị của $M(x, y)$ nhỏ hơn ít nhất một trong hai lân cận dọc theo d_k thì $g_N(x, y) = 0$ (loại bỏ, nén - suppression); ngược lại $g_N(x, y) = M(x, y)$

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Làm mảnh lăn biên (2)



Gọi d_1, d_2, d_3 và d_4 là các hướng biên cơ bản của một vùng 3×3 : nằm ngang, -45° , dọc, và 45° . Ý đồ loại bỏ điểm không phải cực đại cho một vùng 3×3 có tâm tại (x, y) trong pha Gradient $\alpha(x, y)$:

- ➊ Tìm hướng d_k gần với hướng $\alpha(x, y)$ nhất
- ➋ Xác định ảnh loại bỏ điểm không phải cực đại $g_N(x, y)$:
 - ▶ Nếu giá trị của $M(x, y)$ nhỏ hơn ít nhất một trong hai lân cận dọc theo d_k thì $g_N(x, y) = 0$ (loại bỏ, nén - suppression); ngược lại $g_N(x, y) = M(x, y)$
- ➌ $g_N(x, y)$ là ảnh chỉ có các biên mảnh; $g_N(x, y) = M(x, y)$ trong đó các điểm biên khôn

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H; g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$; $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$; $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$
- Hình thành các biên dài:

Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$; $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$
- Hình thành các biên dài:
 - ➊ Định vị điểm chưa xét p trong ảnh $g_{NH}(x, y)$



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$; $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$
- Hình thành các biên dài:
 - ➊ Định vị điểm chưa xét p trong ảnh $g_{NH}(x, y)$
 - ➋ Đánh dấu tất cả các điểm biên yếu là các điểm biên hợp lệ trong $g_{NL}(x, y)$ mà có kết nối với p (theo các kết nối đã biết, e.g. kết nối 8)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$; $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$
- Hình thành các biên dài:
 - ❶ Định vị điểm chưa xét p trong ảnh $g_{NH}(x, y)$
 - ❷ Đánh dấu tất cả các điểm biên yếu là các điểm biên hợp lệ trong $g_{NL}(x, y)$ mà có kết nối với p (theo các kết nối đã biết, e.g. kết nối 8)
 - ❸ Nếu tất cả các biến khác 0 trong $g_{NH}(x, y)$ đã được xem xét thì chuyển đến bước ❶; ngược lại thì quay lại bước ❻



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$; $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$
- Hình thành các biên dài:
 - ❶ Định vị điểm chưa xét p trong ảnh $g_{NH}(x, y)$
 - ❷ Đánh dấu tất cả các điểm biên yếu là các điểm biên hợp lệ trong $g_{NL}(x, y)$ mà có kết nối với p (theo các kết nối đã biết, e.g. kết nối 8)
 - ❸ Nếu tất cả các biến khác 0 trong $g_{NH}(x, y)$ đã được xem xét thì chuyển đến bước ❶; ngược lại thì quay lại bước ❷
 - ❹ Thiết lập tất cả các điểm không được đánh dấu là các điểm biên hợp lệ trong $g_{NL}(x, y)$ bằng 0



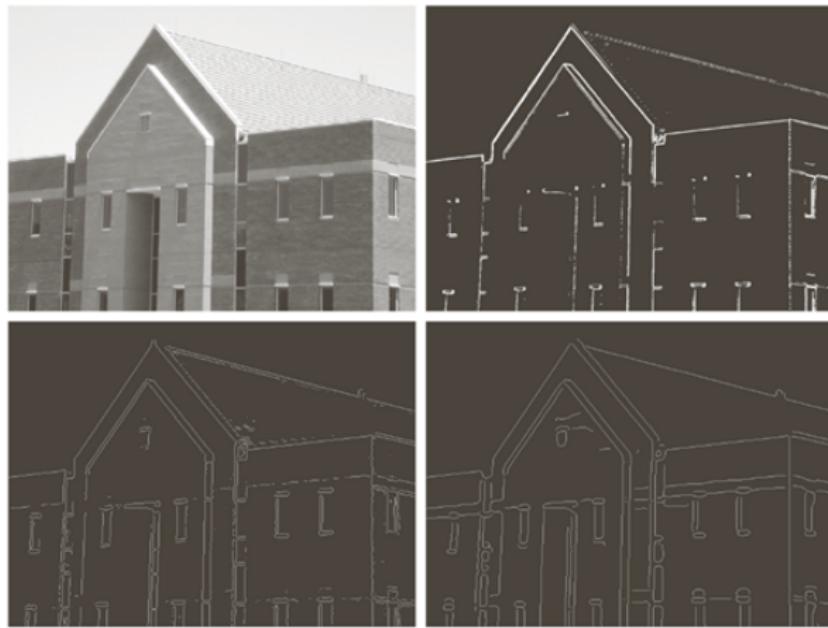
Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Phân ngưỡng tìm biên

- Sử dụng ngưỡng kép: T_L (ngưỡng thấp), T_H (ngưỡng cao)
 - ▶ $T_H : T_L$ nên bằng $2 \div 3 : 1$
- $g_{NH}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_H$; $g_{NL}(x, y) = g_N(x, y) \geq T_L$
- $g_{NL}(x, y) = g_{NL}(x, y) - g_{NH}(x, y)$
- Hình thành các biên dài:
 - ❶ Định vị điểm chưa xét p trong ảnh $g_{NH}(x, y)$
 - ❷ Đánh dấu tất cả các điểm biên yếu là các điểm biên hợp lệ trong $g_{NL}(x, y)$ mà có kết nối với p (theo các kết nối đã biết, e.g. kết nối 8)
 - ❸ Nếu tất cả các biến khác 0 trong $g_{NH}(x, y)$ đã được xem xét thì chuyển đến bước ❶; ngược lại thì quay lại bước ❹
 - ❹ Thiết lập tất cả các điểm không được đánh dấu là các điểm biên hợp lệ trong $g_{NL}(x, y)$ bằng 0
- Thêm vào $g_{NH}(x, y)$ tất cả các điểm khác không trong $g_{NL}(x, y)$

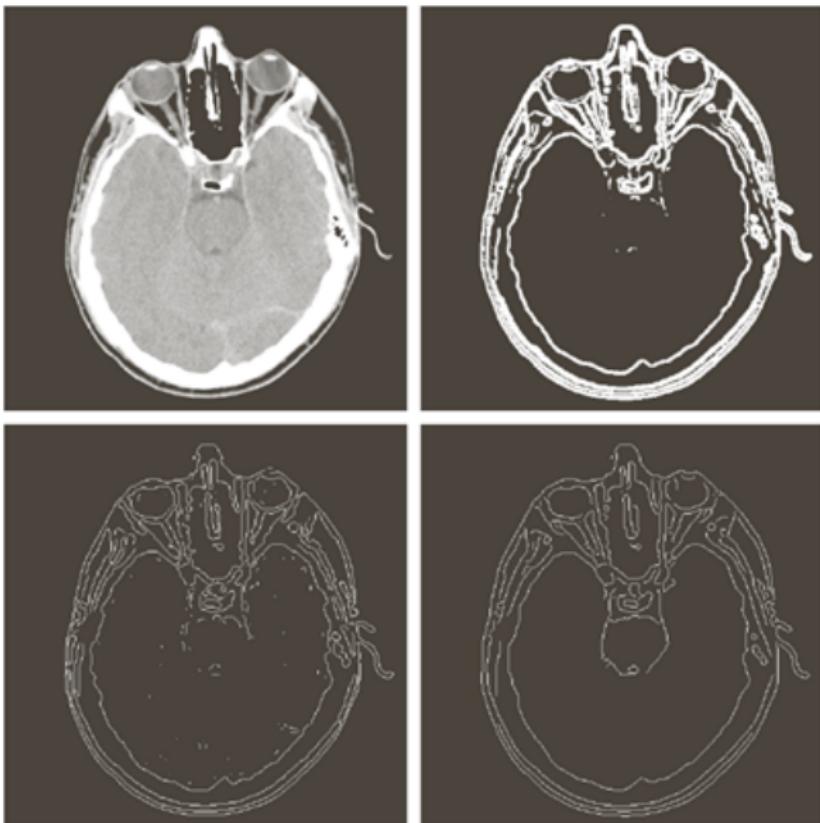
Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Minh họa (1)



Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản

Phương pháp Canny: Minh họa (2)



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- **Phương pháp phát hiện biên cục bộ**
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Phương pháp phát hiện biên cục bộ

Kỹ thuật phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Là phương pháp lọc phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ



Phương pháp phát hiện biên cục bộ

Kỹ thuật phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Là phương pháp lọc phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ
 - ▶ Xác định biên dựa vào trung bình giá trị mức xám các điểm lân cận; không theo sự biến đổi giá trị mức xám



Phương pháp phát hiện biên cục bộ

Kỹ thuật phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Là phương pháp lọc phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ
 - ▶ Xác định biên dựa vào trung bình giá trị mức xám các điểm lân cận; không theo sự biến đổi giá trị mức xám
 - ▶ Sử dụng các cửa sổ lọc, so sánh giá trị mức xám điểm ảnh quan tâm và giá trị trung bình mức xám các điểm lân cận



Phương pháp phát hiện biên cục bộ

Kỹ thuật phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Là phương pháp lọc phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ
 - ▶ Xác định biên dựa vào trung bình giá trị mức xám các điểm lân cận; không theo sự biến đổi giá trị mức xám
 - ▶ Sử dụng các cửa sổ lọc, so sánh giá trị mức xám điểm ảnh quan tâm và giá trị trung bình mức xám các điểm lân cận

Tại điểm ảnh (x, y) với cửa sổ lọc $w (m \times n)$



Phương pháp phát hiện biên cục bộ

Kỹ thuật phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ

- Là phương pháp lọc phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ
 - ▶ Xác định biên dựa vào trung bình giá trị mức xám các điểm lân cận; không theo sự biến đổi giá trị mức xám
 - ▶ Sử dụng các cửa sổ lọc, so sánh giá trị mức xám điểm ảnh quan tâm và giá trị trung bình mức xám các điểm lân cận

Tại điểm ảnh (x, y) với cửa sổ lọc \mathbf{w} ($m \times n$)

- Nếu $f(x, y) > \frac{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)f(x+i, y+j)}{\sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j)} + \delta$ thì $f(x, y)$ là một điểm biên (trắng); ngược lại $f(x, y)$ là một điểm nền (đen)



Phương pháp phát hiện biên cục bộ

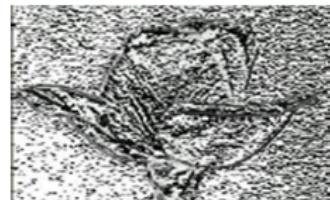
Kỹ thuật phát hiện biên dựa vào trung bình cục bộ: Minh họa



(a) Gốc



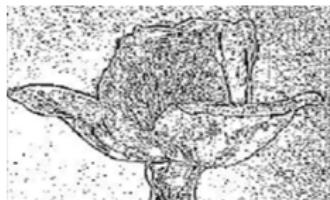
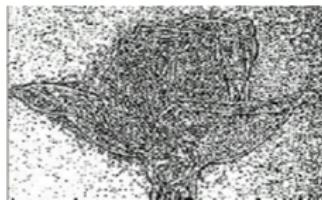
(b) Sobel Hy



(c) Sobel Hx



(d) La bàn Kirsch



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Tổng quan chung về quy hoạch động

- Ảnh số khi xem xét các thông tin đặc trưng (giá trị mức xám, hướng gradient, ...) có thể coi là một đồ thị có trọng số (weighted graph) có hướng (directed graph), không có hướng (bidirection graph)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

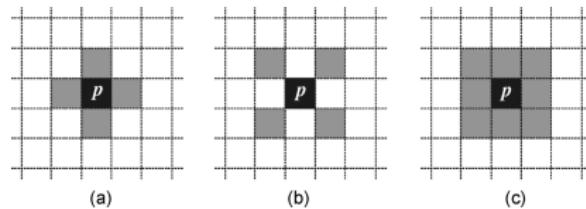
Tổng quan chung về quy hoạch động

- Ảnh số khi xem xét các thông tin đặc trưng (giá trị mức xám, hướng gradient, ...) có thể coi là một đồ thị có trọng số (weighted graph) có hướng (directed graph), không có hướng (bidirection graph)
 - ▶ Có thể áp dụng các kỹ thuật đặc biệt của Lý thuyết đồ thị, Toán rời rạc, ... để khảo sát bài toán



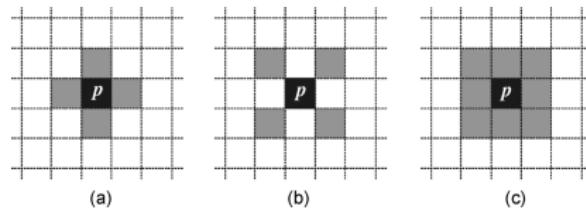
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ láng giềng



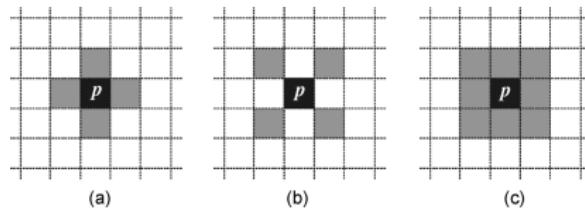
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ láng giềng



Phát hiện biên theo quy hoạch động

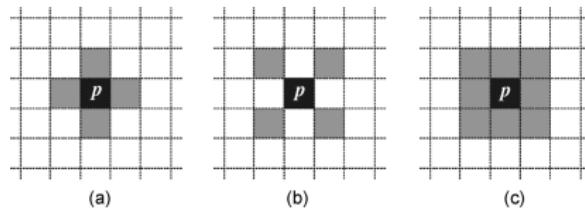
Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ lảng giềng



- $N_4(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) lảng giềng của p

Phát hiện biên theo quy hoạch động

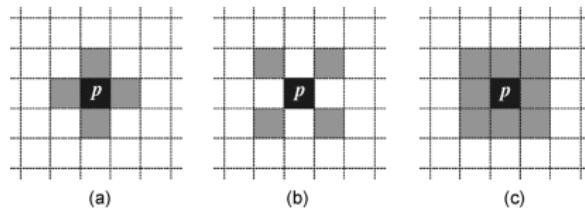
Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ lảng giềng



- $N_4(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) lảng giềng của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_4(p) = \{(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

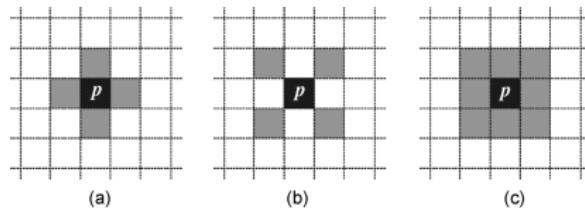
Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ láng giềng



- $N_4(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_4(p) = \{(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$
- $N_D(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng theo đường chéo của p

Phát hiện biên theo quy hoạch động

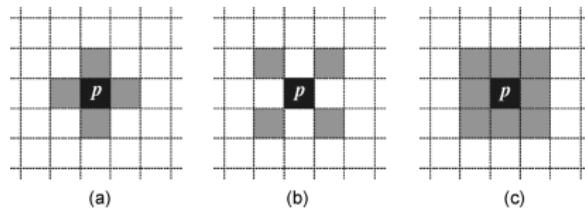
Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ láng giềng



- $N_4(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_4(p) = \{(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$
- $N_D(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng theo đường chéo của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_D(p) = \{(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y - 1), (x - 1, y + 1)\}$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

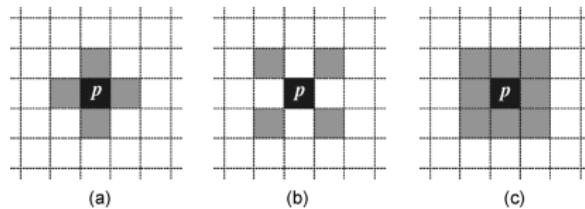
Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ láng giềng



- $N_4(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_4(p) = \{(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$
- $N_D(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng theo đường chéo của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_D(p) = \{(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y - 1), (x - 1, y + 1)\}$
- $N_8(p)$: tập gồm 8 (điểm ảnh) láng giềng của p

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Quan hệ láng giềng



- $N_4(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_4(p) = \{(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$
- $N_D(p)$: tập gồm 4 (điểm ảnh) láng giềng theo đường chéo của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_D(p) = \{(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y - 1), (x - 1, y + 1)\}$
- $N_8(p)$: tập gồm 8 (điểm ảnh) láng giềng của p
 - ▶ $p(x, y)$: $N_8(p) = N_4(p)$ và $N_D(p)$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kè

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kê

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kê

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kè

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$
- Liên kề 4 (4-adjacency): $p, q (\in V)$ là liền kề 4 nếu $q \in N_4(p)$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kè

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$
- Liên kè 4 (4-adjacency): $p, q (\in V)$ là liền kề 4 nếu $q \in N_4(p)$
- Liên kè 8 (8-adjacency): $p, q (\in V)$ là liền kề 8 nếu $q \in N_8(p)$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kè

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$

- Liên kè 4 (4-adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề 4 nếu $q \in N_4(p)$
- Liên kè 8 (8-adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề 8 nếu $q \in N_8(p)$
- Liên kè m (mixed adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề m nếu:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kè

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$

- Liên kè 4 (4-adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề 4 nếu $q \in N_4(p)$
- Liên kè 8 (8-adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề 8 nếu $q \in N_8(p)$
- Liên kè m (mixed adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề m nếu:
 - ▶ $q \in N_4(p)$ HOẶC



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kè

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$

- Liên kè 4 (4-adjacency): $p, q (\in V)$ là liền kề 4 nếu $q \in N_4(p)$
- Liên kè 8 (8-adjacency): $p, q (\in V)$ là liền kề 8 nếu $q \in N_8(p)$
- Liên kè m (mixed adjacency): $p, q (\in V)$ là liền kề m nếu:
 - ▶ $q \in N_4(p)$ HOẶC
 - ▶ $q \in N_D(p)$ và $N_4(p) \cap N_4(q) \notin V$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Liên kè

$V \equiv$ tập các giá trị cường độ sáng (mức xám) dùng để định nghĩa liền kề

- Ảnh nhị phân: $V = \{1\}$; Ảnh đa mức xám: $V = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$

- Liên kè 4 (4-adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề 4 nếu $q \in N_4(p)$
- Liên kè 8 (8-adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề 8 nếu $q \in N_8(p)$
- Liên kè m (mixed adjacency): $p, q(\in V)$ là liền kề m nếu:
 - ▶ $q \in N_4(p)$ HOẶC
 - ▶ $q \in N_D(p)$ và $N_4(p) \cap N_4(q) \notin V$

- Liên kè m là một phiên bản sửa đổi của Liên kè 8: cho phép loại bỏ những không rõ ràng thường xảy ra trong Liên kè 8



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường
 - ▶ Nếu $(x_0, y_0) \equiv (x_n, y_n)$: đường đóng (Chu tuyến)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường
 - ▶ Nếu $(x_0, y_0) \equiv (x_n, y_n)$: đường đóng (Chu tuyến)
- S là một tập con các điểm trong một ảnh:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường
 - ▶ Nếu $(x_0, y_0) \equiv (x_n, y_n)$: đường đóng (Chu tuyến)
- S là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ $p, q (\in S)$ được kết nối trong S nếu tồn tại một đường giữa chúng chứa tất cả các điểm trong S

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường
 - ▶ Nếu $(x_0, y_0) \equiv (x_n, y_n)$: đường đóng (Chu tuyến)
- S là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ $p, q (\in S)$ được kết nối trong S nếu tồn tại một đường giữa chúng chứa tất cả các điểm trong S
 - ★ p và q được gọi là có quan hệ liên thông (liên thông 4 hoặc liên thông 8)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường
 - ▶ Nếu $(x_0, y_0) \equiv (x_n, y_n)$: đường đóng (Chu tuyến)
- S là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ $p, q (\in S)$ được kết nối trong S nếu tồn tại một đường giữa chúng chứa tất cả các điểm trong S
 - ★ p và q được gọi là có quan hệ liên thông (liên thông 4 hoặc liên thông 8)
 - ▶ Với bất cứ điểm $p \in S$, tập các điểm được kết nối tới p trong S được gọi là thành phần kết nối của S



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Kết nối

- Một đường (digital path) từ điểm $p(x_0, y_0) \rightarrow q(x_n, y_n)$ là một dãy những điểm phân biệt: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$
 - ▶ (x_i, y_i) và (x_{i-1}, y_{i-1}) là các điểm liền kề với ($1 \leq i \leq n$)
 - ★ Tương ứng là đường 4, hoặc 8, hoặc m nếu là liền kề 4, hoặc 8, hoặc m
 - ▶ n : độ dài của đường
 - ▶ Nếu $(x_0, y_0) \equiv (x_n, y_n)$: đường đóng (Chu tuyến)
- S là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ $p, q (\in S)$ được kết nối trong S nếu tồn tại một đường giữa chúng chứa tất cả các điểm trong S
 - ★ p và q được gọi là có quan hệ liên thông (liên thông 4 hoặc liên thông 8)
 - ▶ Với bất cứ điểm $p \in S$, tập các điểm được kết nối tới p trong S được gọi là thành phần kết nối của S
 - ★ Nếu S chỉ có duy nhất một thành phần kết nối $\Rightarrow S$ là tập kết nối



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Vùng

- R là một tập con các điểm trong một ảnh:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Vùng

- R là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ R là một vùng của ảnh nếu R là một tập kết nối



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Vùng

- R là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ R là một vùng của ảnh nếu R là một tập kết nối
- Hai vùng R_i và R_j :



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Vùng

- R là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ R là một vùng của ảnh nếu R là một tập kết nối
- Hai vùng R_i và R_j :
 - ▶ là liền kề nếu $R_i \cup R_j$ tạo thành một tập kết nối



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Vùng

- R là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ R là một vùng của ảnh nếu R là một tập kết nối
- Hai vùng R_i và R_j :
 - ▶ là liền kề nếu $R_i \cup R_j$ tạo thành một tập kết nối
 - ★ Liền kề gắn với loại liền kề cụ thể (liền kề 4, liền kề 8)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Vùng

- R là một tập con các điểm trong một ảnh:
 - ▶ R là một vùng của ảnh nếu R là một tập kết nối
- Hai vùng R_i và R_j :
 - ▶ là liền kề nếu $R_i \cup R_j$ tạo thành một tập kết nối
 - ★ Liền kề gắn với loại liền kề cụ thể (liền kề 4, liền kề 8)
 - ▶ không liền kề \equiv không giao nhau



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u
 - ★ Các điểm ảnh trong R_u : foreground (vùng đối tượng ảnh); Các điểm ảnh trong R_u^c : background (nền)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u
 - ★ Các điểm ảnh trong R_u : foreground (vùng đối tượng ảnh); Các điểm ảnh trong R_u^c : background (nền)
- Ranh giới (đường biên, đường viền, đường bao quanh) của một vùng R là tập điểm liền kề với các điểm trong phần bù của R



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u
 - ★ Các điểm ảnh trong R_u : foreground (vùng đối tượng ảnh); Các điểm ảnh trong R_u^c : background (nền)
- Ranh giới (đường biên, đường viền, đường bao quanh) của một vùng R là tập điểm liền kề với các điểm trong phần bù của R
 - ▶ Một điểm thuộc biên phải có ít nhất một láng giềng thuộc background



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u
 - ★ Các điểm ảnh trong R_u : foreground (vùng đối tượng ảnh); Các điểm ảnh trong R_u^c : background (nền)
- Ranh giới (đường biên, đường viền, đường bao quanh) của một vùng R là tập điểm liền kề với các điểm trong phần bù của R
 - ▶ Một điểm thuộc biên phải có ít nhất một láng giềng thuộc background
 - ▶ Cần chỉ rõ loại liền kề



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u
 - ★ Các điểm ảnh trong R_u : foreground (vùng đối tượng ảnh); Các điểm ảnh trong R_u^c : background (nền)
- Ranh giới (đường biên, đường viền, đường bao quanh) của một vùng R là tập điểm liền kề với các điểm trong phần bù của R
 - ▶ Một điểm thuộc biên phải có ít nhất một láng giềng thuộc background
 - ▶ Cần chỉ rõ loại liền kề
 - ▶ Biên của đối tượng ảnh R (foreground) còn được gọi là biên trong (inner border)



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u
 - ★ Các điểm ảnh trong R_u : foreground (vùng đối tượng ảnh); Các điểm ảnh trong R_u^c : background (nền)
- Ranh giới (đường biên, đường viền, đường bao quanh) của một vùng R là tập điểm liền kề với các điểm trong phần bù của R
 - ▶ Một điểm thuộc biên phải có ít nhất một láng giềng thuộc background
 - ▶ Cần chỉ rõ loại liền kề
 - ▶ Biên của đối tượng ảnh R (foreground) còn được gọi là biên trong (inner border)
 - ★ Biên ngoài (outer border): biên thuộc background



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Biên

- Một ảnh gồm K vùng không giao nhau: R_k ($k = 1, 2, \dots, K$)
 - ▶ $R_u = \bigcup_{k=1}^K R_k$; R_u^c : phần bù của R_u
 - ★ Các điểm ảnh trong R_u : foreground (vùng đối tượng ảnh); Các điểm ảnh trong R_u^c : background (nền)
- Ranh giới (đường biên, đường viền, đường bao quanh) của một vùng R là tập điểm liền kề với các điểm trong phần bù của R
 - ▶ Một điểm thuộc biên phải có ít nhất một láng giềng thuộc background
 - ▶ Cần chỉ rõ loại liền kề
 - ▶ Biên của đối tượng ảnh R (foreground) còn được gọi là biên trong (inner border)
 - ★ Biên ngoài (outer border): biên thuộc background
 - ▶ Nếu R là toàn bộ ảnh \Rightarrow Biên là tập các điểm ảnh ở hàng và cột đầu tiên và cuối cùng.



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến

Chu tuyến

Chu tuyến của một đối tượng ảnh là một dãy các điểm p_1, p_2, \dots, p_n , ký hiệu $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến

Chu tuyến

Chu tuyến của một đối tượng ảnh là một dãy các điểm p_1, p_2, \dots, p_n , ký hiệu $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$:

- p_1 và p_n , p_i và p_{i+1} ($i = \overline{1, n - 1}$) là láng giềng 8 (hay 8-láng giềng) của nhau



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến

Chu tuyến

Chu tuyến của một đôi tượng ảnh là một dãy các điểm p_1, p_2, \dots, p_n , ký hiệu $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$:

- p_1 và p_n , p_i và p_{i+1} ($i = \overline{1, n-1}$) là láng giềng 8 (hay 8-láng giềng) của nhau
- $\forall i, \exists q \notin$ đôi tượng ảnh và q là một láng giềng 4 của p_i



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyền

Chu tuyền

Chu tuyền của một đối tượng ảnh là một dãy các điểm p_1, p_2, \dots, p_n , ký hiệu $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$:

- p_1 và p_n , p_i và p_{i+1} ($i = \overline{1, n-1}$) là láng giềng 8 (hay 8-láng giềng) của nhau
- $\forall i, \exists q \notin$ đối tượng ảnh và q là một láng giềng 4 của p_i

Chu tuyền đối ngẫu

Hai chu tuyền $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$ và $C^\perp = < q_1 q_2 \dots, q_m >$ là đối ngẫu nhau nếu và chỉ nếu $\forall i \exists j$ sao cho:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyền

Chu tuyền

Chu tuyền của một đối tượng ảnh là một dãy các điểm p_1, p_2, \dots, p_n , ký hiệu $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$:

- p_1 và p_n , p_i và p_{i+1} ($i = \overline{1, n-1}$) là láng giềng 8 (hay 8-láng giềng) của nhau
- $\forall i, \exists q \notin$ đối tượng ảnh và q là một láng giềng 4 của p_i

Chu tuyền đối ngẫu

Hai chu tuyền $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$ và $C^\perp = < q_1 q_2 \dots, q_m >$ là đối ngẫu nhau nếu và chỉ nếu $\forall i \exists j$ sao cho:

- p_i và q_j là láng giềng 4 (hay 4-láng giềng) của nhau



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyền

Chu tuyền

Chu tuyền của một đối tượng ảnh là một dãy các điểm p_1, p_2, \dots, p_n , ký hiệu $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$:

- p_1 và p_n , p_i và p_{i+1} ($i = \overline{1, n-1}$) là láng giềng 8 (hay 8-láng giềng) của nhau
- $\forall i, \exists q \notin$ đối tượng ảnh và q là một láng giềng 4 của p_i

Chu tuyền đối ngẫu

Hai chu tuyền $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$ và $C^\perp = < q_1 q_2 \dots, q_m >$ là đối ngẫu nhau nếu và chỉ nếu $\forall i \exists j$ sao cho:

- p_i và q_j là láng giềng 4 (hay 4-láng giềng) của nhau
- $p_i \in$ vùng đối tượng ảnh thì $q_j \in$ nền hoặc ngược lại



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến

Chu tuyến

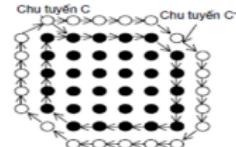
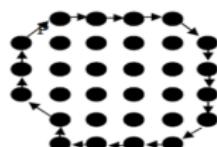
Chu tuyến của một đôi tượng ảnh là một dãy các điểm p_1, p_2, \dots, p_n , ký hiệu $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$:

- p_1 và p_n , p_i và p_{i+1} ($i = \overline{1, n-1}$) là láng giềng 8 (hay 8-láng giềng) của nhau
- $\forall i, \exists q \notin$ đôi tượng ảnh và q là một láng giềng 4 của p_i

Chu tuyến đối ngẫu

Hai chu tuyến $C = < p_1 p_2 \dots, p_n >$ và $C^\perp = < q_1 q_2 \dots, q_m >$ là đối ngẫu nhau nếu và chỉ nếu $\forall i \exists j$ sao cho:

- p_i và q_j là láng giềng 4 (hay 4-láng giềng) của nhau
- $p_i \in$ vùng đối tượng ảnh thì $q_j \in$ nền hoặc ngược lại



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến trong, chu tuyến ngoài

Chu tuyến ngoài

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến ngoài nếu và chỉ nếu:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến trong, chu tuyến ngoài

Chu tuyến ngoài

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến ngoài nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến trong, chu tuyến ngoài

Chu tuyến ngoài

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến ngoài nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền
- $\text{length}(C) < \text{length}(C^\perp)$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến trong, chu tuyến ngoài

Chu tuyến ngoài

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến ngoài nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền
- $\text{length}(C) < \text{length}(C^\perp)$

Chu tuyến trong

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến trong nếu và chỉ nếu:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến trong, chu tuyến ngoài

Chu tuyến ngoài

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến ngoài nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền
- $\text{length}(C) < \text{length}(C^\perp)$

Chu tuyến trong

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến trong nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến trong, chu tuyến ngoài

Chu tuyến ngoài

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến ngoài nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền
- $\text{length}(C) < \text{length}(C^\perp)$

Chu tuyến trong

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến trong nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền
- $\text{length}(C) > \text{length}(C^\perp)$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Chu tuyến trong, chu tuyến ngoài

Chu tuyến ngoài

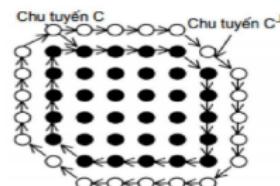
Chu tuyến C được gọi là chu tuyến ngoài nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền
- $\text{length}(C) < \text{length}(C^\perp)$

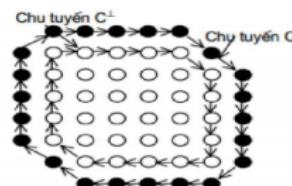
Chu tuyến trong

Chu tuyến C được gọi là chu tuyến trong nếu và chỉ nếu:

- Chu tuyến đối ngẫu của C là chu tuyến của các điểm thuộc nền
- $\text{length}(C) > \text{length}(C^\perp)$



(a) Chu tuyến ngoài



(b) Chu tuyến trong

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến

Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến trong

Cho $C = \langle p_1, p_2, \dots, p_n \rangle$ là một chu tuyến của một đối tượng ảnh, p là một điểm ảnh:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến

Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến trong

Cho $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$ là một chu tuyến của một đối tượng ảnh, p là một điểm ảnh:

- Nếu đường thẳng xuất phát từ p cắt chu tuyến C tại số lẻ lần thì p được gọi là điểm (nằm) trong chu tuyến, kí hiệu $in(p, C)$ hay $p \subset C$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến

Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến trong

Cho $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$ là một chu tuyến của một đối tượng ảnh, p là một điểm ảnh:

- Nếu đường thẳng xuất phát từ p cắt chu tuyến C tại số lẻ lần thì p được gọi là điểm (nằm) trong chu tuyến, kí hiệu $in(p, C)$ hay $p \subset C$
- Nếu $p \notin C$ và $p \not\subset C$ thì p được gọi là điểm (nằm) ngoài chu tuyến, kí hiệu $out(p, C)$ hay $p \not\subset C$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến

Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến trong

Cho $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$ là một chu tuyến của một đối tượng ảnh, p là một điểm ảnh:

- Nếu đường thẳng xuất phát từ p cắt chu tuyến C tại số lẻ lần thì p được gọi là điểm (nằm) trong chu tuyến, kí hiệu $in(p, C)$ hay $p \subset C$
- Nếu $p \notin C$ và $p \not\in C$ thì p được gọi là điểm (nằm) ngoài chu tuyến, kí hiệu $out(p, C)$ hay $p \not\subset C$
- $R \subseteq I$ là một đối tượng ảnh và có chu tuyến $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$, $C^\perp = \langle q_1 q_2 \dots, q_m \rangle$ là một chu tuyến đối ngẫu tương ứng.



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến

Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến trong

Cho $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$ là một chu tuyến của một đối tượng ảnh, p là một điểm ảnh:

- Nếu đường thẳng xuất phát từ p cắt chu tuyến C tại số lẻ lần thì p được gọi là điểm (nằm) trong chu tuyến, kí hiệu $in(p, C)$ hay $p \subset C$
- Nếu $p \notin C$ và $p \not\subset C$ thì p được gọi là điểm (nằm) ngoài chu tuyến, kí hiệu $out(p, C)$ hay $p \not\subset C$
- $R \subseteq I$ là một đối tượng ảnh và có chu tuyến $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$, $C^\perp = \langle q_1 q_2 \dots, q_m \rangle$ là một chu tuyến đối ngẫu tương ứng.
 - ▶ Nếu C là chu tuyến ngoài thì $q_i \subset C \forall i (i = \overline{1, m})$; Nếu C là chu tuyến trong thì $p_i \subset C^\perp \forall i (i = \overline{1, n})$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến

Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến trong

Cho $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$ là một chu tuyến của một đối tượng ảnh, p là một điểm ảnh:

- Nếu đường thẳng xuất phát từ p cắt chu tuyến C tại số lẻ lần thì p được gọi là điểm (nằm) trong chu tuyến, kí hiệu $in(p, C)$ hay $p \subset C$
- Nếu $p \notin C$ và $p \not\subset C$ thì p được gọi là điểm (nằm) ngoài chu tuyến, kí hiệu $out(p, C)$ hay $p \not\subset C$
- $R \subseteq I$ là một đối tượng ảnh và có chu tuyến $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$, $C^\perp = \langle q_1 q_2 \dots q_m \rangle$ là một chu tuyến đối ngẫu tương ứng.
 - ▶ Nếu C là chu tuyến ngoài thì $q_i \subset C \forall i (i = \overline{1, m})$; Nếu C là chu tuyến trong thì $p_i \subset C^\perp \forall i (i = \overline{1, n})$
 - ▶ Nếu C là chu tuyến ngoài thì $\forall p \in R$ nhưng $p \notin C \Rightarrow p \subset C$; Nếu C là chu tuyến trong thì $\forall p \in R$ nhưng $p \notin C \Rightarrow p \not\subset C$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Một số mối quan hệ giữa các điểm ảnh: Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến

Điểm trong và điểm ngoài chu tuyến trong

Cho $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$ là một chu tuyến của một đối tượng ảnh, p là một điểm ảnh:

- Nếu đường thẳng xuất phát từ p cắt chu tuyến C tại số lẻ lần thì p được gọi là điểm (nằm) trong chu tuyến, kí hiệu $in(p, C)$ hay $p \subset C$
- Nếu $p \notin C$ và $p \not\subset C$ thì p được gọi là điểm (nằm) ngoài chu tuyến, kí hiệu $out(p, C)$ hay $p \not\subset C$
- $R \subseteq I$ là một đối tượng ảnh và có chu tuyến $C = \langle p_1 p_2 \dots, p_n \rangle$, $C^\perp = \langle q_1 q_2 \dots q_m \rangle$ là một chu tuyến đối ngẫu tương ứng.
 - ▶ Nếu C là chu tuyến ngoài thì $q_i \subset C \forall i (i = \overline{1, m})$; Nếu C là chu tuyến trong thì $p_i \subset C^\perp \forall i (i = \overline{1, n})$
 - ▶ Nếu C là chu tuyến ngoài thì $\forall p \in R$ nhưng $p \notin C \Rightarrow p \subset C$; Nếu C là chu tuyến trong thì $\forall p \in R$ nhưng $p \notin C \Rightarrow p \not\subset C$
 - ▶ Nếu C là chu tuyến ngoài $\Rightarrow C$ là duy nhất

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên

Thuật toán dò biên tổng quát



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên

Thuật toán dò biên tổng quát

- ① Xác định điểm biên xuất phát



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên

Thuật toán dò biên tổng quát

- ① Xác định điểm biên xuất phát
- ② Dự báo và xác định điểm biên tiếp theo



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên

Thuật toán dò biên tổng quát

- ① Xác định điểm biên xuất phát
- ② Dự báo và xác định điểm biên tiếp theo
- ③ Lặp lại bước 2 cho đến khi gặp điểm xuất phát



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

- ❶ Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

- ① Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát
- ② Bước 2:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

- ① Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát
- ② Bước 2:
 - ① Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

- ① Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát
- ② Bước 2:
 - ① Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo
 - ② Lựa chọn điểm biên vùng



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng

- ① Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát
- ② Bước 2:
 - ① Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo
 - ② Lựa chọn điểm biên vùng
- ③ Lặp lại bước 2 cho đến khi gặp lại cặp điểm nền-vùng xuất phát



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

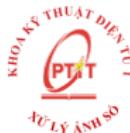
- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:
 - ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát
- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát

- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên

- ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát

- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên

- ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:
 - ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát
- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên
 - ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$
- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:
 - ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát
- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên
 - ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$
- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên
 - ▶ $K(b, r)$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát

- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên

- ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$

- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên

- ▶ $K(b, r)$
 - ▶ Biên của R có thể là:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát

- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên

- ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$

- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên

- ▶ $K(b, r)$
 - ▶ Biên của R có thể là:
 - ★ Tập những điểm $\in R$ có mặt trên NV: $K(b, r) = r$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát

- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên

- ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$

- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên

- ▶ $K(b, r)$
 - ▶ Biên của R có thể là:
 - ★ Tập những điểm $\in R$ có mặt trên NV: $K(b, r) = r$
 - ★ HOẶC Tập những điểm $\in R^c$ có mặt trên NV: $K(b, r) = b$

Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát

- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên

- ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$

- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên

- ▶ $K(b, r)$
 - ▶ Biên của R có thể là:
 - ★ Tập những điểm $\in R$ có mặt trên NV: $K(b, r) = r$
 - ★ HOẶC Tập những điểm $\in R^c$ có mặt trên NV: $K(b, r) = b$
 - ★ HOẶC Tập những điểm ảo nằm giữa cặp nền-vùng: $K(b, r) = p$ với p nằm giữa b và r



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:

- ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát

- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên

- ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$

- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên

- ▶ $K(b, r)$
 - ▶ Biên của R có thể là:
 - ★ Tập những điểm $\in R$ có mặt trên NV: $K(b, r) = r$
 - ★ HOẶC Tập những điểm $\in R^c$ có mặt trên NV: $K(b, r) = b$
 - ★ HOẶC Tập những điểm ảo nằm giữa cặp nền-vùng: $K(b, r) = p$ với p nằm giữa b và r

- Điều kiện dừng:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Một số chú ý

- Xác định cặp điểm nền-vùng xuất phát:
 - ▶ Duyệt ảnh từ trên xuống dưới, từ trái sang phải: điểm đen đầu tiên gặp được cùng với điểm trắng trước đó (theo hướng 4) sẽ tạo thành cặp điểm nền-vùng xuất phát
- Xác định cặp điểm nền-vùng tiếp theo: Toán tử dò biên
 - ▶ $T : (b, r) \in NV \mapsto (b', r') \in NV$
 - ★ T : toán tử dò biên cơ sở nếu $b', r' \in N_8(r)$
- Chọn điểm biên vùng: Hàm chọn điểm biên
 - ▶ $K(b, r)$
 - ▶ Biên của R có thể là:
 - ★ Tập những điểm $\in R$ có mặt trên NV: $K(b, r) = r$
 - ★ HOẶC Tập những điểm $\in R^c$ có mặt trên NV: $K(b, r) = b$
 - ★ HOẶC Tập những điểm ảo nằm giữa cặp nền-vùng: $K(b, r) = p$ với p nằm giữa b và r
- Điều kiện dừng:
 - ▶ Khi gặp lại cặp điểm nền - vùng xuất phát



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

- ① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:

- ▶ Chọn điểm vùng đầu tiên b_0 : điểm tận cùng phía trên, bên trái. Lưu vị trí b_0



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:

- ▶ Chọn điểm vùng đầu tiên b_0 : điểm tận cùng phía trên, bên trái. Lưu vị trí b_0
- ▶ Điểm nền đầu tiên c_0 là điểm kề cận bên trái (điểm phía Tây) điểm b_0



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:

- ▶ Chọn điểm vùng đầu tiên b_0 : điểm tận cùng phía trên, bên trái. Lưu vị trí b_0
- ▶ Điểm nền đầu tiên c_0 là điểm kề cận bên trái (điểm phía Tây) điểm b_0

② Xác định cặp điểm vùng-nền tiếp theo:



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:

- ▶ Chọn điểm vùng đầu tiên b_0 : điểm tận cùng phía trên, bên trái. Lưu vị trí b_0
- ▶ Điểm nền đầu tiên c_0 là điểm kề cận bên trái (điểm phía Tây) điểm b_0

② Xác định cặp điểm vùng-nền tiếp theo:

- ▶ Xét các lảng giềng 8 của b_{k-1} ($k = 1, 2, \dots$) bắt đầu từ c_{k-1} theo chiều kim đồng hồ: n_1, n_2, \dots, n_8 . Tìm điểm n_j có giá trị 1 đầu tiên.



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:

- ▶ Chọn điểm vùng đầu tiên b_0 : điểm tận cùng phía trên, bên trái. Lưu vị trí b_0
- ▶ Điểm nền đầu tiên c_0 là điểm kề cận bên trái (điểm phía Tây) điểm b_0

② Xác định cặp điểm vùng-nền tiếp theo:

- ▶ Xét các lảng giềng 8 của b_{k-1} ($k = 1, 2, \dots$) bắt đầu từ c_{k-1} theo chiều kim đồng hồ: n_1, n_2, \dots, n_8 . Tìm điểm n_j có giá trị 1 đầu tiên.
 - ★ $b_k = n_j$: điểm vùng gấp đầu tiên của quá trình duyệt; $c_k = n_{j-1}$: điểm nền ngay trước điểm vùng b_k trong quá trình duyệt



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:

- ▶ Chọn điểm vùng đầu tiên b_0 : điểm tận cùng phía trên, bên trái. Lưu vị trí b_0
- ▶ Điểm nền đầu tiên c_0 là điểm kề cận bên trái (điểm phía Tây) điểm b_0

② Xác định cặp điểm vùng-nền tiếp theo:

- ▶ Xét các lảng giềng 8 của b_{k-1} ($k = 1, 2, \dots$) bắt đầu từ c_{k-1} theo chiều kim đồng hồ: n_1, n_2, \dots, n_8 . Tìm điểm n_j có giá trị 1 đầu tiên.
 - ★ $b_k = n_j$: điểm vùng gấp đầu tiên của quá trình duyệt; $c_k = n_{j-1}$: điểm nền ngay trước điểm vùng b_k trong quá trình duyệt
 - ★ Lưu các vị trí b_{k-1}



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore

① Chọn cặp điểm vùng-nền xuất phát:

- ▶ Chọn điểm vùng đầu tiên b_0 : điểm tận cùng phía trên, bên trái. Lưu vị trí b_0
- ▶ Điểm nền đầu tiên c_0 là điểm kề cận bên trái (điểm phía Tây) điểm b_0

② Xác định cặp điểm vùng-nền tiếp theo:

- ▶ Xét các lảng giềng 8 của b_{k-1} ($k = 1, 2, \dots$) bắt đầu từ c_{k-1} theo chiều kim đồng hồ: n_1, n_2, \dots, n_8 . Tìm điểm n_j có giá trị 1 đầu tiên.
 - ★ $b_k = n_j$: điểm vùng gấp đầu tiên của quá trình duyệt; $c_k = n_{j-1}$: điểm nền ngay trước điểm vùng b_k trong quá trình duyệt
 - ★ Lưu các vị trí b_{k-1}

③ Lặp bước 2 cho đến khi $b_k \equiv b_0$ và điểm vùng tiếp theo được tìm thấy là b_1



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa

		1	1	1	1		
	1			1			
		1		1			
		1		1			
	1	1	1	1			



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa

			1	1	1	1	
	1				1		
		1			1		
		1			1		
	1	1	1	1			

Phát hiện biên theo quy hoạch động

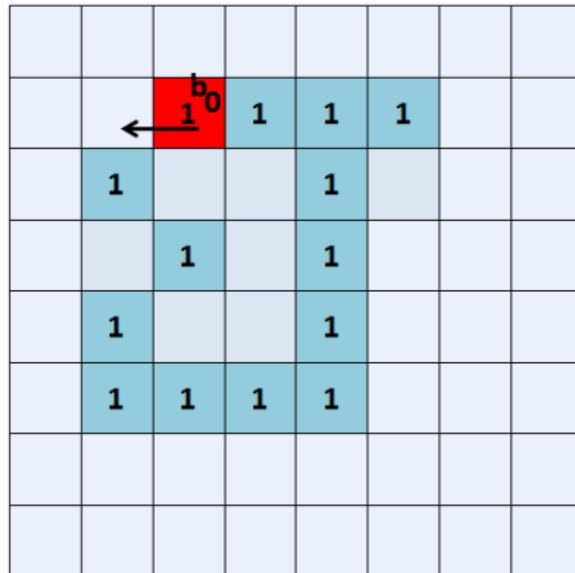
Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa

		b_0	1	1	1			
	1			1				
		1		1				
		1		1				
	1	1	1	1				



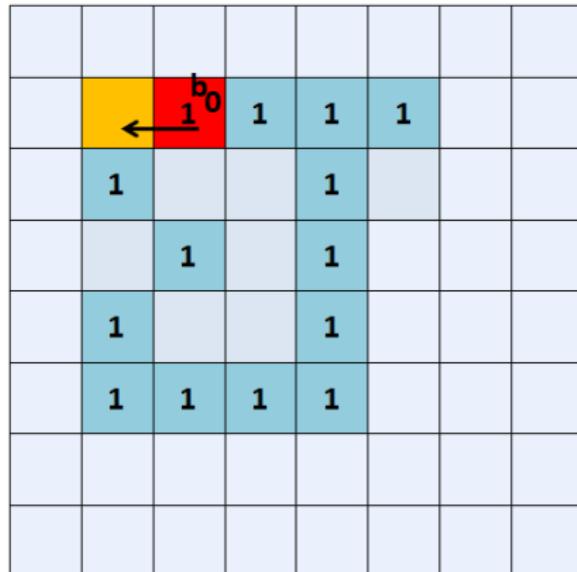
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



Phát hiện biên theo quy hoạch động

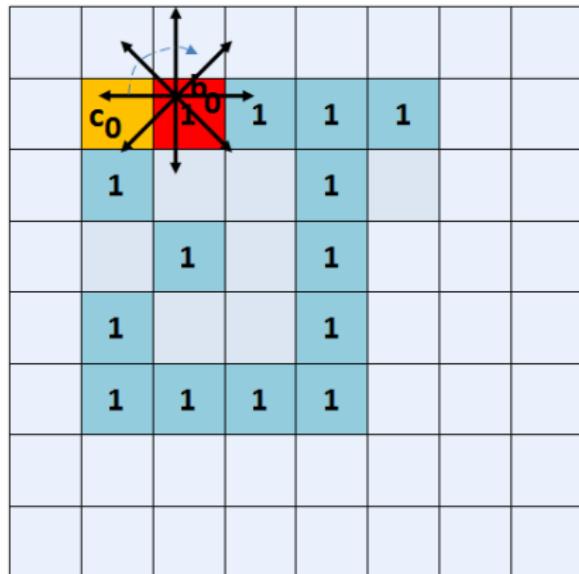
Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa

			b_0	1	1	1		
	c_0	1		1				
	1			1				
		1		1				
		1		1				
	1	1	1	1				



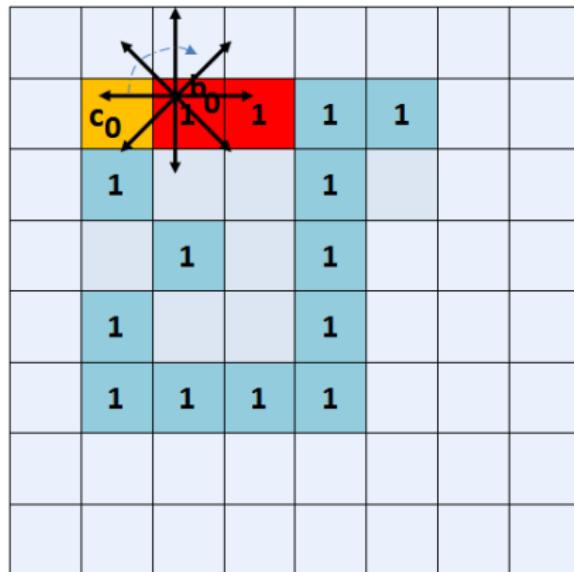
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



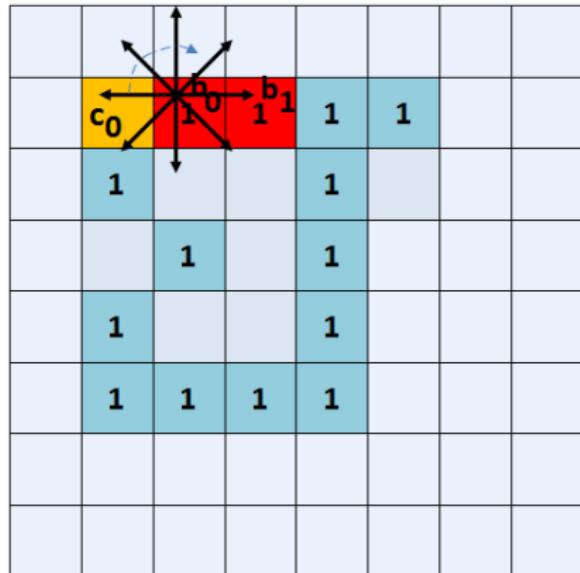
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



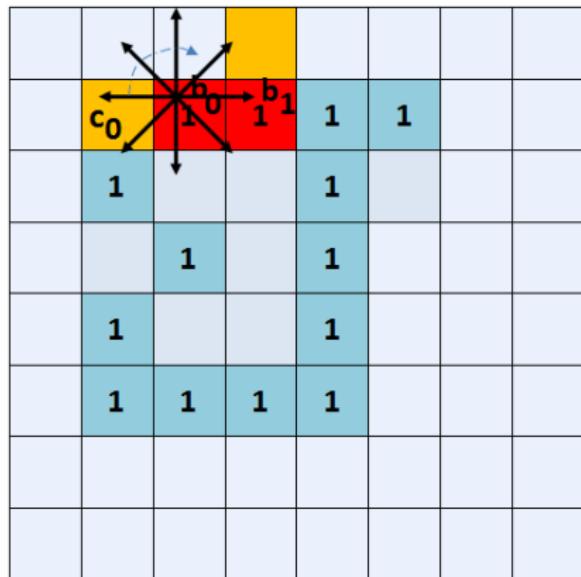
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



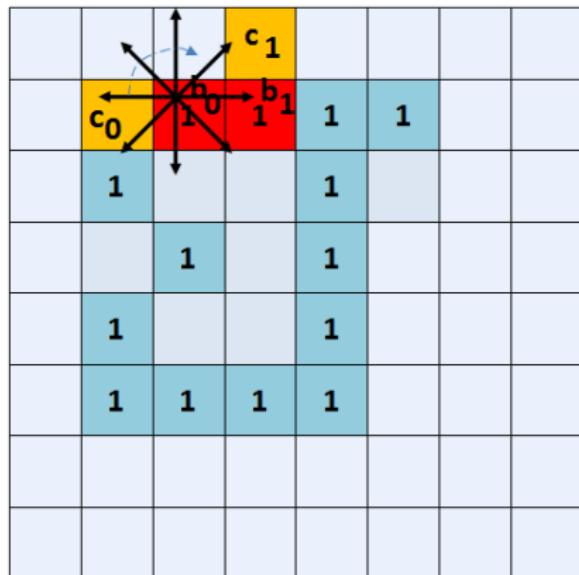
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



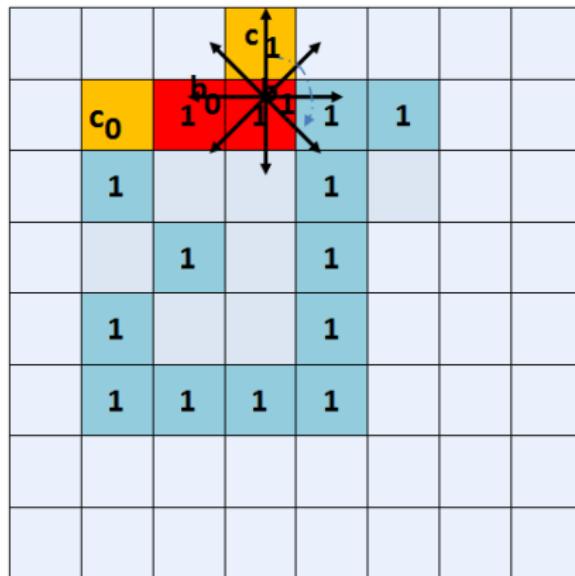
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



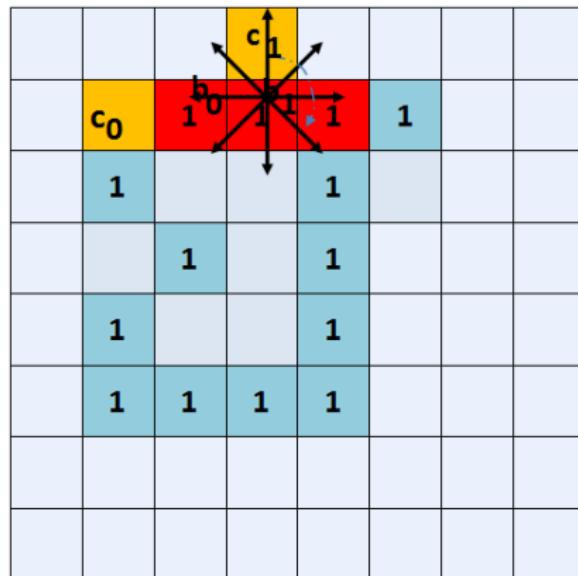
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



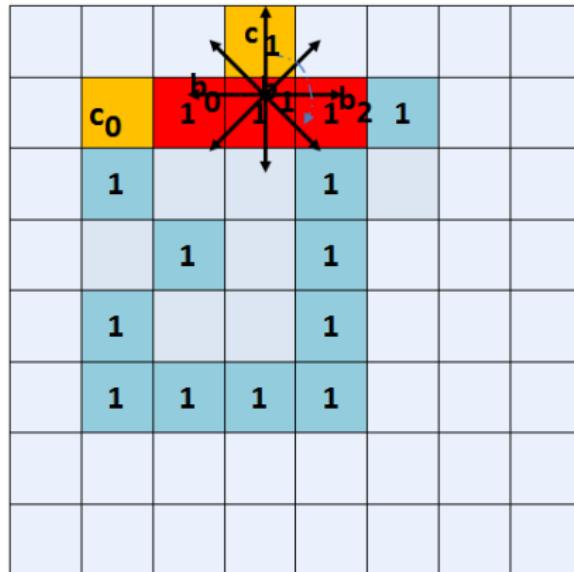
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



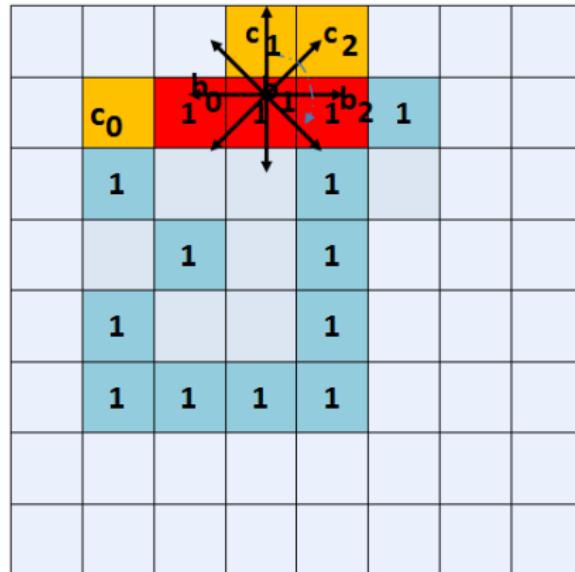
Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa

				c_1	c_2	c_3		
	c_0	b_0	b_1	b_2	b_3			
	1			1				
		1		1				
		1		1				
	1	1	1	1				



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa

			c_1	c_2	c_3		
	c_0	b_0	b_1	b_2	b_3		
	1			b_4	c_4		
		1		1			
		1		1			
	1	1	1	1			



Phát hiện biên theo quy hoạch động

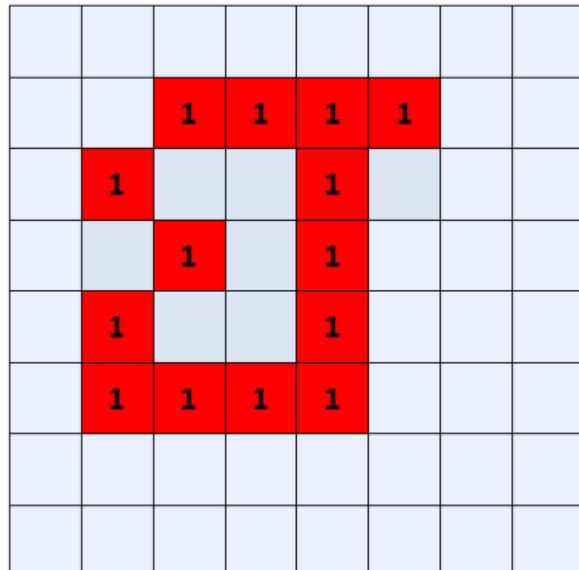
Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa

				c_1	c_2	c_3		
	c_0	b_0	b_1	b_2	b_3			
	b_{13}			b_4	c_4			
	c_{13}	c_{12}	b_{12}	b_5	c_5			
	c_{11}	b_{11}		b_6	c_6			
	b_{10}	b_9	b_8	b_7	c_7			
	c_{10}	c_9	c_8					



Phát hiện biên theo quy hoạch động

Phát hiện biên theo quy hoạch động: Thuật toán dò biên sử dụng cặp điểm nền-vùng - Thuật toán Moore - Minh họa



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

• Cơ bản về phân vùng ảnh

- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

$$① \cup_{i=1}^n R_i = R$$



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$

Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một vị từ $Q()$:

Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một vị từ $Q()$:
 - ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$

Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE} \forall$ cặp vùng liên kề R_i và R_j



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}$ ∀ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}$ ∀ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

- ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:

Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE} \forall$ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

- ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:
 - ★ Lớp khai thác tính không liên tục liên tục: phân vùng dựa theo biên ảnh, ...



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE} \forall$ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

- ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:
 - ★ Lớp khai thác tính không liên tục liên tục: phân vùng dựa theo biên ảnh, ...
 - ★ Lớp khai thác tính tương đồng: phân vùng dựa theo đặc tính vùng ảnh, ...



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE} \forall$ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

- ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:
 - ★ Lớp khai thác tính không liên tục liên tục: phân vùng dựa theo biên ảnh, ...
 - ★ Lớp khai thác tính tương đồng: phân vùng dựa theo đặc tính vùng ảnh, ...
- ▶ Dựa trên cách tiếp cận đối tượng ảnh:



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE} \forall$ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

- ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:
 - ★ Lớp khai thác tính không liên tục liên tục: phân vùng dựa theo biên ảnh, ...
 - ★ Lớp khai thác tính tương đồng: phân vùng dựa theo đặc tính vùng ảnh, ...
- ▶ Dựa trên cách tiếp cận đối tượng ảnh:
 - ★ Các kỹ thuật cục bộ



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE} \forall$ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

- ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:
 - ★ Lớp khai thác tính không liên tục liên tục: phân vùng dựa theo biên ảnh, ...
 - ★ Lớp khai thác tính tương đồng: phân vùng dựa theo đặc tính vùng ảnh, ...
- ▶ Dựa trên cách tiếp cận đối tượng ảnh:
 - ★ Các kỹ thuật cục bộ
 - ★ Các kỹ thuật toàn cục



Phân vùng ảnh

Cơ sở lý thuyết

- Gọi R là toàn bộ không gian của một ảnh. Quá trình phân vùng ảnh sẽ phân chia R thành n vùng con R_1, R_2, \dots, R_n sao cho:

- ① $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- ② R_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là một tập kết nối
- ③ $R_i \cap R_j = \emptyset \forall i, j (i \neq j)$
- ④ Một ví dụ $Q()$:

- ★ $Q(R_i) = \text{TRUE}$ với $i = 1, 2, \dots, n$
- ★ $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE} \forall$ cặp vùng liên kề R_i và R_j

- Các kỹ thuật phân vùng ảnh:

- ▶ Dựa trên thuộc tính của giá trị mức xám:
 - ★ Lớp khai thác tính không liên tục liên tục: phân vùng dựa theo biên ảnh, ...
 - ★ Lớp khai thác tính tương đồng: phân vùng dựa theo đặc tính vùng ảnh, ...
- ▶ Dựa trên cách tiếp cận đối tượng ảnh:
 - ★ Các kỹ thuật cục bộ
 - ★ Các kỹ thuật toàn cục
 - ★ Các kỹ thuật phân-hợp và phát triển vùng

Phân vùng ảnh

Cơ bản về phân vùng ảnh: Minh họa (1)



Phân vùng ảnh

Cơ bản về phân vùng ảnh: Minh họa (1)



Phân vùng ảnh

Cơ bản về phân vùng ảnh: Minh họa (1)



Phân vùng ảnh

Cơ bản về phân vùng ảnh: Minh họa (2)



Phân vùng ảnh

Cơ bản về phân vùng ảnh: Minh họa (2)



Phân vùng ảnh

Cơ bản về phân vùng ảnh: Minh họa (2)



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- **Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên**
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên

① Phát hiện biên, làm nổi biên



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên

- ① Phát hiện biên, làm nổi biên
- ② Làm mảnh lền biên



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên

- ① Phát hiện biên, làm nổi biên
- ② Làm mảnh lền biên
- ③ Nhị phân hóa đường biên



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên

- ① Phát hiện biên, làm nổi biên
- ② Làm mảnh lền biên
- ③ Nhị phân hóa đường biên
- ④ Miêu tả đường biên



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- **Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ**
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan

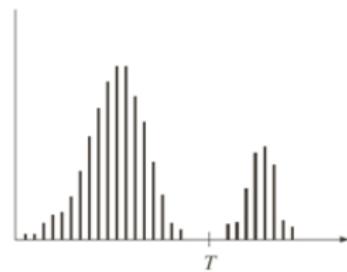
Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan

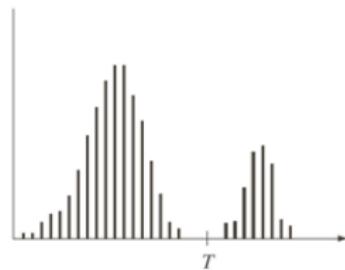
Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

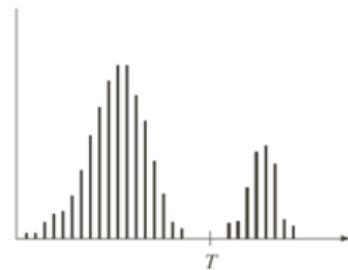


$$g(x, y) = \begin{cases} 1(255) & \text{nếu } f(x, y) > T \\ 0 & \text{nếu } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám



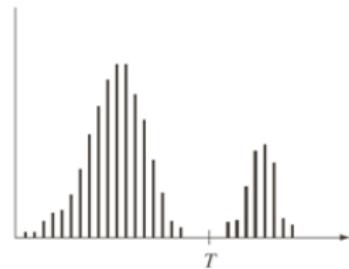
$$g(x, y) = \begin{cases} 1(255) & \text{nếu } f(x, y) > T \\ 0 & \text{nếu } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

- ▶ $T = \text{const}$ và áp dụng trên toàn bộ ảnh $\rightarrow T$: ngưỡng toàn cục

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám



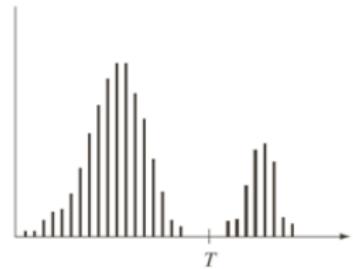
$$g(x, y) = \begin{cases} 1(255) & \text{nếu } f(x, y) > T \\ 0 & \text{nếu } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

- $T = \text{const}$ và áp dụng trên toàn bộ ảnh $\rightarrow T$: ngưỡng toàn cục
- T thay đổi trên các vùng khác nhau của ảnh $\rightarrow T$: ngưỡng thay đổi, ngưỡng cục bộ

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

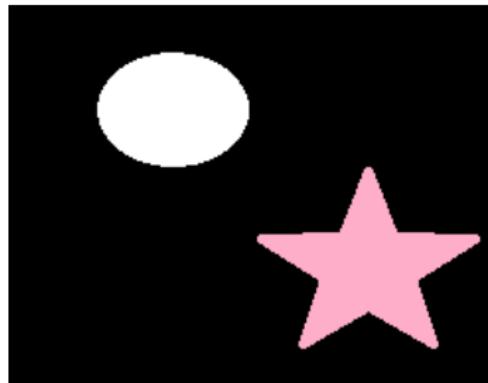


$$g(x, y) = \begin{cases} 1(255) & \text{nếu } f(x, y) > T \\ 0 & \text{nếu } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

- ▶ $T = \text{const}$ và áp dụng trên toàn bộ ảnh $\rightarrow T$: ngưỡng toàn cục
- ▶ T thay đổi trên các vùng khác nhau của ảnh $\rightarrow T$: ngưỡng thay đổi, ngưỡng cục bộ
 - ★ T phụ thuộc vào các tọa độ không gian $\rightarrow T$: ngưỡng động, ngưỡng thích nghi

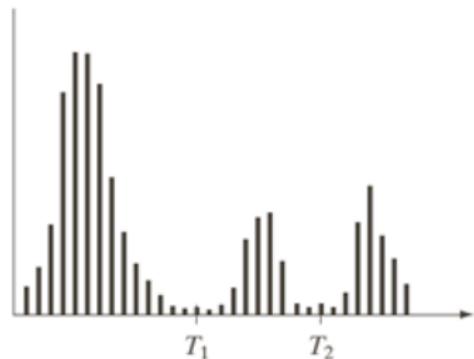
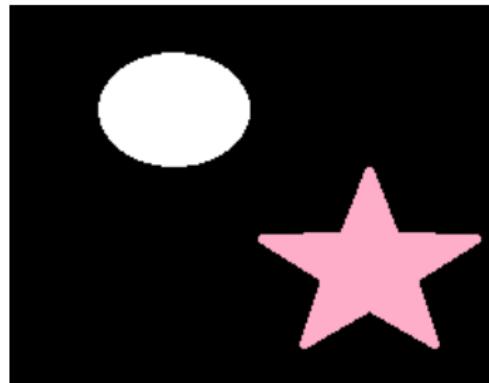
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Đa ngưỡng



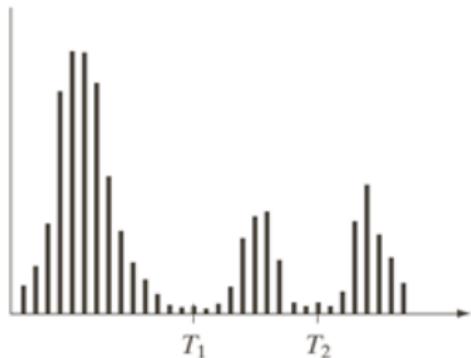
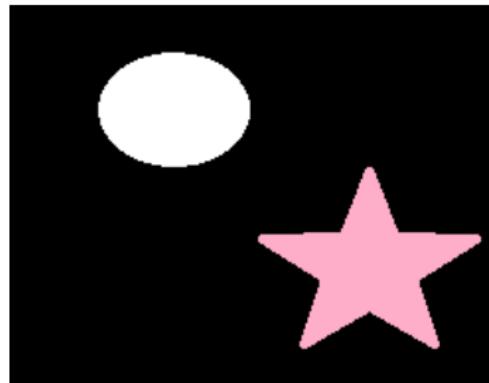
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Đa ngưỡng



Phân vùng ảnh

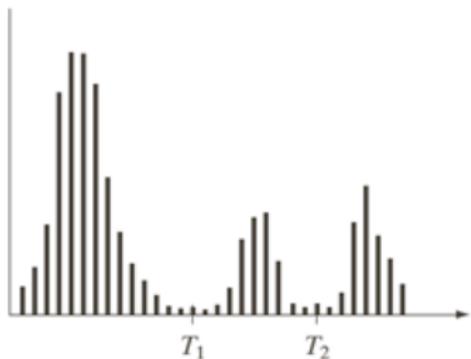
Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Đa ngưỡng



$$g(x, y) = \begin{cases} a & \text{nếu } f(x, y) > T_2 \\ b & \text{nếu } T_1 \leq f(x, y) \leq T_2 \\ c & \text{nếu } f(x, y) \leq T_1 \end{cases}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Đa ngưỡng



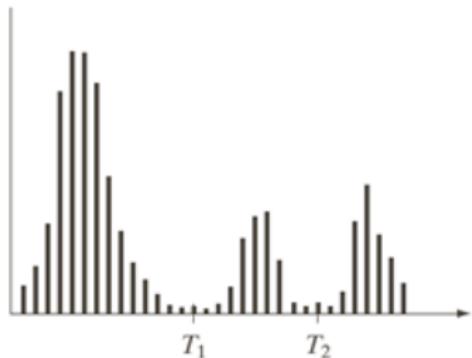
-

$$g(x, y) = \begin{cases} a & \text{nếu } f(x, y) > T_2 \\ b & \text{nếu } T_1 \leq f(x, y) \leq T_2 \\ c & \text{nếu } f(x, y) \leq T_1 \end{cases}$$

- Các bài toán phân vùng ảnh mà yêu cầu ≥ 2 ngưỡng thường khó giải hoặc không thể giải

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Đa ngưỡng



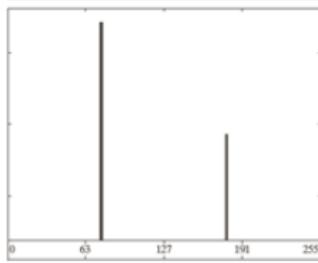
-

$$g(x, y) = \begin{cases} a & \text{nếu } f(x, y) > T_2 \\ b & \text{nếu } T_1 \leq f(x, y) \leq T_2 \\ c & \text{nếu } f(x, y) \leq T_1 \end{cases}$$

- Các bài toán phân vùng ảnh mà yêu cầu ≥ 2 ngưỡng thường khó giải hoặc không thể giải
 - ▶ Nên sử dụng các kỹ thuật khác để có kết quả tốt hơn

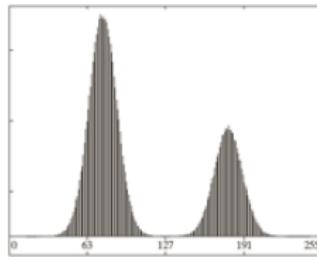
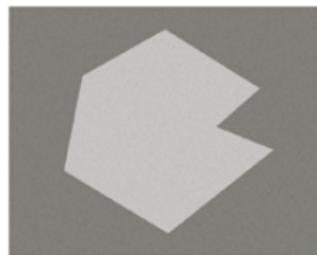
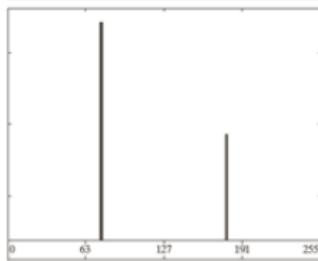
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Ảnh hưởng của nhiễu



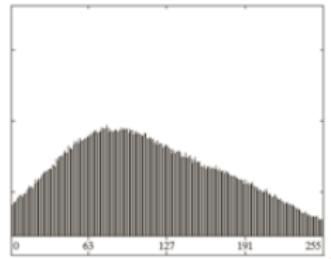
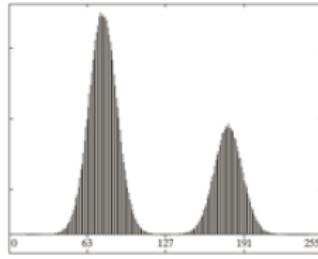
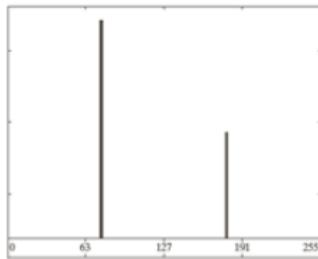
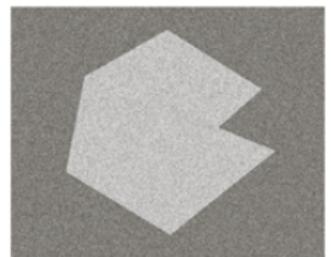
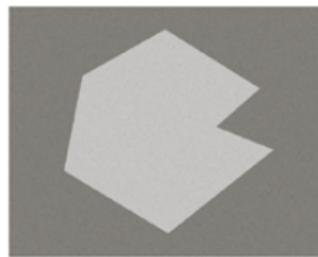
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Ảnh hưởng của nhiễu



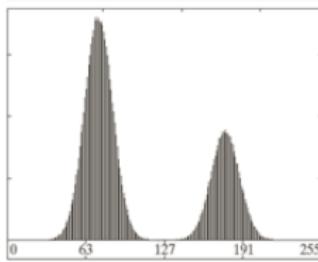
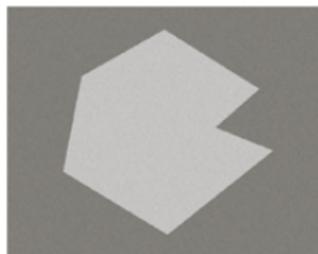
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Ảnh hưởng của nhiễu



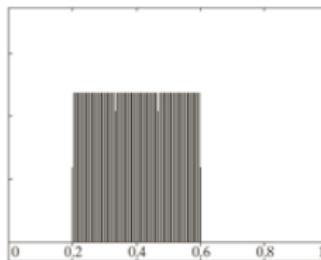
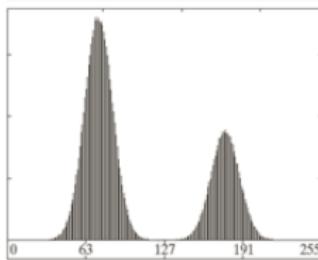
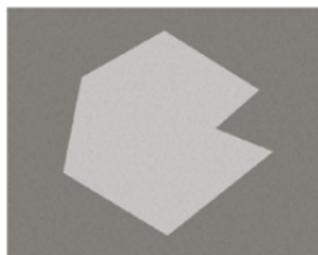
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Ảnh hưởng của sự chiếu sáng và sự phản xạ



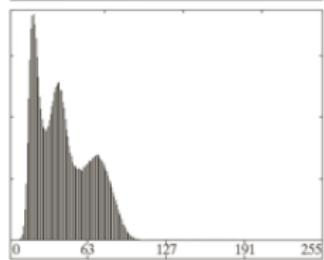
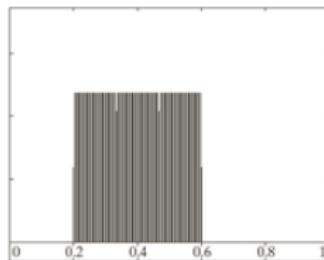
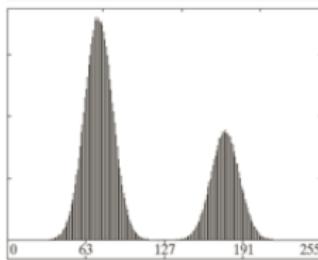
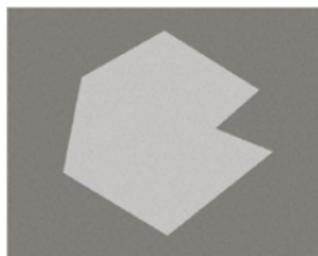
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Ảnh hưởng của sự chiếu sáng và sự phản xạ



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Ảnh hưởng của sự chiếu sáng và sự phản xạ



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:
 - ▶ Sự phân tách giữa các đỉnh



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:
 - ▶ Sự phân tách giữa các đỉnh
 - ▶ Mức độ nhiễu của ảnh



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:
 - ▶ Sự phân tách giữa các đỉnh
 - ▶ Mức độ nhiễu của ảnh
 - ▶ Kích thước tương đối của đối tượng so với nền



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:
 - ▶ Sự phân tách giữa các đỉnh
 - ▶ Mức độ nhiễu của ảnh
 - ▶ Kích thước tương đối của đối tượng so với nền
 - ▶ Tính đồng nhất của nguồn chiếu sáng



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:

- ▶ Sự phân tách giữa các đỉnh
- ▶ Mức độ nhiễu của ảnh
- ▶ Kích thước tương đối của đối tượng so với nền
- ▶ Tính đồng nhất của nguồn chiếu sáng
- ▶ Tính đồng nhất của các tính chất phản xạ của ảnh



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Tổng quan - Kết luận

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ là thực hiện phân vùng các ảnh một cách trực tiếp thành các vùng dựa trên các giá trị mức xám và/hoặc các tính chất của các giá trị mức xám

- Những yếu tố chính ảnh hưởng đến việc xác định ngưỡng:
 - ▶ Sự phân tách giữa các đỉnh
 - ▶ Mức độ nhiễu của ảnh
 - ▶ Kích thước tương đối của đối tượng so với nền
 - ▶ Tính đồng nhất của nguồn chiếu sáng
 - ▶ Tính đồng nhất của các tính chất phản xạ của ảnh

Bài toán phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ \Rightarrow Bài toán tìm ngưỡng thích hợp để phân biệt giữa (các) đối tượng và nền \Rightarrow Xây dựng các thuật toán/kỹ thuật để tìm được các ngưỡng thích hợp

XỬ LÝ ẢNH SỐ

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- ≡ Thuật toán đăng liệu



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- ≡ Thuật toán đ³ng liệu

- ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- ≡ Thuật toán đăng liệu

- ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- \equiv Thuật toán đ³ng lⁱeu

- ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

- ❶ Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục T : T_0 (thường chọn $T_0 = \frac{L}{2}$). Khởi động $\Delta T = \infty$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- \equiv Thuật toán $\hat{}$ đẳng liệu

- ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

- ❶ Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục T : T_0 (thường chọn $T_0 = \frac{L}{2}$). Khởi động $\Delta T = \infty$
- ❷ Lặp cho đến khi $|\Delta T| \leq \epsilon$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- \equiv Thuật toán đăng liệu

- ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

- ❶ Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục T : T_0 (thường chọn $T_0 = \frac{L}{2}$). Khởi động $\Delta T = \infty$
- ❷ Lặp cho đến khi $|\Delta T| \leq \epsilon$

- ❶ Phân vùng ảnh với ngưỡng ước lượng $T_i \rightarrow$ hai vùng ảnh: vùng G_1 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $> T_i$, vùng G_2 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $\leq T_i$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- \equiv Thuật toán đăng liệu

▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

- ❶ Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục T : T_0 (thường chọn $T_0 = \frac{L}{2}$). Khởi động $\Delta T = \infty$
- ❷ Lặp cho đến khi $|\Delta T| \leq \epsilon$
 - ❶ Phân vùng ảnh với ngưỡng ước lượng $T_i \rightarrow$ hai vùng ảnh: vùng G_1 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $> T_i$, vùng G_2 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $\leq T_i$
 - ❷ Tính giá trị mức xám trung bình trên mỗi vùng ảnh G_1 : m_1 , G_2 : m_2

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- \equiv Thuật toán đẳng liệu
 - ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

- ❶ Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục T : T_0 (thường chọn $T_0 = \frac{L}{2}$). Khởi động $\Delta T = \infty$
- ❷ Lặp cho đến khi $|\Delta T| \leq \epsilon$

- ❶ Phân vùng ảnh với ngưỡng ước lượng $T_i \rightarrow$ hai vùng ảnh: vùng G_1 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $> T_i$, vùng G_2 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $\leq T_i$

- ❷ Tính giá trị mức xám trung bình trên mỗi vùng ảnh G_1 : m_1 , G_2 : m_2
 - ★ Giá trị mức xám trung bình của vùng ảnh G_j ($j = 1, 2$) có giá trị mức xám $T_{j,min} \div T_{j,max}$:

$$m_j = \frac{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} r_k h(r_k)}{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} h(r_k)}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- \equiv Thuật toán đẳng liệu
 - ▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

- ❶ Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục T : T_0 (thường chọn $T_0 = \frac{L}{2}$). Khởi động $\Delta T = \infty$
- ❷ Lặp cho đến khi $|\Delta T| \leq \epsilon$

- ❶ Phân vùng ảnh với ngưỡng ước lượng $T_i \rightarrow$ hai vùng ảnh: vùng G_1 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $> T_i$, vùng G_2 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $\leq T_i$

- ❷ Tính giá trị mức xám trung bình trên mỗi vùng ảnh G_1 : m_1 , G_2 : m_2
 - ★ Giá trị mức xám trung bình của vùng ảnh G_j ($j = 1, 2$) có giá trị mức xám $T_{j,min} \div T_{j,max}$:

$$m_j = \frac{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} r_k h(r_k)}{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} h(r_k)}$$

- ★ Với G_2 : $T_{j,min} = 0$, $T_{j,max} = T_i$; Với G_1 : $T_{j,min} = T_i + 1$, $T_{j,max} = L - 1$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản

- \equiv Thuật toán đằng liệu

▶ Là kỹ thuật ước lượng ngưỡng kiểu lặp; Do Ridler và Calvard đề xuất

- ❶ Lựa chọn một ước lượng khởi đầu cho ngưỡng toàn cục T : T_0 (thường chọn $T_0 = \frac{L}{2}$). Khởi động $\Delta T = \infty$
- ❷ Lặp cho đến khi $|\Delta T| \leq \epsilon$

- ❸ Phân vùng ảnh với ngưỡng ước lượng $T_i \rightarrow$ hai vùng ảnh: vùng G_1 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $> T_i$, vùng G_2 gồm các điểm ảnh có giá trị mức xám $\leq T_i$

- ❹ Tính giá trị mức xám trung bình trên mỗi vùng ảnh G_1 : m_1 , G_2 : m_2

- ★ Giá trị mức xám trung bình của vùng ảnh G_j ($j = 1, 2$) có giá trị mức xám $T_{j,min} \div T_{j,max}$:

$$m_j = \frac{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} r_k h(r_k)}{\sum_{r_k=T_{j,min}}^{T_{j,max}} h(r_k)}$$

- ★ Với G_2 : $T_{j,min} = 0$, $T_{j,max} = T_i$; Với G_1 : $T_{j,min} = T_i + 1$, $T_{j,max} = L - 1$

- ❺ Tính giá trị ngưỡng mới: $T_{i+1} = \lfloor \frac{m_1 + m_2}{2} \rfloor$; cập nhật $\Delta T = |T_{i+1} - T_i|$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (15×20) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (15×20) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (15×20) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

Hãy tìm ngưỡng toàn cục cơ bản của ảnh bằng thuật toán đằng liệu



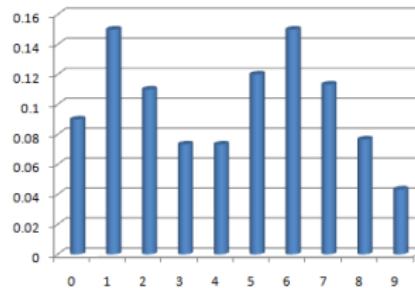
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (15×20) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

Hãy tìm ngưỡng toàn cục cơ bản của ảnh bằng thuật toán đặng liệu



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

► G_1 ($r_k > 4$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)}$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

- G_1 ($r_k > 4$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

- G_1 ($r_k > 4$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$

- G_2 ($r_k \leq 4$): $m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)}$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 \ (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 \ (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

► G_1 ($r_k > 4$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$

► G_2 ($r_k \leq 4$): $m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$

★ $\Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$

★ $\Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1|$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

► G_1 ($r_k > 4$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$

► G_2 ($r_k \leq 4$): $m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$

★ $\Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$

★ $\Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow$ Tiếp tục

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$
 - G_1 ($r_k > 4$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$
 - G_2 ($r_k \leq 4$): $m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$
 - $\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$
 - $\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow$ Tiếp tục
- $T_1 = 4.164096$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4.164096): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)}$$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4.164096): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4.164096): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4.164096): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4.164096): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_1 - T_2|$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4.164096): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_1 - T_2| = 0$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow \text{Tiếp tục}$$

- $T_1 = 4.164096$

$$\triangleright G_1 (r_k > 4.164096): m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$$

$$\triangleright G_2 (r_k \leq 4.164096): m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$$

$$\star \Rightarrow T_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$$

$$\star \Rightarrow \Delta T = |T_1 - T_2| = 0 \rightarrow \Delta T = \epsilon \Rightarrow \text{Kết thúc}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa tính toán (2/2)

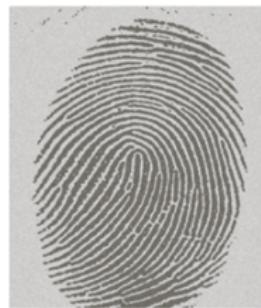
r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{11}{150}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{17}{150}$	$\frac{23}{300}$	$\frac{13}{300}$

- Chọn giá trị ngưỡng khởi đầu $T_0 = 4$, $\Delta T = \infty$, $\epsilon = 0$
 - G_1 ($r_k > 4$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$
 - G_2 ($r_k \leq 4$): $m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$
 - $\star \Rightarrow T_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$
 - $\star \Rightarrow \Delta T = |T_0 - T_1| = 0.164096 \rightarrow \Delta T > \epsilon \Rightarrow$ Tiếp tục
- $T_1 = 4.164096$
 - G_1 ($r_k > 4.164096$): $m_1 = \frac{\sum_{i=5}^9 r_i p(r_i)}{\sum_{i=5}^9 p(r_i)} = 6.549669$
 - G_2 ($r_k \leq 4.164096$): $m_2 = \frac{\sum_{i=0}^4 r_i p(r_i)}{\sum_{i=0}^4 p(r_i)} = 1.778523$
 - $\star \Rightarrow T_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) = 4.164096$
 - $\star \Rightarrow \Delta T = |T_1 - T_2| = 0 \rightarrow \Delta T = \epsilon \Rightarrow$ Kết thúc
- \Rightarrow Ngưỡng toàn cục $T = 4$ (làm tròn 4.164096)



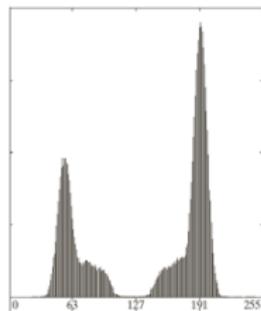
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa



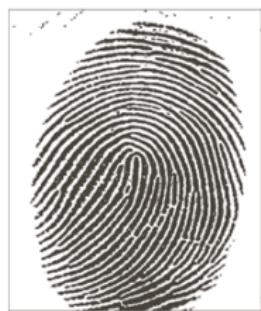
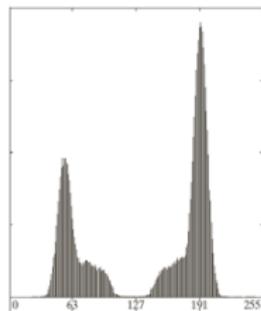
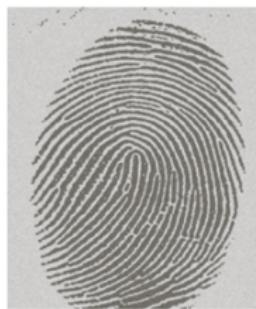
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục cơ bản - Minh họa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

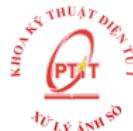
- Do Otsu đề xuất năm 1979



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lường nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đối tượng)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lường nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lường nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lường nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

- ➊ Tính lược đồ xám chuẩn hóa $p(r_j)$ ($j = 0, 1, 2, \dots, L - 1$)

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lường nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

- ➊ Tính lược đồ xám chuẩn hóa $p(r_j)$ ($j = 0, 1, 2, \dots, L - 1$)
- ➋ Tính giá trị trung bình mức xám toàn cục: $m_G = m_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lường nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

- ❶ Tính lược đồ xám chuẩn hóa $p(r_j)$ ($j = 0, 1, 2, \dots, L - 1$)
- ❷ Tính giá trị trung bình mức xám toàn cục: $m_G = m_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$
- ❸ Lặp với $j = 0, 1, \dots, L - 1$:

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lưỡng nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

- ❶ Tính lược đồ xám chuẩn hóa $p(r_j)$ ($j = 0, 1, 2, \dots, L - 1$)
- ❷ Tính giá trị trung bình mức xám toàn cục: $m_G = m_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$
- ❸ Lặp với $j = 0, 1, \dots, L - 1$:
 - ❶ Tính $P_j = Pr\{r_i \leq r_j\} = \sum_{i=0}^j p(r_i)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lưỡng nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

- ❶ Tính lược đồ xám chuẩn hóa $p(r_j)$ ($j = 0, 1, 2, \dots, L - 1$)
- ❷ Tính giá trị trung bình mức xám toàn cục: $m_G = m_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$
- ❸ Lặp với $j = 0, 1, \dots, L - 1$:
 - ❶ Tính $P_j = Pr\{r_i \leq r_j\} = \sum_{i=0}^j p(r_i)$
 - ❷ Tính giá trị trung bình các mức xám $\leq r_j$: $m_j = \sum_{i=0}^j r_i p(r_i)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lưỡng nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

- ❶ Tính lược đồ xám chuẩn hóa $p(r_j)$ ($j = 0, 1, 2, \dots, L - 1$)
- ❷ Tính giá trị trung bình mức xám toàn cục: $m_G = m_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$
- ❸ Lặp với $j = 0, 1, \dots, L - 1$:
 - ❶ Tính $P_j = Pr\{r_i \leq r_j\} = \sum_{i=0}^j p(r_i)$
 - ❷ Tính giá trị trung bình các mức xám $\leq r_j$: $m_j = \sum_{i=0}^j r_i p(r_i)$
 - ❸ Tính $f(\theta_j) = \sigma_B^2(j) = \frac{(m_G P_j - m_j)^2}{P_j(1 - P_j)}$ với $0 < P_j < 1$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu

- Do Otsu đề xuất năm 1979
- Sử dụng do lưỡng nỗi tiếng trong phân tích sự khác biệt thông kê: phương sai giữa các lớp (đôi tượng)
 - ▶ Mục tiêu: cực đại hóa phương sai giữa các lớp (đôi tượng)

Input: Ảnh I ($M \times N$), số mức xám L

Output: Mức ngưỡng T (θ)

- ❶ Tính lược đồ xám chuẩn hóa $p(r_j)$ ($j = 0, 1, 2, \dots, L - 1$)
- ❷ Tính giá trị trung bình mức xám toàn cục: $m_G = m_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$
- ❸ Lặp với $j = 0, 1, \dots, L - 1$:
 - ❶ Tính $P_j = Pr\{r_i \leq r_j\} = \sum_{i=0}^j p(r_i)$
 - ❷ Tính giá trị trung bình các mức xám $\leq r_j$: $m_j = \sum_{i=0}^j r_i p(r_i)$
 - ❸ Tính $f(\theta_j) = \sigma_B^2(j) = \frac{(m_G P_j - m_j)^2}{P_j(1 - P_j)}$ với $0 < P_j < 1$
- ❹ Xác định ngưỡng tối ưu Otsu $\theta_{opt} = T_{opt}$: $\theta_{opt} = \max_{0 < j < L-1} f(\theta_j)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2			
1	5	1/6			
2	4	2/15			
3	3	1/10			
4	2	1/15			
5	1	1/30			



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2			
1	5	1/6			
2	4	2/15			
3	3	1/10			
4	2	1/15			
5	1	1/30			



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2		
1	5	1/6			
2	4	2/15			
3	3	1/10			
4	2	1/15			
5	1	1/30			



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2		
1	5	1/6	2/3		
2	4	2/15			
3	3	1/10			
4	2	1/15			
5	1	1/30			



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2		
1	5	1/6	2/3		
2	4	2/15	12/15		
3	3	1/10			
4	2	1/15			
5	1	1/30			



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2		
1	5	1/6	2/3		
2	4	2/15	12/15		
3	3	1/10	9/10		
4	2	1/15			
5	1	1/30			



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2		
1	5	1/6	2/3		
2	4	2/15	12/15		
3	3	1/10	9/10		
4	2	1/15	29/30		
5	1	1/30			



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2		
1	5	1/6	2/3		
2	4	2/15	12/15		
3	3	1/10	9/10		
4	2	1/15	29/30		
5	1	1/30	1		



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	
1	5	1/6	2/3		
2	4	2/15	12/15		
3	3	1/10	9/10		
4	2	1/15	29/30		
5	1	1/30	1		



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	
1	5	1/6	2/3	1/6	
2	4	2/15	12/15		
3	3	1/10	9/10		
4	2	1/15	29/30		
5	1	1/30	1		



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	
1	5	1/6	2/3	1/6	
2	4	2/15	12/15	13/30	
3	3	1/10	9/10		
4	2	1/15	29/30		
5	1	1/30	1		



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	
1	5	1/6	2/3	1/6	
2	4	2/15	12/15	13/30	
3	3	1/10	9/10	22/30	
4	2	1/15	29/30		
5	1	1/30	1		



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	
1	5	1/6	2/3	1/6	
2	4	2/15	12/15	13/30	
3	3	1/10	9/10	22/30	
4	2	1/15	29/30	1	
5	1	1/30	1		



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	
1	5	1/6	2/3	1/6	
2	4	2/15	12/15	13/30	
3	3	1/10	9/10	22/30	
4	2	1/15	29/30	1	
5	1	1/30	1	7/6	



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	1.36
1	5	1/6	2/3	1/6	
2	4	2/15	12/15	13/30	
3	3	1/10	9/10	22/30	
4	2	1/15	29/30	1	
5	1	1/30	1	7/6	



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	1.36
1	5	1/6	2/3	1/6	1.68
2	4	2/15	12/15	13/30	
3	3	1/10	9/10	22/30	
4	2	1/15	29/30	1	
5	1	1/30	1	7/6	



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	1.36
1	5	1/6	2/3	1/6	1.68
2	4	2/15	12/15	13/30	1.56
3	3	1/10	9/10	22/30	
4	2	1/15	29/30	1	
5	1	1/30	1	7/6	



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	1.36
1	5	1/6	2/3	1/6	1.68
2	4	2/15	12/15	13/30	1.56
3	3	1/10	9/10	22/30	1.11
4	2	1/15	29/30	1	
5	1	1/30	1	7/6	



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	1.36
1	5	1/6	2/3	1/6	1.68
2	4	2/15	12/15	13/30	1.56
3	3	1/10	9/10	22/30	1.11
4	2	1/15	29/30	1	0.51
5	1	1/30	1	7/6	



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	1.36
1	5	1/6	2/3	1/6	1.68
2	4	2/15	12/15	13/30	1.56
3	3	1/10	9/10	22/30	1.11
4	2	1/15	29/30	1	0.51
5	1	1/30	1	7/6	NC



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa tính toán

Thực hiện tìm ngưỡng theo thuật toán Otsu cho ảnh sau. Biết ảnh có 5 mức xám.

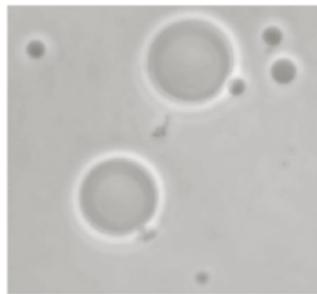
$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

r_j	$h(r_i)$	$p(r_j)$	P_j	m_j	$f(\theta_j) = \sigma_B^2(j)$
0	15	1/2	1/2	0	1.36
1	5	1/6	2/3	1/6	1.68
2	4	2/15	12/15	13/30	1.56
3	3	1/10	9/10	22/30	1.11
4	2	1/15	29/30	1	0.51
5	1	1/30	1	7/6	NC



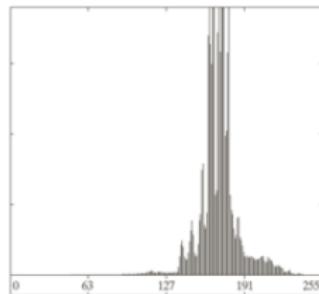
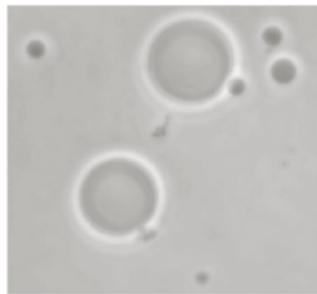
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa



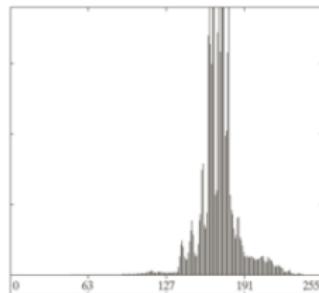
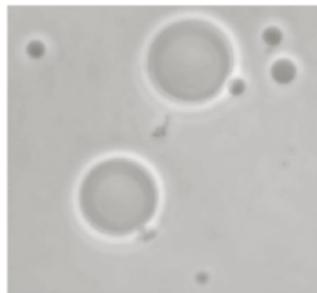
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa



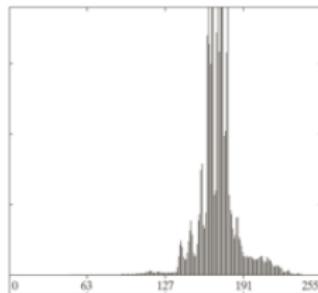
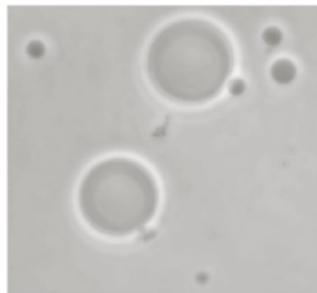
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Phân ngưỡng toàn cục tối ưu - Thuật toán Otsu - Minh họa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán **đôi xứng nền**

- **Giả định:**

- ▶ Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- ▶ Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- ▶ Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám

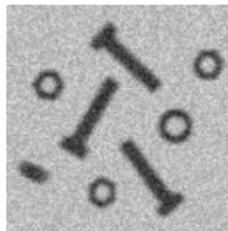


Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- ▶ Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám

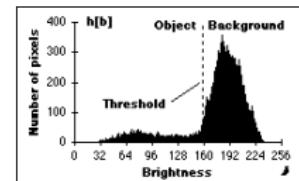
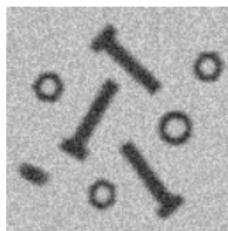


Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám

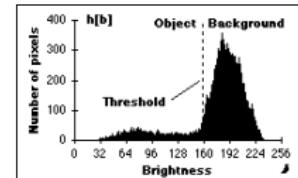
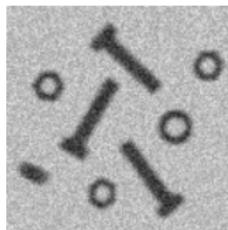


Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám

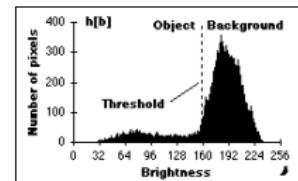
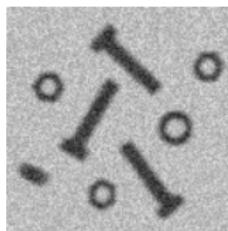


Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám



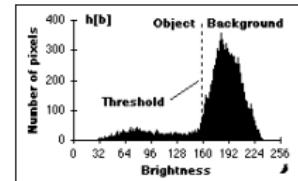
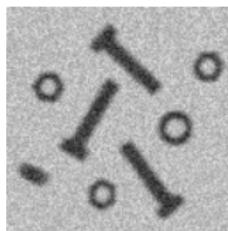
- ① Tìm ở phía các điểm ảnh không phải đối tượng (so với điểm có giá trị max_p) điểm có giá trị mức xám r_k với $p\%$: $P(r_k) = P_k = \sum_{i=0}^k p(r_i) = p$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám



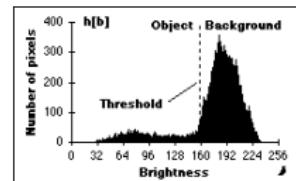
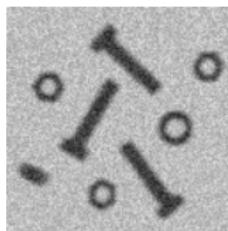
- ① Tìm ở phía các điểm ảnh không phải đối tượng (so với điểm có giá trị max_p) điểm có giá trị mức xám r_k với $p\%$: $P(r_k) = P_k = \sum_{i=0}^k p(r_i) = p$
- ② Ngưỡng T được lấy đối xứng giá trị r_k qua max_p : $T = max_p - (r_k - max_p)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám



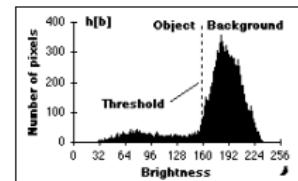
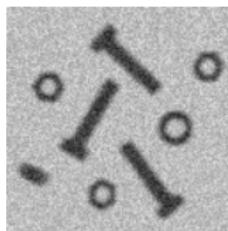
- ① Tìm ở phía các điểm ảnh không phải đối tượng (so với điểm có giá trị max_p) điểm có giá trị mức xám r_k với $p\%$: $P(r_k) = P_k = \sum_{i=0}^k p(r_i) = p$
 - ② Ngưỡng T được lấy đối xứng giá trị r_k qua max_p : $T = max_p - (r_k - max_p)$
- Dễ dàng ảnh có đối tượng sáng trên nền tối với phân bố lược đồ xám chủ đạo; hoặc đối tượng ảnh có phân bố lược đồ xám chủ đạo

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền

- Giả định:

- Lược đồ xám có một đỉnh rõ ràng và chủ đạo ứng với phân bố mức xám của nền (Giả thiết vùng nền sáng hơn, vùng đối tượng tối hơn)
 - ★ Phân bố này đối xứng qua đỉnh có giá trị cực đại $h(r_k)_{max}$ ($p(r_k)_{max}$)
 - ★ max_p là giá trị mức xám tại vị trí cực đại trong lược đồ xám



- ① Tìm ở phía các điểm ảnh không phải đối tượng (so với điểm có giá trị max_p) điểm có giá trị mức xám r_k với $p\%$: $P(r_k) = P_k = \sum_{i=0}^k p(r_i) = p$
 - ② Ngưỡng T được lấy đối xứng giá trị r_k qua max_p : $T = max_p - (r_k - max_p)$
- Dễ dàng ảnh có đối tượng sáng trên nền tối với phân bố lược đồ xám chủ đạo; hoặc đối tượng ảnh có phân bố lược đồ xám chủ đạo

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (10×10) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (10×10) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (10×10) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02

Biết độ chính xác cần thiết là $p = 98\%$. Hãy tìm ngưỡng toàn cục cơ bản của ảnh bằng thuật toán đối xứng nền



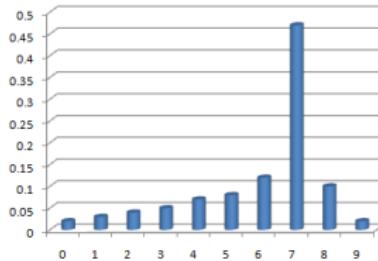
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I (10×10) với các điểm ảnh có giá trị mức xám $\in [0, 9]$. Lược đồ xám chuẩn hóa của ảnh được cho trong bảng sau:

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02

Biết độ chính xác cần thiết là $p = 98\%$. Hãy tìm ngưỡng toàn cục cơ bản của ảnh bằng thuật toán đối xứng nền



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

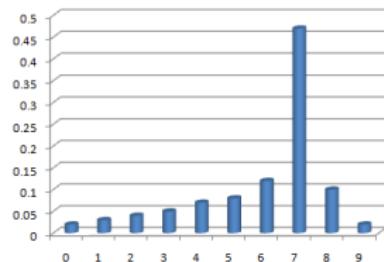
r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

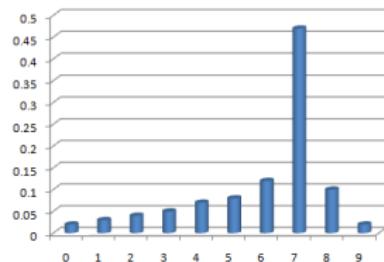
r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02

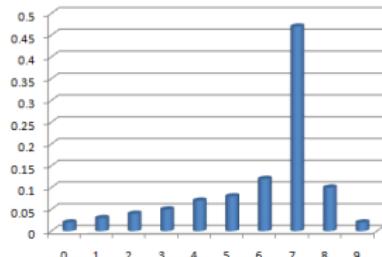


- Đỉnh cực đại trong lược đồ xám ứng với giá trị mức xám $\max_p = 7$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



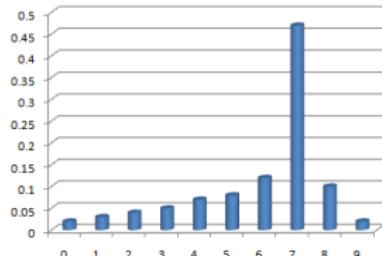
- Đỉnh cực đại trong lược đồ xám ứng với giá trị mức xám $\max_p = 7$

- Cần tìm xác suất tích lũy đến mức r_k ($tổng$ các xác suất các mức xám $\leq r_k$) bằng 98%

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



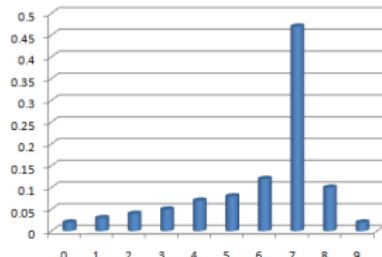
- Định cực đại trong lược đồ xám ứng với giá trị mức xám $\max_p = 7$

- Cần tìm xác suất tích lũy đến mức r_k ($tổng$ các xác suất các mức xám $\leq r_k$) bằng 98%
 - Dễ thấy, chúng ta cần tính đến $r_k = 8$: $P(8) = P_8 = \sum_{i=0}^8 p(r_i)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



- Đỉnh cực đại trong lược đồ xám ứng với giá trị mức xám $\max_p = 7$

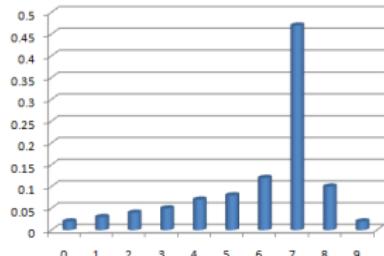
- Cần tìm xác suất tích lũy đến mức r_k ($tổng$ các xác suất các mức xám $\leq r_k$) bằng 98%

▶ Dễ thấy, chúng ta cần tính đến $r_k = 8$: $P(8) = P_8 = \sum_{i=0}^8 p(r_i) = 0.98$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



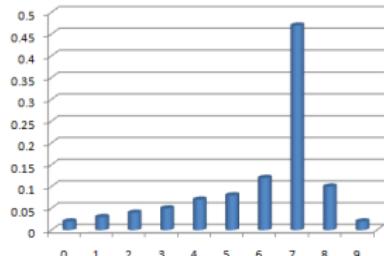
- Đỉnh cực đại trong lược đồ xám ứng với giá trị mức xám $\max_p = 7$

- Cần tìm xác suất tích lũy đến mức r_k ($tổng$ các xác suất các mức xám $\leq r_k$) bằng 98%
 - Dễ thấy, chúng ta cần tính đến $r_k = 8$: $P(8) = P_8 = \sum_{i=0}^8 p(r_i) = 0.98$
- \Rightarrow Ngưỡng toàn cục $T = \max_p - (r_k - \max_p)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán đối xứng nền - Minh họa tính toán (2/2)

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(r_k)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.47	0.1	0.02



- Đỉnh cực đại trong lược đồ xám ứng với giá trị mức xám $\max_p = 7$

- Cần tìm xác suất tích lũy đến mức r_k ($\text{tổng các xác suất các mức xám} \leq r_k$) bằng 98%
 - Dễ thấy, chúng ta cần tính đến $r_k = 8$: $P(8) = P_8 = \sum_{i=0}^8 p(r_i) = 0.98$
- \Rightarrow Ngưỡng toàn cục $T = \max_p - (r_k - \max_p) = 6$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

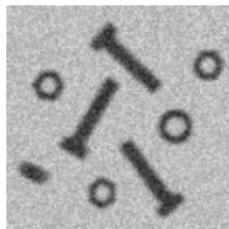
- Do Zack đề xuất



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

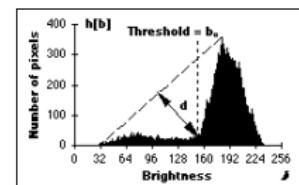
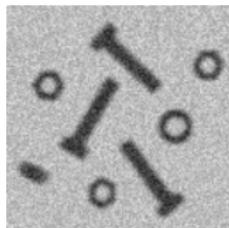
- Do Zack đề xuất



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

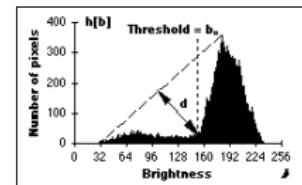
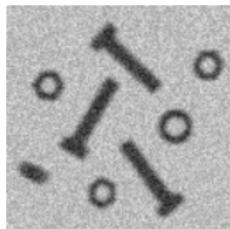
- Do Zack để xuất



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

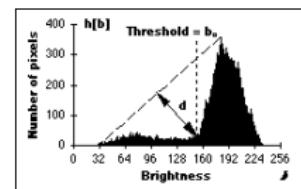
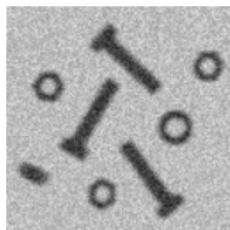
- Do Zack để xuất



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

- Do Zack để xuất

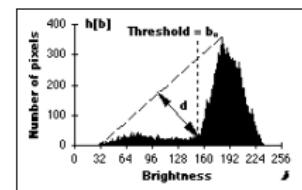
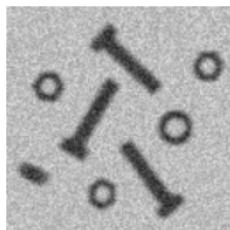


- Trên lược đồ xám, nối điểm (r_{max}, H_{max}) với điểm (r_{min}, H_{min}) bằng đường thẳng Δ

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

- Do Zack để xuất

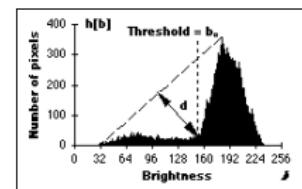
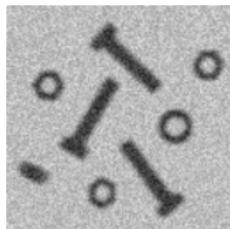


- Trên lược đồ xám, nối điểm (r_{max}, H_{max}) với điểm (r_{min}, H_{min}) bằng đường thẳng Δ
 - H_{max} : giá trị cực đại của lược đồ xám (tương ứng giá trị mức xám r_{max})

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

- Do Zack để xuất

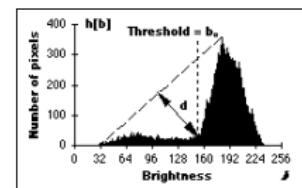
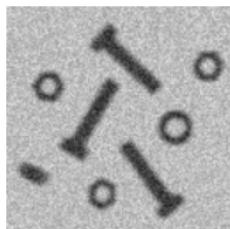


- Trên lược đồ xám, nối điểm (r_{max}, H_{max}) với điểm (r_{min}, H_{min}) bằng đường thẳng Δ
 - H_{max} : giá trị cực đại của lược đồ xám (tương ứng giá trị mức xám r_{max})
 - H_{min} : giá trị ứng với mức xám nhỏ nhất (tương ứng với $p = 0\%$, giá trị mức xám r_{min})

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

- Do Zack để xuất

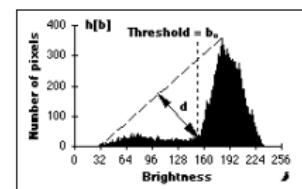
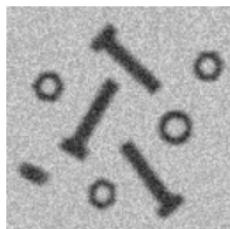


- Trên lược đồ xám, nối điểm (r_{max}, H_{max}) với điểm (r_{min}, H_{min}) bằng đường thẳng Δ
 - H_{max} : giá trị cực đại của lược đồ xám (tương ứng giá trị mức xám r_{max})
 - H_{min} : giá trị ứng với mức xám nhỏ nhất (tương ứng với $p = 0\%$, giá trị mức xám r_{min})
- Với $r_k \in [r_{min}, r_{max}]$, tính khoảng cách từ điểm $(r_k, h(r_k)) \rightarrow \Delta$:
 $d_k = d((r_k, h(r_k)), \Delta)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

- Do Zack để xuất

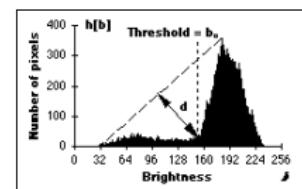
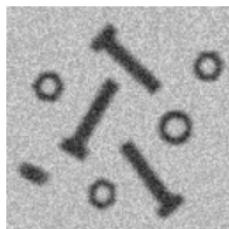


- Trên lược đồ xám, nối điểm (r_{max}, H_{max}) với điểm (r_{min}, H_{min}) bằng đường thẳng Δ
 - H_{max} : giá trị cực đại của lược đồ xám (tương ứng giá trị mức xám r_{max})
 - H_{min} : giá trị ứng với mức xám nhỏ nhất (tương ứng với $p = 0\%$, giá trị mức xám r_{min})
- Với $r_k \in [r_{min}, r_{max}]$, tính khoảng cách từ điểm $(r_k, h(r_k)) \rightarrow \Delta$:
 $d_k = d((r_k, h(r_k)), \Delta)$
 - Ngưỡng T : $T = r_k * = \max_{r_k \in [r_{min}, r_{max}]} d_k$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Thuật toán tam giác

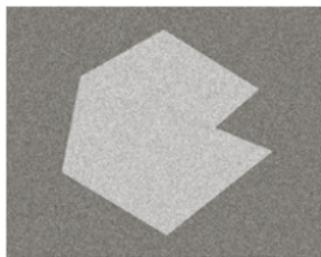
- Do Zack để xuất



- Trên lược đồ xám, nối điểm (r_{max}, H_{max}) với điểm (r_{min}, H_{min}) bằng đường thẳng Δ
 - H_{max} : giá trị cực đại của lược đồ xám (tương ứng giá trị mức xám r_{max})
 - H_{min} : giá trị ứng với mức xám nhỏ nhất (tương ứng với $p = 0\%$, giá trị mức xám r_{min})
- Với $r_k \in [r_{min}, r_{max}]$, tính khoảng cách từ điểm $(r_k, h(r_k)) \rightarrow \Delta$:
 $d_k = d((r_k, h(r_k)), \Delta)$
 - Ngưỡng T : $T = r_k * = \max_{r_k \in [r_{min}, r_{max}]} d_k$
- Dặc biệt hiệu quả khi các điểm ảnh thuộc đối tượng tao nên một đỉnh vếu

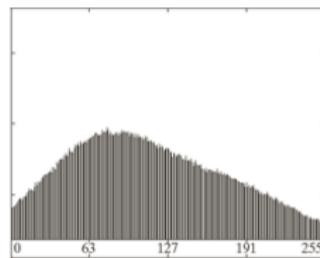
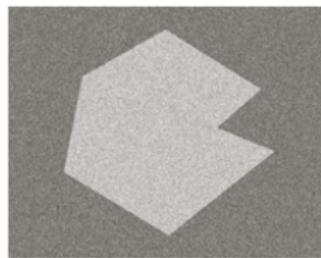
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục



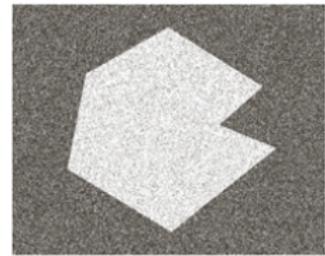
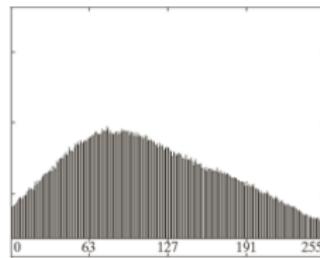
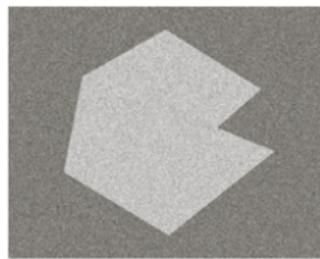
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục



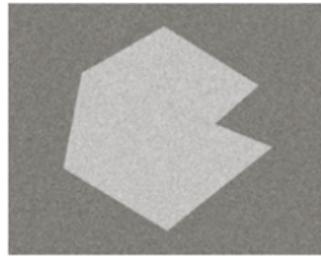
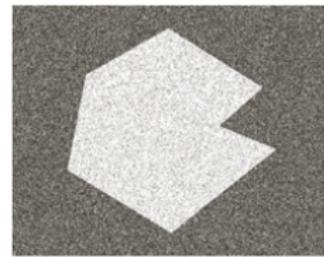
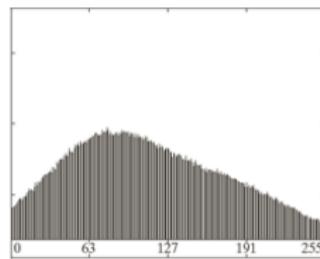
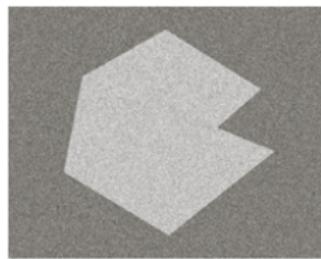
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục



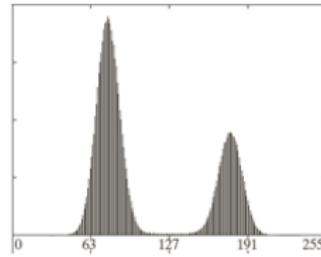
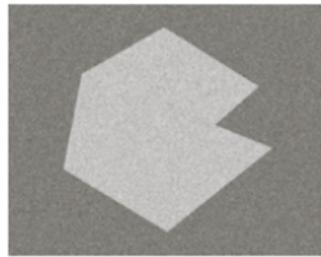
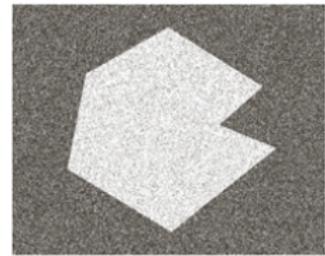
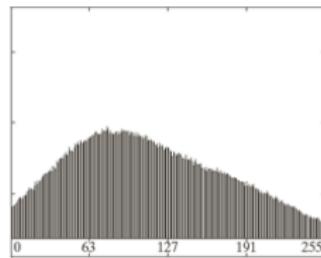
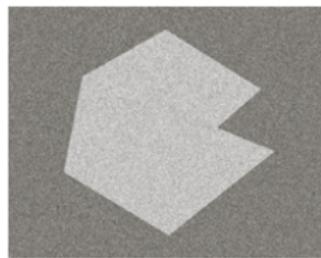
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục



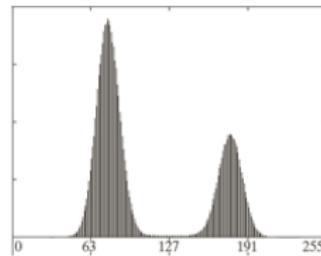
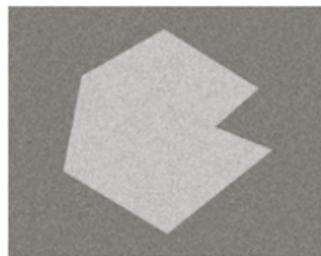
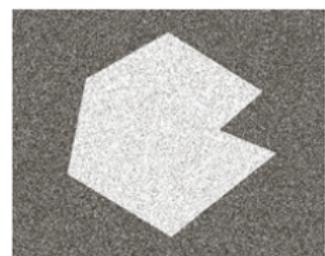
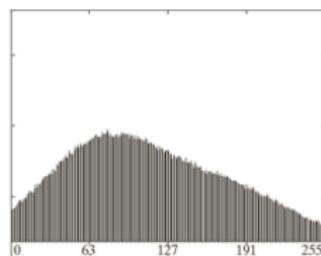
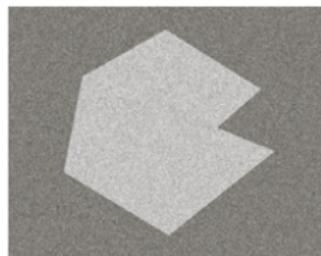
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- **Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ**



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- **Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ**



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

❶ Lặp với $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

① Lặp với $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$

- ▶ Tính lược đồ xám làm trơn $h_s(r_k)$ từ lược đồ xám ảnh vào $h(r_k)$ theo công thức

$$h_s(r_k) = \frac{1}{W} \sum_{i=-a}^{+a} h(r_k - i)$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

① Lặp với $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$

- ▶ Tính lược đồ xám làm trơn $h_s(r_k)$ từ lược đồ xám ảnh vào $h(r_k)$ theo công thức

$$h_s(r_k) = \frac{1}{W} \sum_{i=-a}^{+a} h(r_k - i)$$

- ▶ Kích thước $W = 2a + 1$ (lẻ) (thường chọn bằng 3 hoặc 5)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

① Lặp với $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$

- ▶ Tính lược đồ xám làm trơn $h_s(r_k)$ từ lược đồ xám ảnh vào $h(r_k)$ theo công thức

$$h_s(r_k) = \frac{1}{W} \sum_{i=-a}^{+a} h(r_k - i)$$

- ▶ Kích thước $W = 2a + 1$ (lẻ) (thường chọn bằng 3 hoặc 5)
- ▶ Quy ước $h(r_m) = 0$ với $r_m \notin [0, L - 1]$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

❶ Lặp với $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$

- ▶ Tính lược đồ xám làm trơn $h_s(r_k)$ từ lược đồ xám ảnh vào $h(r_k)$ theo công thức

$$h_s(r_k) = \frac{1}{W} \sum_{i=-a}^{+a} h(r_k - i)$$

- ▶ Kích thước $W = 2a + 1$ (lẻ) (thường chọn bằng 3 hoặc 5)
- ▶ Quy ước $h(r_m) = 0$ với $r_m \notin [0, L - 1]$

- \equiv Nhân chập với mặt nạ 1-D:

$$H = \frac{1}{|W|} [1 \quad 1 \quad \dots \quad 1]$$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

① Lặp với $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$

- ▶ Tính lược đồ xám làm trơn $h_s(r_k)$ từ lược đồ xám ảnh vào $h(r_k)$ theo công thức

$$h_s(r_k) = \frac{1}{W} \sum_{i=-a}^{+a} h(r_k - i)$$

- ▶ Kích thước $W = 2a + 1$ (lẻ) (thường chọn bằng 3 hoặc 5)
- ▶ Quy ước $h(r_m) = 0$ với $r_m \notin [0, L - 1]$

- \equiv Nhân chập với mặt nạ 1-D:

$$H = \frac{1}{|W|} [1 \quad 1 \quad \dots \quad 1]$$

- ▶ \equiv Lọc trung bình



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám

- Nhằm loại bỏ những dao động nhỏ về giá trị mức xám trên lược đồ xám
- Cần chú ý không làm dịch chuyển vị trí các đỉnh trong lược đồ

❶ Lặp với $r_k = 0, 1, \dots, L - 1$

- ▶ Tính lược đồ xám làm trơn $h_s(r_k)$ từ lược đồ xám ảnh vào $h(r_k)$ theo công thức

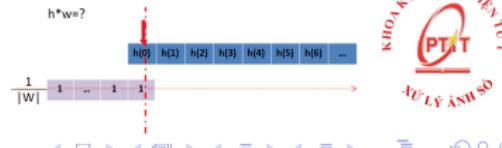
$$h_s(r_k) = \frac{1}{W} \sum_{i=-a}^{+a} h(r_k - i)$$

- ▶ Kích thước $W = 2a + 1$ (lẻ) (thường chọn bằng 3 hoặc 5)
- ▶ Quy ước $h(r_m) = 0$ với $r_m \notin [0, L - 1]$

- \equiv Nhân chập với mặt nạ 1-D:

$$H = \frac{1}{|W|} [1 \quad 1 \quad \dots \quad 1]$$

- ▶ \equiv Lọc trung bình



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$
- $r_k = r_0 = 0$:

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$
- $r_k = r_0 = 0$:

$$\blacktriangleright h_s(r_0) = \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i)$$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$
- $r_k = r_0 = 0$:

$$\blacktriangleright h_s(r_0) = \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right)$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$
- $r_k = r_0 = 0$:

$$\begin{aligned} \blacktriangleright h_s(r_0) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_1) + h(r_0) + h(-1) \right) \end{aligned}$$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$
- $r_k = r_0 = 0$:

$$\begin{aligned} \blacktriangleright h_s(r_0) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_1) + h(r_0) + h(-1) \right) = 3 \text{ (quy ước } h(r_m) \text{ với } r_m \notin [0, L-1] = 0) \end{aligned}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$

- $r_k = r_0 = 0$:

$$\begin{aligned} \blacktriangleright h_s(r_0) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_1) + h(r_0) + h(-1) \right) = 3 \text{ (quy ước } h(r_m) \text{ với } r_m \notin [0, L-1] = 0) \end{aligned}$$

- $r_k = r_1 = 1$:

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$

- $r_k = r_0 = 0$:

- ▶
$$h_s(r_0) = \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right)$$
$$= \frac{1}{3} \left(h(r_1) + h(r_0) + h(-1) \right) = 3 \text{ (quy ước } h(r_m) \text{ với } r_m \notin [0, L-1] = 0\text{)}$$

- $r_k = r_1 = 1$:

- ▶
$$h_s(r_1) = \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_1 - i)$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$

- $r_k = r_0 = 0$:

$$\begin{aligned} h_s(r_0) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_1) + h(r_0) + h(-1) \right) = 3 \text{ (quy ước } h(r_m) \text{ với } r_m \notin [0, L-1] = 0) \end{aligned}$$

- $r_k = r_1 = 1$:

$$h_s(r_1) = \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_1 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_1 + 1) + h(r_1 - 0) + h(r_1 - 1) \right)$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$

- $r_k = r_0 = 0$:

$$\begin{aligned} \blacktriangleright h_s(r_0) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_1) + h(r_0) + h(-1) \right) = 3 \text{ (quy ước } h(r_m) \text{ với } r_m \notin [0, L-1] = 0) \end{aligned}$$

- $r_k = r_1 = 1$:

$$\begin{aligned} \blacktriangleright h_s(r_1) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_1 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_1 + 1) + h(r_1 - 0) + h(r_1 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_2) + h(r_1) + h(r_0) \right) \end{aligned}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

Cho một ảnh I có lược đồ xám như trong bảng. Hãy thực hiện làm trơn lược đồ xám với kích thước $W = 3$

r_k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h(r_k)$	4	5	6	6	4	4	6	0	1	2

- $W = 3 \Rightarrow a = 1$

- $r_k = r_0 = 0$:

$$\begin{aligned} h_s(r_0) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_0 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_0 + 1) + h(r_0 - 0) + h(r_0 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_1) + h(r_0) + h(-1) \right) = 3 \text{ (quy ước } h(r_m) \text{ với } r_m \notin [0, L-1] = 0) \end{aligned}$$

- $r_k = r_1 = 1$:

$$\begin{aligned} h_s(r_1) &= \frac{1}{3} \sum_{i=-1}^1 h(r_1 - i) = \frac{1}{3} \left(h(r_1 + 1) + h(r_1 - 0) + h(r_1 - 1) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(h(r_2) + h(r_1) + h(r_0) \right) = 5 \end{aligned}$$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

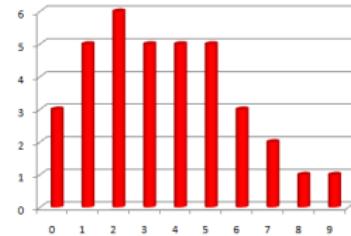
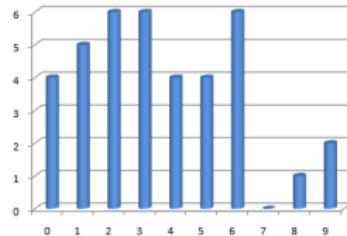
- Một cách tương tự $\Rightarrow h_s(r_2) = 6, h_s(r_3) = 5, h_s(r_4) = 5, h_s(r_5) = 5,$
 $h_s(r_6) = 3, h_s(r_7) = 2, h_s(r_8) = 1, h_s(r_9) = 1$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng làm trơn ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục -
Làm trơn lược đồ xám - Minh họa tính toán (1/2)

- Một cách tương tự $\Rightarrow h_s(r_2) = 6, h_s(r_3) = 5, h_s(r_4) = 5, h_s(r_5) = 5,$
 $h_s(r_6) = 3, h_s(r_7) = 2, h_s(r_8) = 1, h_s(r_9) = 1$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ ⇒ Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ ⇒ Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ▶ ⇒ ↑ tính đối xứng của lược đồ xám



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ ⇒ Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ▶ ⇒ ↑ tính đối xứng của lược đồ xám

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$)

Output: Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ \Rightarrow Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ▶ $\Rightarrow \uparrow$ tính đối xứng của lược đồ xám

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$)

Output: Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

- ➊ Tính ảnh biên $\tilde{f}(x, y)$ dựa trên hoặc biên độ gradient, hoặc sử dụng giá trị tuyệt đối của lọc Laplace bằng bất cứ thuật toán nào đã học

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ \Rightarrow Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ▶ \Rightarrow ↑ tính đối xứng của lược đồ xám

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$)

Output: Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

- ❶ Tính ảnh biên $\tilde{f}(x, y)$ dựa trên hoặc biên độ gradient, hoặc sử dụng giá trị tuyệt đối của lọc Laplace bằng bất cứ thuật toán nào đã học
- ❷ Xác định một giá trị ngưỡng T

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ \Rightarrow Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ▶ \Rightarrow ↑ tính đối xứng của lược đồ xám

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$)

Output: Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

- ❶ Tính ảnh biên $\tilde{f}(x, y)$ dựa trên hoặc biên độ gradient, hoặc sử dụng giá trị tuyệt đối của lọc Laplace bằng bất cứ thuật toán nào đã học
- ❷ Xác định một giá trị ngưỡng T
- ❸ Phân ngưỡng ảnh biên sử dụng ngưỡng $T \rightarrow$ ảnh nhị phân (ảnh mặt nạ) $g_T(x, y)$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ \Rightarrow Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ▶ $\Rightarrow \uparrow$ tính đối xứng của lược đồ xám

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$)

Output: Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

- ➊ Tính ảnh biên $\tilde{f}(x, y)$ dựa trên hoặc biên độ gradient, hoặc sử dụng giá trị tuyệt đối của lọc Laplace bằng bất cứ thuật toán nào đã học
- ➋ Xác định một giá trị ngưỡng T
- ➌ Phân ngưỡng ảnh biên sử dụng ngưỡng $T \rightarrow$ ảnh nhị phân (ảnh mặt nạ) $g_T(x, y)$
- ➍ Lựa chọn các điểm ảnh của $f(x, y)$ tại các vị trí tương ứng với điểm có giá trị 1 trong ảnh mặt nạ $g_T(x, y)$ (\equiv Các điểm ảnh biên mạnh)

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ▶ ⇒ Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ▶ ⇒ ↑ tính đối xứng của lược đồ xám

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$)

Output: Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

- ➊ Tính ảnh biên $\tilde{f}(x, y)$ dựa trên hoặc biên độ gradient, hoặc sử dụng giá trị tuyệt đối của lọc Laplace bằng bất cứ thuật toán nào đã học
- ➋ Xác định một giá trị ngưỡng T
- ➌ Phân ngưỡng ảnh biên sử dụng ngưỡng $T \rightarrow$ ảnh nhị phân (ảnh mặt nạ) $g_T(x, y)$
- ➍ Lựa chọn các điểm ảnh của $f(x, y)$ tại các vị trí tương ứng với điểm có giá trị 1 trong ảnh mặt nạ $g_T(x, y)$ (\equiv Các điểm ảnh biên mạnh)
 - ▶ Tính lược đồ xám $\tilde{h}(r_k)$ của các điểm vừa chọn

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục

- Chỉ xem xét các điểm ảnh nằm ở biên hoặc gần biên:
 - ⇒ Lược đồ xám sẽ có các đỉnh xấp xỉ cùng độ cao
 - ⇒ ↑ tính đối xứng của lược đồ xám

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$)

Output: Ngưỡng thích hợp của ảnh, phân vùng ảnh

- Tính ảnh biên $\tilde{f}(x, y)$ dựa trên hoặc biên độ gradient, hoặc sử dụng giá trị tuyệt đối của lọc Laplace bằng bất cứ thuật toán nào đã học
- Xác định một giá trị ngưỡng T
- Phân ngưỡng ảnh biên sử dụng ngưỡng $T \rightarrow$ ảnh nhị phân (ảnh mặt nạ) $g_T(x, y)$
- Lựa chọn các điểm ảnh của $f(x, y)$ tại các vị trí tương ứng với điểm có giá trị 1 trong ảnh mặt nạ $g_T(x, y)$ (\equiv Các điểm ảnh biên mạnh)
 - Tính lược đồ xám $\tilde{h}(r_k)$ của các điểm vừa chọn
- Sử dụng lược đồ xám $\tilde{h}(r_k)$ để tính ngưỡng toàn cục và phân vùng ảnh $f(x, y)$

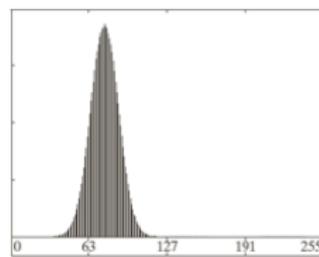
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (1)



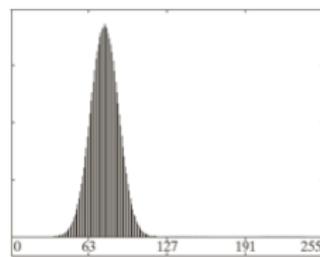
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (1)



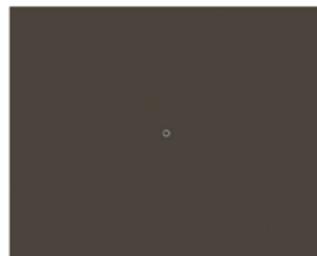
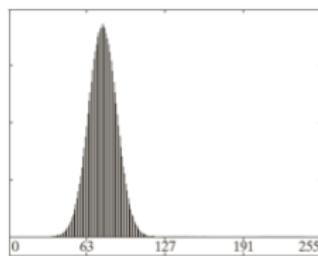
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (1)



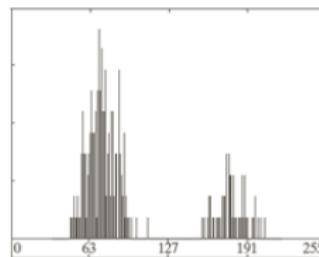
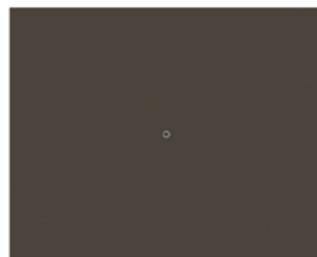
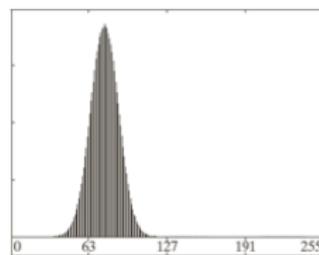
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (1)



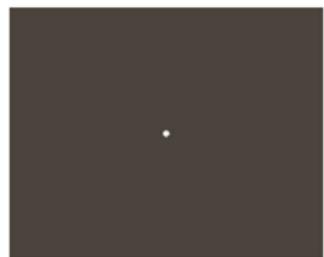
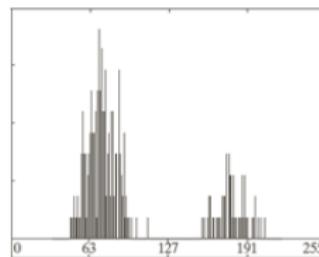
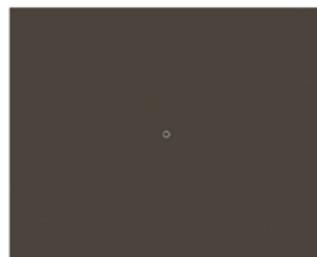
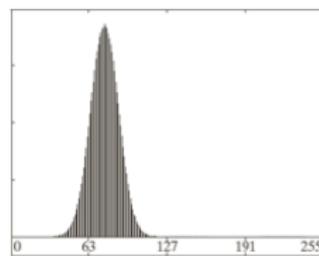
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (1)



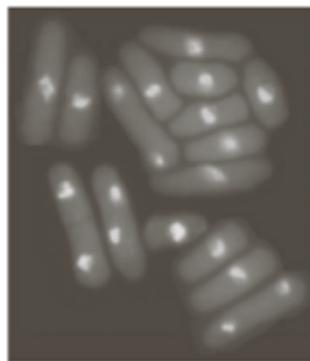
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (1)



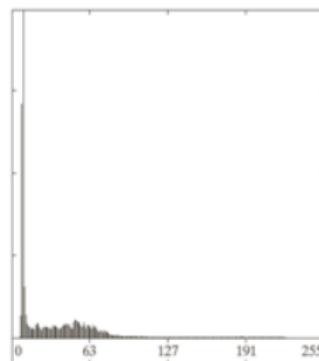
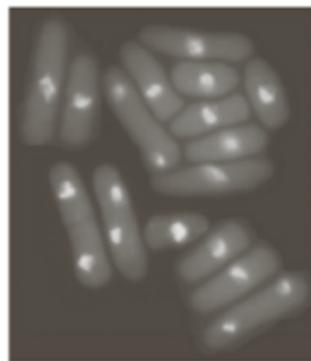
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (2)



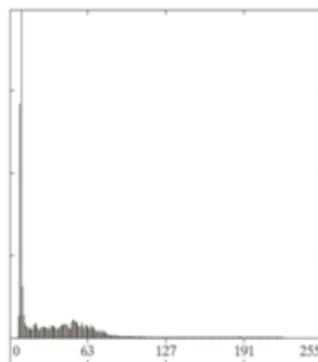
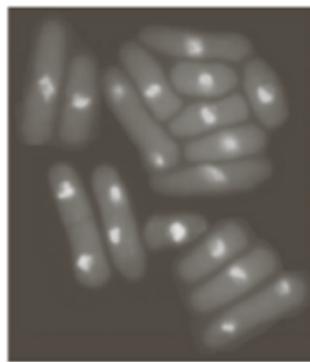
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (2)



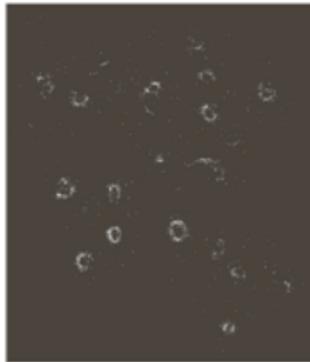
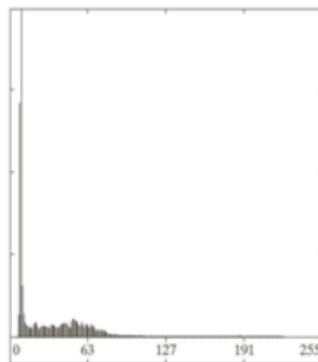
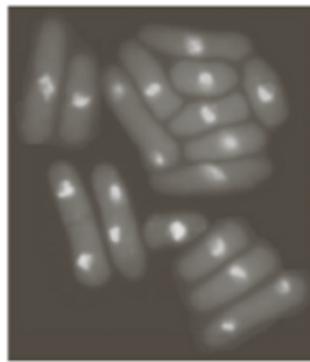
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (2)



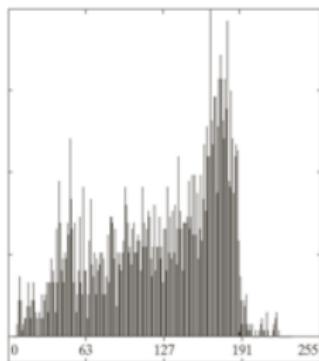
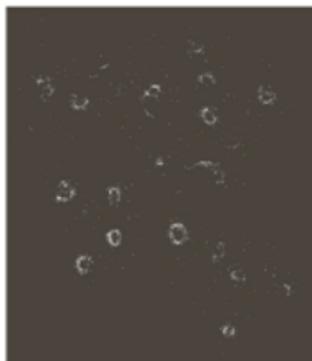
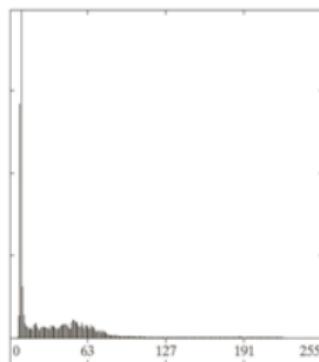
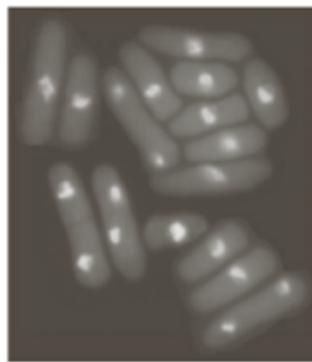
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (2)



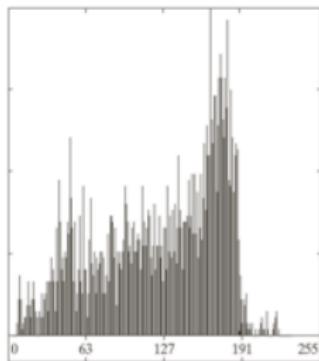
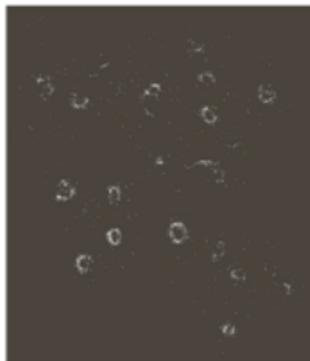
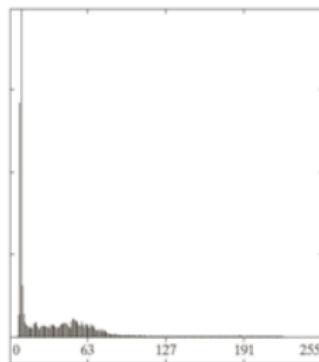
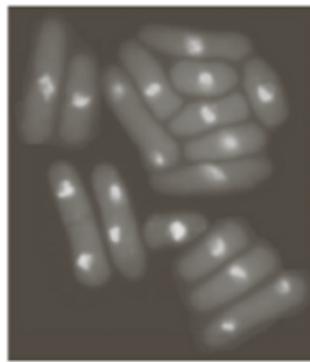
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (2)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Sử dụng biên ảnh để cải thiện phân ngưỡng toàn cục - Minh họa (2)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Cải thiện phân ngưỡng

- Chọn thuật toán phù hợp với đặc tính của ảnh cần phân vùng



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Cải thiện phân ngưỡng

- Chọn thuật toán phù hợp với đặc tính của ảnh cần phân vùng
- Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Cải thiện phân ngưỡng

- Chọn thuật toán phù hợp với đặc tính của ảnh cần phân vùng
- Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)
- Kết hợp thông tin về biên ảnh



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Cải thiện phân ngưỡng

- Chọn thuật toán phù hợp với đặc tính của ảnh cần phân vùng
- Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)
- Kết hợp thông tin về biên ảnh
- Sử dụng nhiều ngưỡng (thích hợp cho các đối tượng khác nhau trong ảnh)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Cải thiện phân ngưỡng

- Chọn thuật toán phù hợp với đặc tính của ảnh cần phân vùng
- Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)
- Kết hợp thông tin về biên ảnh
- Sử dụng nhiều ngưỡng (thích hợp cho các đối tượng khác nhau trong ảnh)
- Sử dụng phân ngưỡng thay đổi



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ: Cải thiện phân ngưỡng

- Chọn thuật toán phù hợp với đặc tính của ảnh cần phân vùng
- Làm trơn ảnh (lọc nhiễu)
- Kết hợp thông tin về biên ảnh
- Sử dụng nhiều ngưỡng (thích hợp cho các đối tượng khác nhau trong ảnh)
- Sử dụng phân ngưỡng thay đổi
- Sử dụng phân ngưỡng thay đổi với nhiều mức ngưỡng



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất**
- Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
 - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
 - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)
- Các tiêu chuẩn thường dùng để đánh giá độ thuần nhất:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
 - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)
- Các tiêu chuẩn thường dùng để đánh giá độ thuần nhất:
 - ▶ Trung bình số học giá trị mức xám của vùng R_i : $m_{R_i} = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
 - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)
- Các tiêu chuẩn thường dùng để đánh giá độ thuần nhất:
 - ▶ Trung bình số học giá trị mức xám của vùng R_i : $m_{R_i} = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)$
 - ▶ Độ lệch chuẩn giá trị mức xám của vùng R_i : $\sigma_{R_i}^2 = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} (f(x,y) - m_{R_i})^2$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
 - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)
- Các tiêu chuẩn thường dùng để đánh giá độ thuần nhất:
 - ▶ Trung bình số học giá trị mức xám của vùng R_i : $m_{R_i} = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)$
 - ▶ Độ lệch chuẩn giá trị mức xám của vùng R_i : $\sigma_{R_i}^2 = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} (f(x,y) - m_{R_i})^2$
 - ★ Hai miền R_i và R_j là đồng nhất nếu $|m_{R_i} - m_{R_j}| < k\sigma_{R_i}$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
 - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)
- Các tiêu chuẩn thường dùng để đánh giá độ thuần nhất:
 - ▶ Trung bình số học giá trị mức xám của vùng R_i : $m_{R_i} = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)$
 - ▶ Độ lệch chuẩn giá trị mức xám của vùng R_i : $\sigma_{R_i}^2 = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} (f(x,y) - m_{R_i})^2$
 - ★ Hai miền R_i và R_j là đồng nhất nếu $|m_{R_i} - m_{R_j}| < k\sigma_{R_i}$
 - ★ Một miền R_i là đồng nhất nếu $\forall (x,y) \in R_i: |f(x,y)_{max} - f(x,y)_{min}| < \theta$ (θ : giá trị ngưỡng)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Giới thiệu

- Các kỹ thuật phân ảnh dựa trực tiếp trên việc tìm các miền
- Các phương pháp chủ yếu:
 - ▶ Phát triển vùng (Region growing)
 - ▶ Tách và hợp vùng (Region splitting and merging)
- Các tiêu chuẩn thường dùng để đánh giá độ thuần nhất:
 - ▶ Trung bình số học giá trị mức xám của vùng R_i : $m_{R_i} = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)$
 - ▶ Độ lệch chuẩn giá trị mức xám của vùng R_i : $\sigma_{R_i}^2 = \frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} (f(x,y) - m_{R_i})^2$
 - ★ Hai miền R_i và R_j là đồng nhất nếu $|m_{R_i} - m_{R_j}| < k\sigma_{R_i}$
 - ★ Một miền R_i là đồng nhất nếu $\forall (x,y) \in R_i$: $|f(x,y)_{max} - f(x,y)_{min}| < \theta$ (θ : giá trị ngưỡng)
 - ★ Một miền R_i là đồng nhất nếu $\forall (x,y) \in R_i$: $\frac{1}{|R_i|} \sum_{(x,y) \in S_{xy}} (f(x,y) - m_{R_i})^2 \leq \theta$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn
 - ▶ Thực hiện nhóm cho đến khi không thể tiếp tục; số miền còn lại là kết quả phân vùng ảnh



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn
 - ▶ Thực hiện nhóm cho đến khi không thể tiếp tục; số miền còn lại là kết quả phân vùng ảnh
 - ▶ Tập điểm ảnh bắt đầu của quá trình phát triển: các điểm "hạt giống"



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn
 - ▶ Thực hiện nhóm cho đến khi không thể tiếp tục; số miền còn lại là kết quả phân vùng ảnh
 - ▶ Tập điểm ảnh bắt đầu của quá trình phát triển: các điểm "hạt giống"
 - ▶ Tiêu chuẩn định trước:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn
 - ▶ Thực hiện nhóm cho đến khi không thể tiếp tục; số miền còn lại là kết quả phân vùng ảnh
 - ▶ Tập điểm ảnh bắt đầu của quá trình phát triển: các điểm "hạt giống"
 - ▶ Tiêu chuẩn định trước:
 - ★ Tiêu chuẩn về tính tương tự, tính giống nhau, ...



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn
 - ▶ Thực hiện nhóm cho đến khi không thể tiếp tục; số miền còn lại là kết quả phân vùng ảnh
 - ▶ Tập điểm ảnh bắt đầu của quá trình phát triển: các điểm "hạt giống"
 - ▶ Tiêu chuẩn định trước:
 - ★ Tiêu chuẩn về tính tương tự, tính giống nhau, ...
 - ★ Đảm bảo kế cận nhau



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Tổng quan

- ≡ Phương pháp hợp, phương pháp cục bộ
- Thực hiện nhóm các điểm ảnh hoặc các vùng ảnh nhỏ thỏa mãn các tiêu chuẩn định trước thành các vùng lớn hơn
 - ▶ Thực hiện nhóm cho đến khi không thể tiếp tục; số miền còn lại là kết quả phân vùng ảnh
 - ▶ Tập điểm ảnh bắt đầu của quá trình phát triển: các điểm "hạt giống"
 - ▶ Tiêu chuẩn định trước:
 - ★ Tiêu chuẩn về tính tương tự, tính giống nhau, ...
 - ★ Đảm bảo kế cận nhau
- ↑ Tính hiệu quả của các thuật toán phát triển vùng bằng cách sử dụng thêm các tiêu chuẩn bổ sung về thông tin kích thước, hình dạng vùng, ...



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Thuật toán

Input: Ảnh I : $f(x, y)$ ($M \times N$); mảng "hạt giống": $S(x, y)$ ($M \times N$) - vị trí các điểm "hạt giống" có giá trị 1, các vị trí khác có giá trị 0; một vị từ áp dụng tại mỗi điểm ảnh hoặc vùng ảnh nhỏ để phát triển vùng: Q ; Sử dụng tính kết nối 8 (8-connectivity)

Output: Ảnh phân vùng I'

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Thuật toán

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$); mảng "hạt giống": $S(x, y)$ ($M \times N$) - vị trí các điểm "hạt giống" có giá trị 1, các vị trí khác có giá trị 0; một vị tử áp dụng tại mỗi điểm ảnh hoặc vùng ảnh nhỏ để phát triển vùng: Q ; Sử dụng tính kết nối 8 (8-connectivity)

Output: Ảnh phân vùng I'

- ① Tìm tất cả các phần tử kết nối trong $S(x, y)$ và co mỗi phần tử kết nối về một điểm; Gán nhãn tất cả các điểm tìm được là 1, tất cả các điểm khác trong $S(x, y)$ gán nhãn 0

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Thuật toán

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$); mảng "hạt giống": $S(x, y)$ ($M \times N$) - vị trí các điểm "hạt giống" có giá trị 1, các vị trí khác có giá trị 0; một vị tử áp dụng tại mỗi điểm ảnh hoặc vùng ảnh nhỏ để phát triển vùng: Q ; Sử dụng tính kết nối 8 (8-connectivity)

Output: Ảnh phân vùng I'

- ① Tìm tất cả các phần tử kết nối trong $S(x, y)$ và co mỗi phần tử kết nối về một điểm; Gán nhãn tất cả các điểm tìm được là 1, tất cả các điểm khác trong $S(x, y)$ gán nhãn 0
- ② Tạo một ảnh $f_Q(x, y)$: $f_Q(x, y) = 1$ nếu tại các điểm $(x, y) \in I$ thỏa mãn vị tử Q ; ngược lại $f_Q(x, y) = 0$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Thuật toán

Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$); mảng "hạt giống": $S(x, y)$ ($M \times N$) - vị trí các điểm "hạt giống" có giá trị 1, các vị trí khác có giá trị 0; một vị tử áp dụng tại mỗi điểm ảnh hoặc vùng ảnh nhỏ để phát triển vùng: Q ; Sử dụng tính kết nối 8 (8-connectivity)

Output: Ảnh phân vùng I'

- ① Tìm tất cả các phần tử kết nối trong $S(x, y)$ và co mỗi phần tử kết nối về một điểm; Gán nhãn tất cả các điểm tìm được là 1, tất cả các điểm khác trong $S(x, y)$ gán nhãn 0
- ② Tạo một ảnh $f_Q(x, y)$: $f_Q(x, y) = 1$ nếu tại các điểm $(x, y) \in I$ thỏa mãn vị từ Q ; ngược lại $f_Q(x, y) = 0$
- ③ Tạo ảnh $g(x, y)$: thêm vào các điểm "hạt giống" của $S(x, y)$ tất cả các điểm có giá trị 1 trong $f_Q(x, y)$ mà kết nối 8 với điểm "hạt giống"

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng - Thuật toán

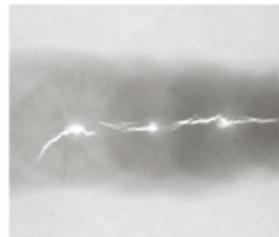
Input: Ảnh $I: f(x, y)$ ($M \times N$); mảng "hạt giống": $S(x, y)$ ($M \times N$) - vị trí các điểm "hạt giống" có giá trị 1, các vị trí khác có giá trị 0; một vị tử áp dụng tại mỗi điểm ảnh hoặc vùng ảnh nhỏ để phát triển vùng: Q ; Sử dụng tính kết nối 8 (8-connectivity)

Output: Ảnh phân vùng I'

- ① Tìm tất cả các phần tử kết nối trong $S(x, y)$ và co mỗi phần tử kết nối về một điểm; Gán nhãn tất cả các điểm tìm được là 1, tất cả các điểm khác trong $S(x, y)$ gán nhãn 0
- ② Tạo một ảnh $f_Q(x, y)$: $f_Q(x, y) = 1$ nếu tại các điểm $(x, y) \in I$ thỏa mãn vị tử Q ; ngược lại $f_Q(x, y) = 0$
- ③ Tạo ảnh $g(x, y)$: thêm vào các điểm "hạt giống" của $S(x, y)$ tất cả các điểm có giá trị 1 trong $f_Q(x, y)$ mà kết nối 8 với điểm "hạt giống"
- ④ Gán nhãn mỗi phần tử kết nối trong $g(x, y)$ với một nhãn vùng khác nhau. Đây chính là ảnh kết quả phân vùng I'

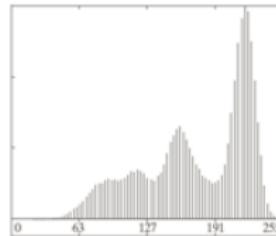
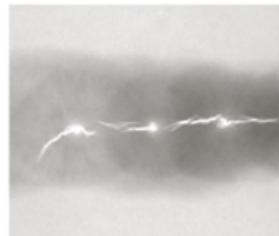
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



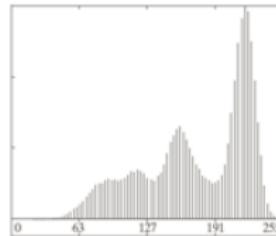
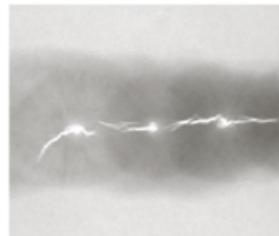
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



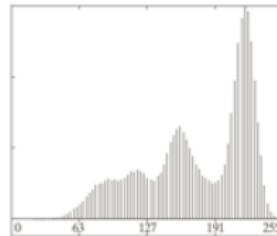
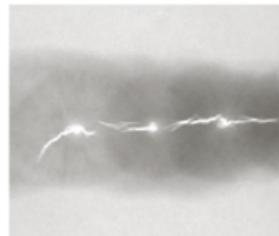
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



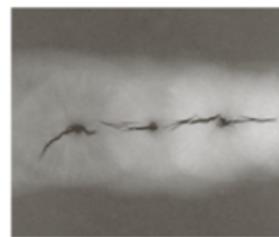
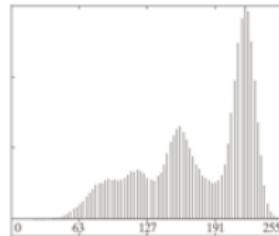
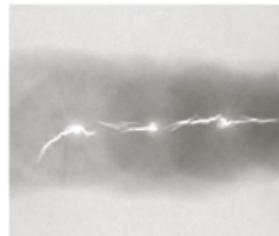
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



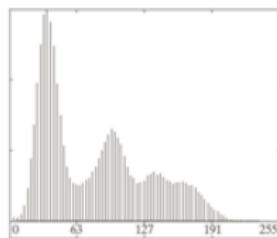
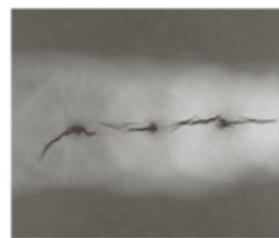
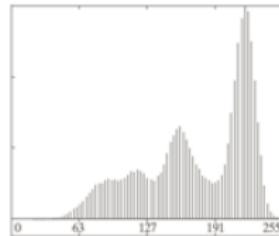
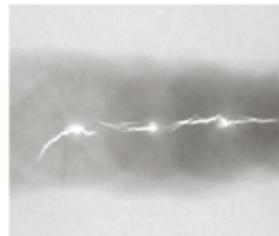
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



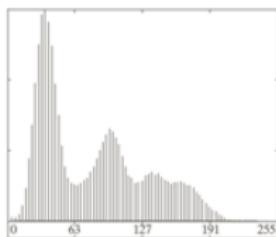
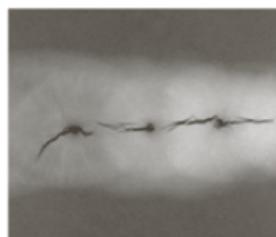
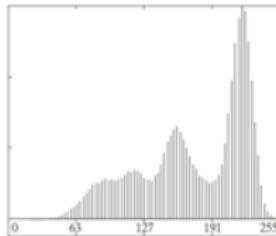
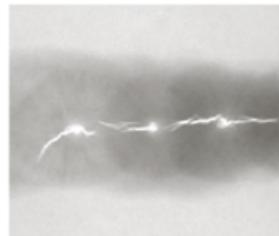
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



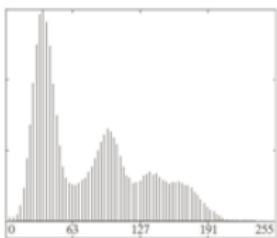
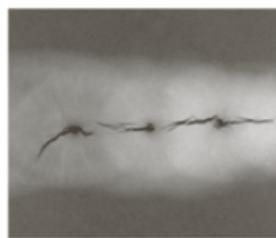
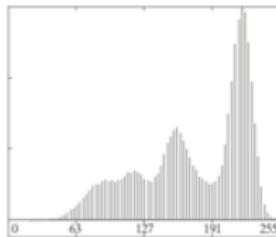
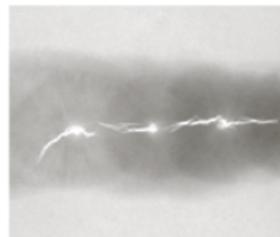
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



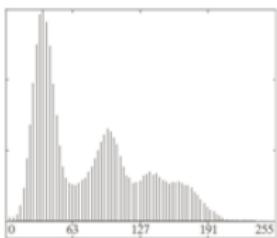
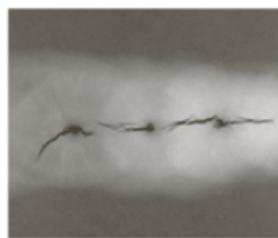
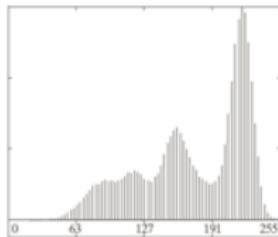
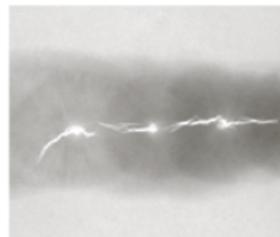
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Phát triển vùng: Minh họa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree) \Rightarrow Phương pháp tách cây tứ phân



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree) \Rightarrow Phương pháp tách cây tứ phân
- Phương pháp tách và hợp vùng khắc phục được:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree) \Rightarrow Phương pháp tách cây tứ phân
- Phương pháp tách và hợp vùng khắc phục được:
 - ▶ Việc chia quá chi tiết của phương pháp chỉ tách



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree) \Rightarrow Phương pháp tách cây tứ phân
- Phương pháp tách và hợp vùng khắc phục được:
 - ▶ Việc chia quá chi tiết của phương pháp chỉ tách
 - ▶ Việc không thấy mối quan hệ giữa các vùng ảnh con của phương pháp chỉ hợp



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree) \Rightarrow Phương pháp tách cây tứ phân
- Phương pháp tách và hợp vùng khắc phục được:
 - ▶ Việc chia quá chi tiết của phương pháp chỉ tách
 - ▶ Việc không thấy mối quan hệ giữa các vùng ảnh con của phương pháp chỉ hợp
- Phương pháp tách và hợp:



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree) \Rightarrow Phương pháp tách cây tứ phân
- Phương pháp tách và hợp vùng khắc phục được:
 - ▶ Việc chia quá chi tiết của phương pháp chỉ tách
 - ▶ Việc không thấy mối quan hệ giữa các vùng ảnh con của phương pháp chỉ hợp
- Phương pháp tách và hợp:
 - ▶ Cho số vùng nhỏ hơn phương pháp chỉ tách



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tổng quan

- Đầu tiên, thực hiện chia một bức ảnh thành một tập các vùng không giao nhau bất kỳ (arbitrary). Sau đó thực hiện hợp hoặc/và tách các vùng đó nhằm thỏa mãn các điều kiện phân vùng ảnh
- Nếu chỉ sử dụng phép tách và mỗi lần tách tạo thành 4 vùng con, dữ liệu có dạng biểu diễn là một cây tứ phân (quadtree) \Rightarrow Phương pháp tách cây tứ phân
- Phương pháp tách và hợp vùng khắc phục được:
 - ▶ Việc chia quá chi tiết của phương pháp chỉ tách
 - ▶ Việc không thấy mối quan hệ giữa các vùng ảnh con của phương pháp chỉ hợp
- Phương pháp tách và hợp:
 - ▶ Cho số vùng nhỏ hơn phương pháp chỉ tách
 - ▶ Ảnh trơn hơn



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

① $R_0 = R$



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ➊ $R_0 = R$
- ➋ Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ➊ $R_0 = R$
- ➋ Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn
- Kiểm tra tiêu chuẩn đồng nhất trên một miền lớn \rightarrow miền nhỏ hơn

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
 - ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn
-
- Kiểm tra tiêu chuẩn đồng nhất trên một miền lớn \rightarrow miền nhỏ hơn
 - Thực hiện dễ dàng bằng đệ quy

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn

- Kiểm tra tiêu chuẩn đồng nhất trên một miền lớn \rightarrow miền nhỏ hơn
- Thực hiện dễ dàng bằng đệ quy
- Thường cần xác định kích thước nhỏ nhất của một vùng mà nếu kích thước vùng nhỏ hơn thế sẽ không thực hiện việc tách thêm nữa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

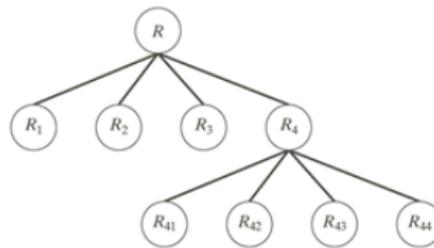
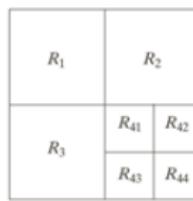
- ➊ $R_0 = R$
- ➋ Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ miền con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn

- Kiểm tra tiêu chuẩn đồng nhất trên một miền lớn \rightarrow miền nhỏ hơn
- Thực hiện dễ dàng bằng đệ quy
- Thường cần xác định kích thước nhỏ nhất của một vùng mà nếu kích thước vùng nhỏ hơn thế sẽ không thực hiện việc tách thêm nữa
- Vùng ảnh tương ứng với các node của cây: ảnh tứ (quadimage), vùng tứ (quadregion)



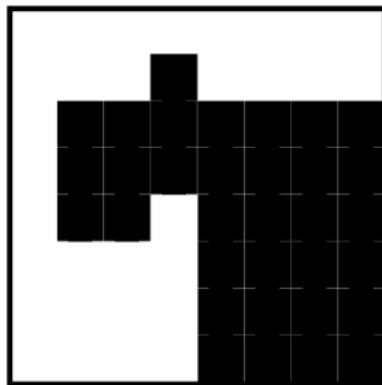
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân - Minh họa (1) (1/2)



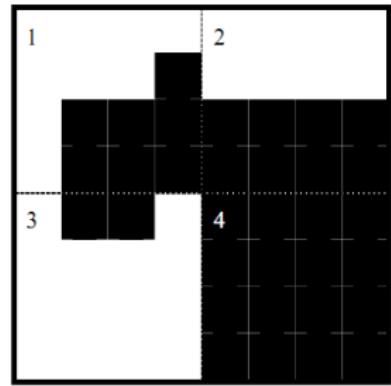
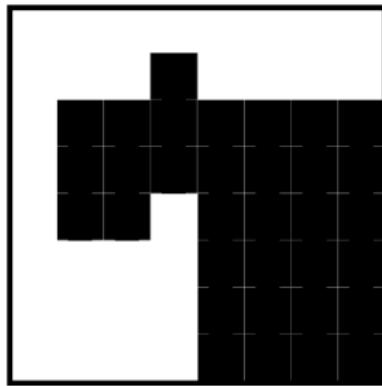
Phân vùng ảnh

Tách và hợp vùng: Tách cây tứ phân - Minh họa (2) (1/2)



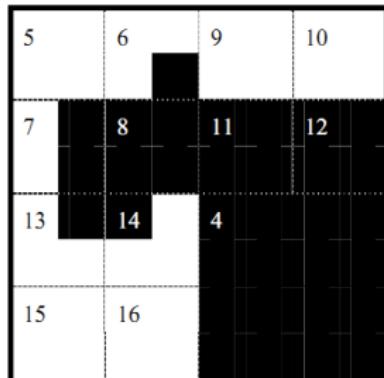
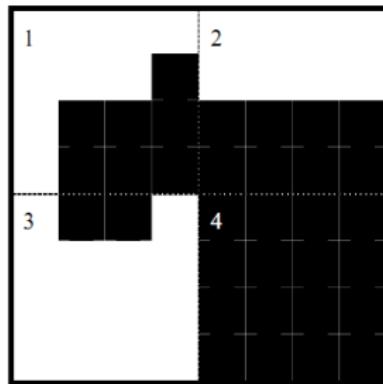
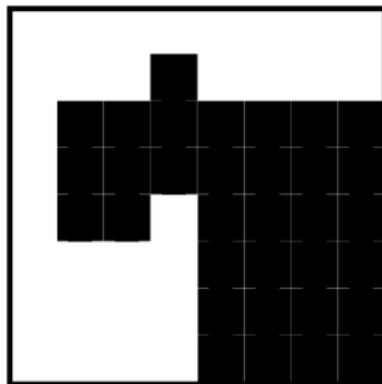
Phân vùng ảnh

Tách và hợp vùng: Tách cây tứ phân - Minh họa (2) (1/2)



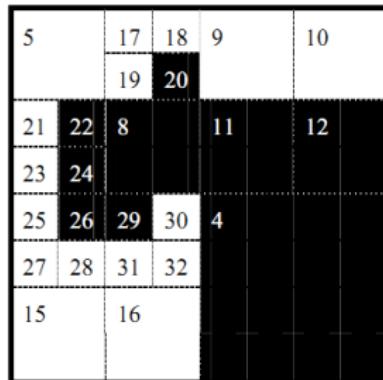
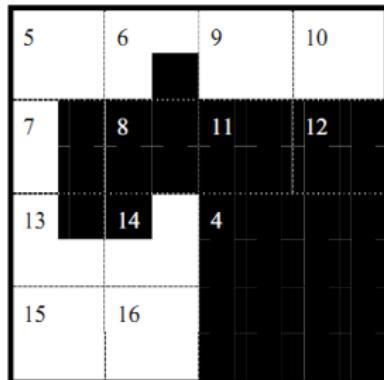
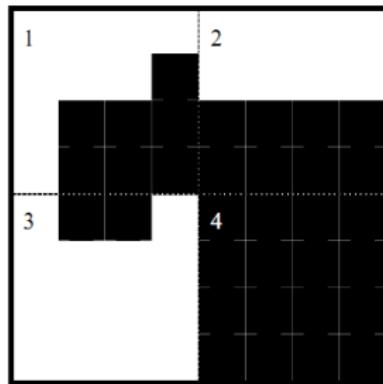
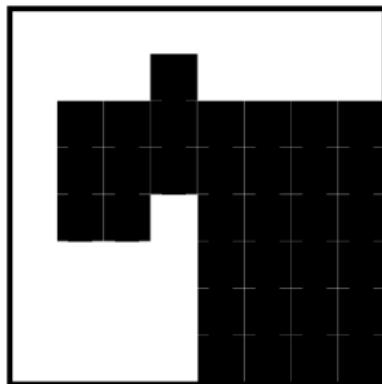
Phân vùng ảnh

Tách và hợp vùng: Tách cây tứ phân - Minh họa (2) (1/2)



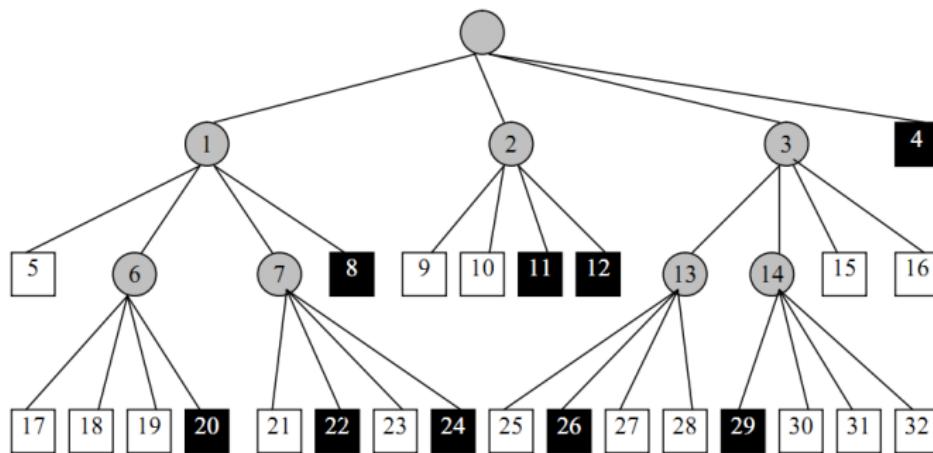
Phân vùng ảnh

Tách và hợp vùng: Tách cây tứ phân - Minh họa (2) (1/2)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách cây tứ phân - Minh họa (2) (2/2)



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

① $R_0 = R$

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ vùng con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ vùng con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

① $R_0 = R$

- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ vùng con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:

- ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
- ▶ Cập nhật cây biểu diễn

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ vùng con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn
- ③ Hợp: Khi việc tách không thể tiếp tục (đã kết thúc), lặp cho đến khi không còn hai miền liền kề R_j và R_k thỏa mãn $Q(R_j \cup R_k) = TRUE$:

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ vùng con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn
- ③ Hợp: Khi việc tách không thể tiếp tục (đã kết thúc), lặp cho đến khi không còn hai miền liền kề R_j và R_k thỏa mãn $Q(R_j \cup R_k) = TRUE$:
 - ▶ Hợp hai miền liền kề R_j và R_k

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng

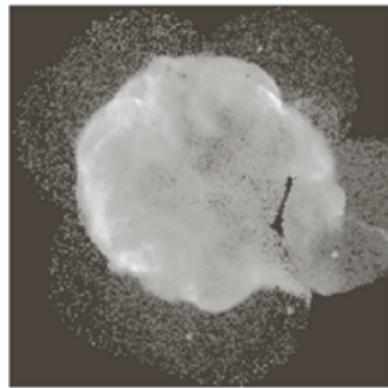
Input: Ảnh $I: R (M \times N)$; Vị trí Q

Output: Ảnh phân vùng I' biểu diễn dưới dạng cây tứ phân

- ① $R_0 = R$
- ② Tách: Lặp cho đến khi không có bất cứ vùng con R_i nào thỏa mãn $Q(R_i) = FALSE$:
 - ▶ Chia R_i thành 4 vùng nhỏ hơn không giao nhau
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn
- ③ Hợp: Khi việc tách không thể tiếp tục (đã kết thúc), lặp cho đến khi không còn hai miền liền kề R_j và R_k thỏa mãn $Q(R_j \cup R_k) = TRUE$:
 - ▶ Hợp hai miền liền kề R_j và R_k
 - ▶ Cập nhật cây biểu diễn

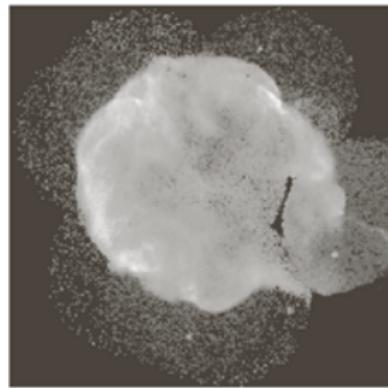
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng - Minh họa



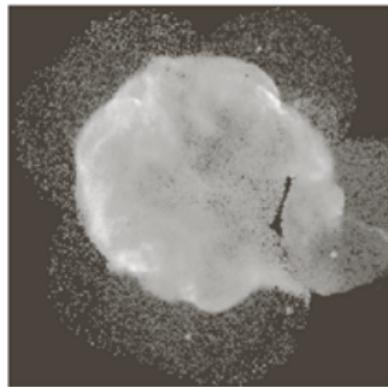
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng - Minh họa



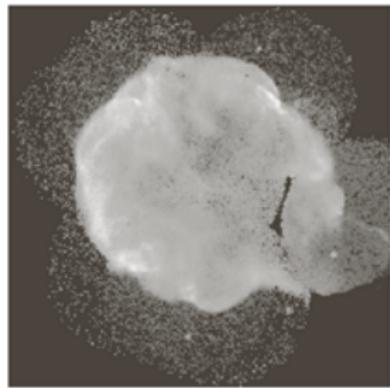
Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng - Minh họa



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất: Tách và hợp vùng - Tách và hợp vùng - Minh họa



Chương 4: Phát hiện biên, Phân vùng ảnh số

Nội dung chính

1 Tổng quan chung

2 Các phương pháp phát hiện biên

- Khái quát về biên và kỹ thuật phát hiện biên
- Các kỹ thuật phát hiện biên cơ bản
- Phương pháp phát hiện biên cục bộ
- Phát hiện biên theo quy hoạch động

3 Phân vùng ảnh

- Cơ bản về phân vùng ảnh
- Phân vùng ảnh bằng phát hiện biên
- Phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ
- Phân vùng ảnh theo miền đồng nhất
- **Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt**



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt: Kết cấu bề mặt

- Kết cấu bề mặt phản ánh sự lặp lại của các phần tử texel (sợi) cơ bản

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt: Kết cấu bề mặt

- Kết cấu bề mặt phản ánh sự lặp lại của các phần tử texel (sợi) cơ bản
 - ▶ Tính lặp lại: ngẫu nhiên - Kết cấu thống kê, có quy luật (có chu kỳ, gần như có chu kỳ) - Kết cấu có cấu trúc



Phân vùng ảnh

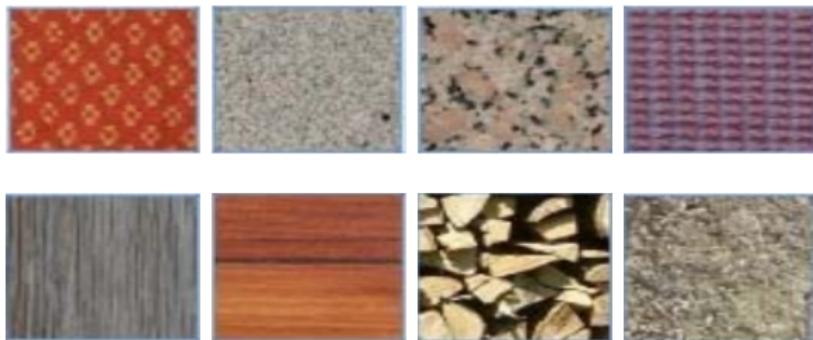
Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt: Kết cấu bề mặt

- Kết cấu bề mặt phản ánh sự lặp lại của các phần tử texel (sợi) cơ bản
 - ▶ Tính lặp lại: ngẫu nhiên - Kết cấu thống kê, có quy luật (có chu kỳ, gần như có chu kỳ) - Kết cấu có cấu trúc
- Một texel có thể gồm rất nhiều điểm ảnh

Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt: Kết cấu bề mặt

- Kết cấu bề mặt phản ánh sự lặp lại của các phần tử texel (sợi) cơ bản
 - ▶ Tính lặp lại: ngẫu nhiên - Kết cấu thống kê, có quy luật (có chu kỳ, gần như có chu kỳ) - Kết cấu có cấu trúc
- Một texel có thể gồm rất nhiều điểm ảnh



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt

- Tương tự như phương pháp phân vùng ảnh theo miền, tuy nhiên các luật vi từ được xây dựng trên các độ đo cấu trúc bề mặt



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt

- Tương tự như phương pháp phân vùng ảnh theo miền, tuy nhiên các luật vi từ được xây dựng trên các độ đo cấu trúc bề mặt
- Độ đo cấu trúc bề mặt



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt

- Tương tự như phương pháp phân vùng ảnh theo miền, tuy nhiên các luật vi từ được xây dựng trên các độ đo cấu trúc bề mặt
- Độ đo cấu trúc bề mặt
 - ▶ Độ thô của kết cấu; Độ mịn của kết cấu; Tính định hướng của kết cấu; Tính thuần nhất của cấu trúc; Lược đồ sự khác biệt mức xám; Ma trận xuất hiện mức xám; ...



Phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh theo kết cấu bề mặt

- Tương tự như phương pháp phân vùng ảnh theo miền, tuy nhiên các luật vị từ được xây dựng trên các độ đo cấu trúc bề mặt
- Độ đo cấu trúc bề mặt
 - ▶ Độ thô của kết cấu; Độ mịn của kết cấu; Tính định hướng của kết cấu; Tính thuần nhất của cấu trúc; Lược đồ sự khác biệt mức xám; Ma trận xuất hiện mức xám; ...

