

Fundamentos de Processamento Gráfico

Aula 8

Processamento de Imagens

Nível médio

Profa. Fátima Nunes

- **Segmentação**

- Processo que divide a imagem em suas partes ou objetos constituintes
- Objetos são extraídos da imagem para processamento posterior.
- Algoritmos baseados em duas propriedades dos níveis de cinza: **descontinuidade** e **similaridade**.

- **Segmentação**

- **Descontinuidade** - particionar uma imagem com base em mudanças abruptas de cores.
 - Áreas de interesse: detecção de pontos isolados, linhas e bordas.
 - Aproximações: máscaras - “templates”.

- **Segmentação**

- **Similaridade** - particionar uma imagem com base na semelhança de pixels vizinhos.

- Áreas de interesse: detecção de regiões relacionadas a estruturas de interesse.
- Aproximações: thresholding, crescimento de região e “split e merge”.

Detecção de pontos

- Aplicada à remoção de ruídos e análise de partículas.

- Máscara:

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

- Áreas com níveis de cinza constantes ▶ resultado = zero.

- Se máscara está centralizada em ponto isolado ▶ resultado > zero.

Detecção de pontos

- **Segmentação**

- Um ponto isolado cuja intensidade é significativamente diferente do fundo é detectado se:

$$|R| > T$$

onde:

- *R* é o resultado da máscara
- *T* é um valor de limiar não negativo.

Detecção de linhas

- Procedimento direto com máscaras:

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

Horizontal

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

Vertical

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

45°

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

-45°

- Para saber a máscara que “mais casa” com uma região: verificar o resultado.
- Se $R_i > R_j$, a máscara i está mais próxima da região.

Detecção de bordas

- Formulação a partir do gradiente da imagem.
- Várias formas de definir máscaras.
- Máscaras 2X2:

-1	-1
1	1

-1	1
-1	1

Detecção de bordas

- Várias formas de definir máscaras.
- Máscaras 3X3: operadores de Sobel
 - menos sensível a ruídos

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

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

Detecção de bordas

– Operador Laplaciano:

- Derivada de segunda ordem
- Responde às transições de intensidade.
- Não é tão útil para detecção de bordas, mas para indicar se um pixel pertence à parte clara ou escura da imagem.

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

Detecção de bordas

- **Técnicas vistas raramente caracterizam uma borda completa devido a:**
 - ruídos
 - quebras na borda devidas à iluminação não uniforme
- **O que se faz?**
 - Algoritmos para ligar pixels de borda a um conjunto de pixels pertencentes a um objeto com significado.

Ligação de bordas

– Análise Local

- Uma das aproximações mais simples
- Ligar pontos similares
- Critérios: magnitude e direção do gradiente

Ligação de bordas

- *Gradiente de uma função?*

Ligação de bordas

– *Gradiente de uma função?*

- **Cálculo vetorial: vetor gradiente é um vetor que indica a direção e o sentido de maior alteração (de uma função).**

Ligação de bordas

- **Relembrando Conceitos**

- **Gradiente**

Exemplo: gradiente de $f(x,y)$

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

Ligação de bordas

- **Relembrando Conceitos**

- **Gradiente**

Exemplo: gradiente de $f(x,y) = x^2 + y^2 + xy$

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

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} 2x + y \\ 2y + x \end{bmatrix}$$

Ligação de bordas

- Maioria dos métodos usados de diferenciação em processamento de imagens é baseada na aplicação de gradientes.
- Dada uma função $f(x,y)$, o gradiente de f nas coordenadas (x,y) é definido pelo vetor:

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

Ligação de bordas

- Duas propriedades importantes do gradiente são:
 - o vetor $G[f(x,y)]$ aponta na direção do máximo da função $f(x,y)$;
 - a magnitude de $G[f(x,y)]$ é dada por:

$$\text{mag}[G] = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2\right]}$$

Ligação de bordas

- Para uma imagem digital, a magnitude é aproximada pelas diferenças.
- Uma aproximação comumente utilizada é:

$$G[f(x, y)] \cong \sqrt{\left\{ [f(x, y) - f(x+1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y+1)]^2 \right\}}$$

Ligação de bordas

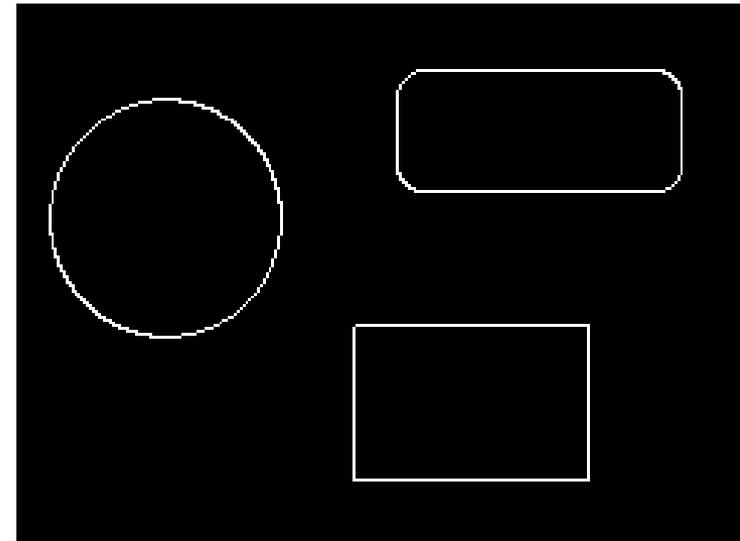
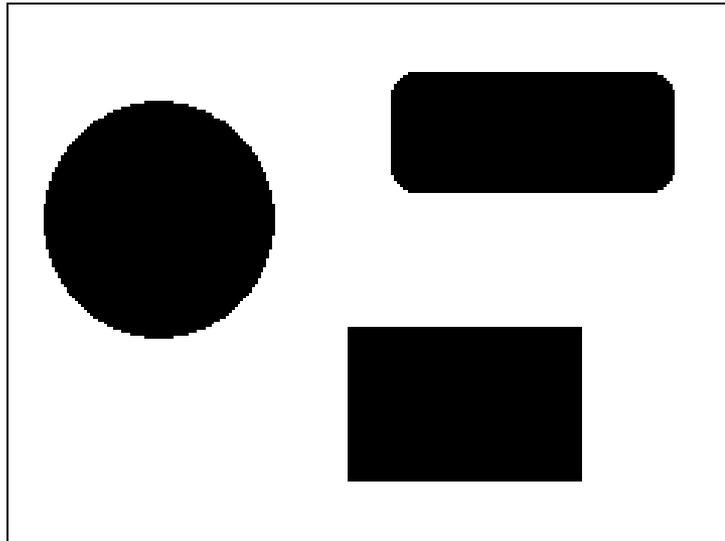
- A utilização de valores absolutos produz resultados similares:

$$G[f(x, y)] \cong |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

- Portanto, subtraindo-se ponto a ponto a imagem resultante da diferenciação da imagem original, pode-se obter uma imagem final com detalhes realçados.

Ligação de bordas

Gradiente - Exemplo



Ligação de bordas

Gradiente - Exemplo



Ligação de bordas



Alguns exemplos
de
descontinuidades
de bordas

Ligação de bordas

– Análise Local

–magnitude do gradiente:

$$|G[f(x_1, y_1)]| - |G[f(x_2, y_2)]| \leq T$$

onde:

» *T é um valor de limiar*

» *|G[f(x,y)]| pode ser aproximado pela diferenciação entre pixels.*

Ligação de bordas

– Análise Local

–Diferenciação entre pixels:

$$G[f(x, y)] \cong \sqrt{\left\{ [f(x, y) - f(x+1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y+1)]^2 \right\}}$$

ou

$$G[f(x, y)] \cong |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

Ligação de bordas

– Análise Local

– direção do gradiente:

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

onde:

» $\alpha(x, y)$ é o ângulo de direção do gradiente no ponto (x, y)

Ligação de bordas

– Análise Local

- para ligar dois pontos usando direção do gradiente:

$$\left| \alpha(x_1, y_1) - \alpha(x_2, y_2) \right| < A$$

onde:

» *A é um ângulo de limiar*

Ligação de bordas

– Análise Local

- pontos são ligados se os critérios de magnitude e direção são satisfeitos.

Crescimento de região

- Agregação de conjuntos de pixels em regiões maiores.
- Aproximação de processamento mais simples:
 - escolhe-se um pixel ou um conjunto de pixels denominados “sementes”
 - faz-se o crescimento da região através da agregação de pixels vizinhos às sementes que possuem propriedades similares (intensidade, cor, textura etc).
 - Processo continua até se atingir uma condição de parada pré-estabelecida.

Crescimento de região

– Vantagens:

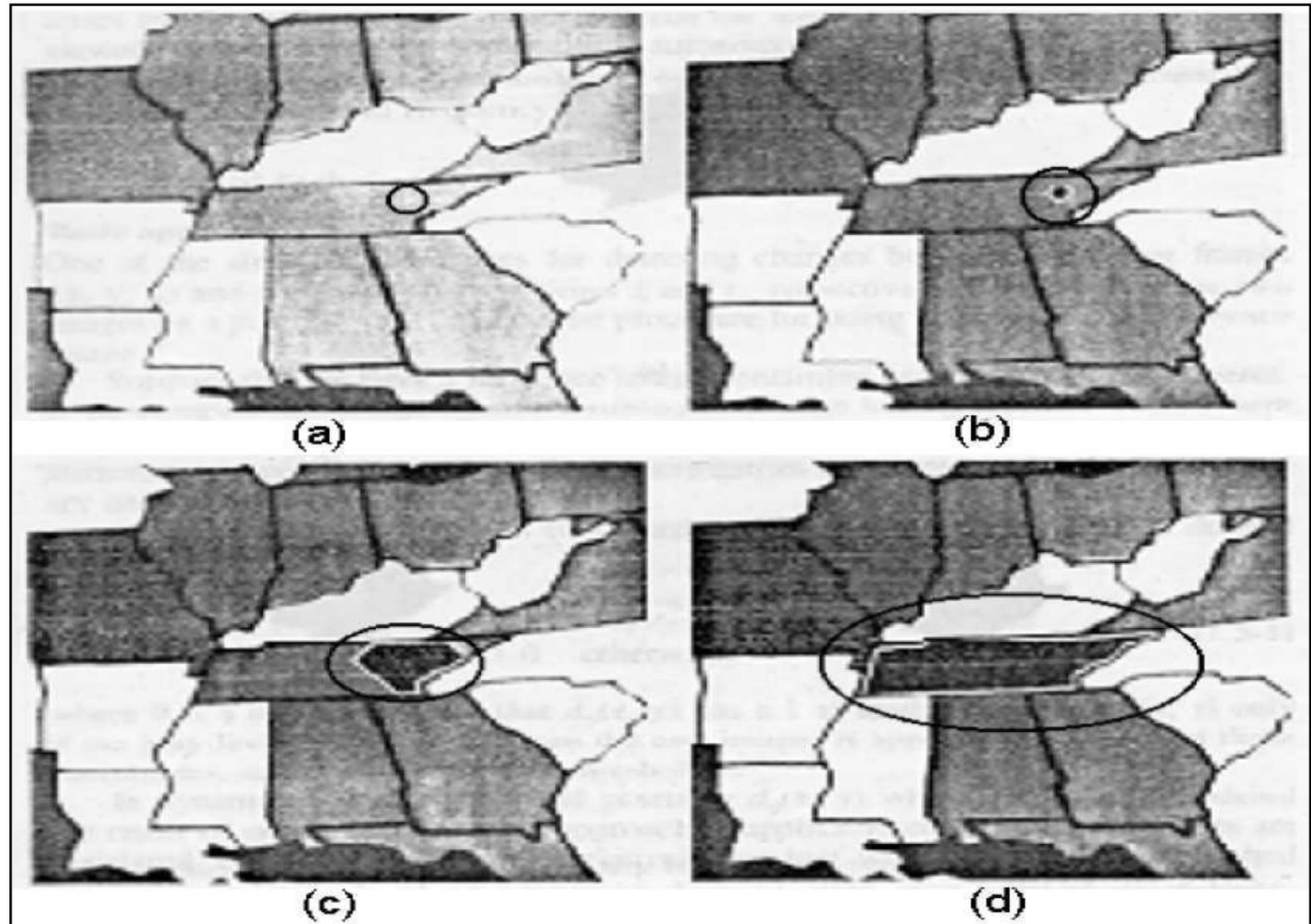
- imagem não precisa ser homogênea;
- características são previamente analisadas e incluídas nos descritores de semelhança.
- relativamente rápida para executar

Crescimento de região

– Desvantagens:

- Dificuldade na seleção dos pixels sementes (a aplicação deve ser conhecida);
- Dificuldade no estabelecimento das propriedades de semelhança (a aplicação e os tipos de dados da imagem devem ser conhecidos);
- Dificuldade na determinação de condições de parada (depende da análise da imagem).
- Estrutura de interesse deve ser conectada.

Crescimento de região



Limiarização

- Usa uma ou mais cores como limiares para identificar partes constituintes da imagem
- Implementação mais simples: um nível de cinza e imagem final em branco de preto.

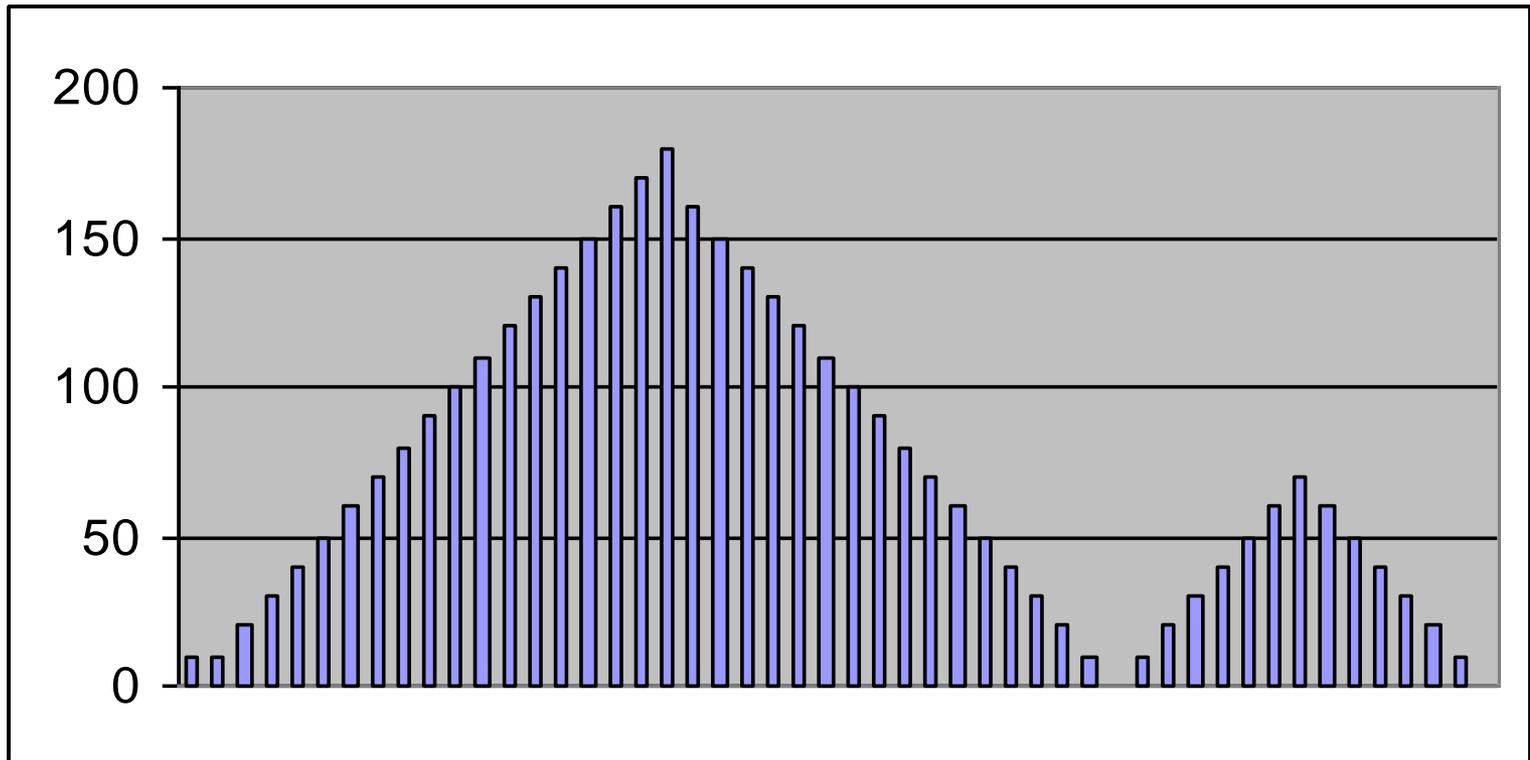
Limiarização

- Usa uma ou mais cores como limiares para identificar partes constituintes da imagem
- Implementação mais simples: um nível de cinza e imagem final em branco de preto.

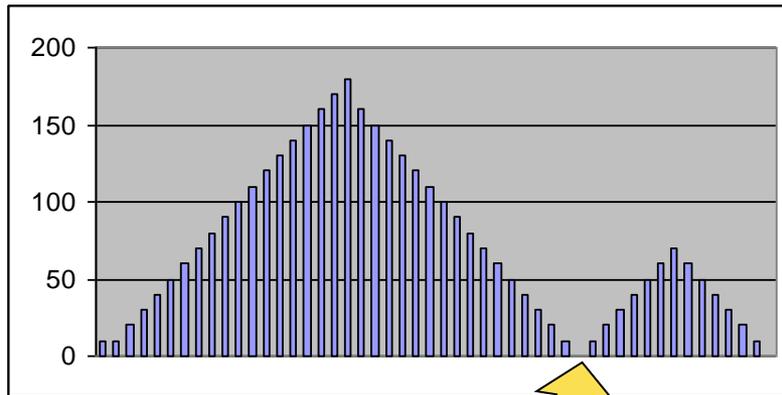


Limiarização

- Histograma Bimodal:



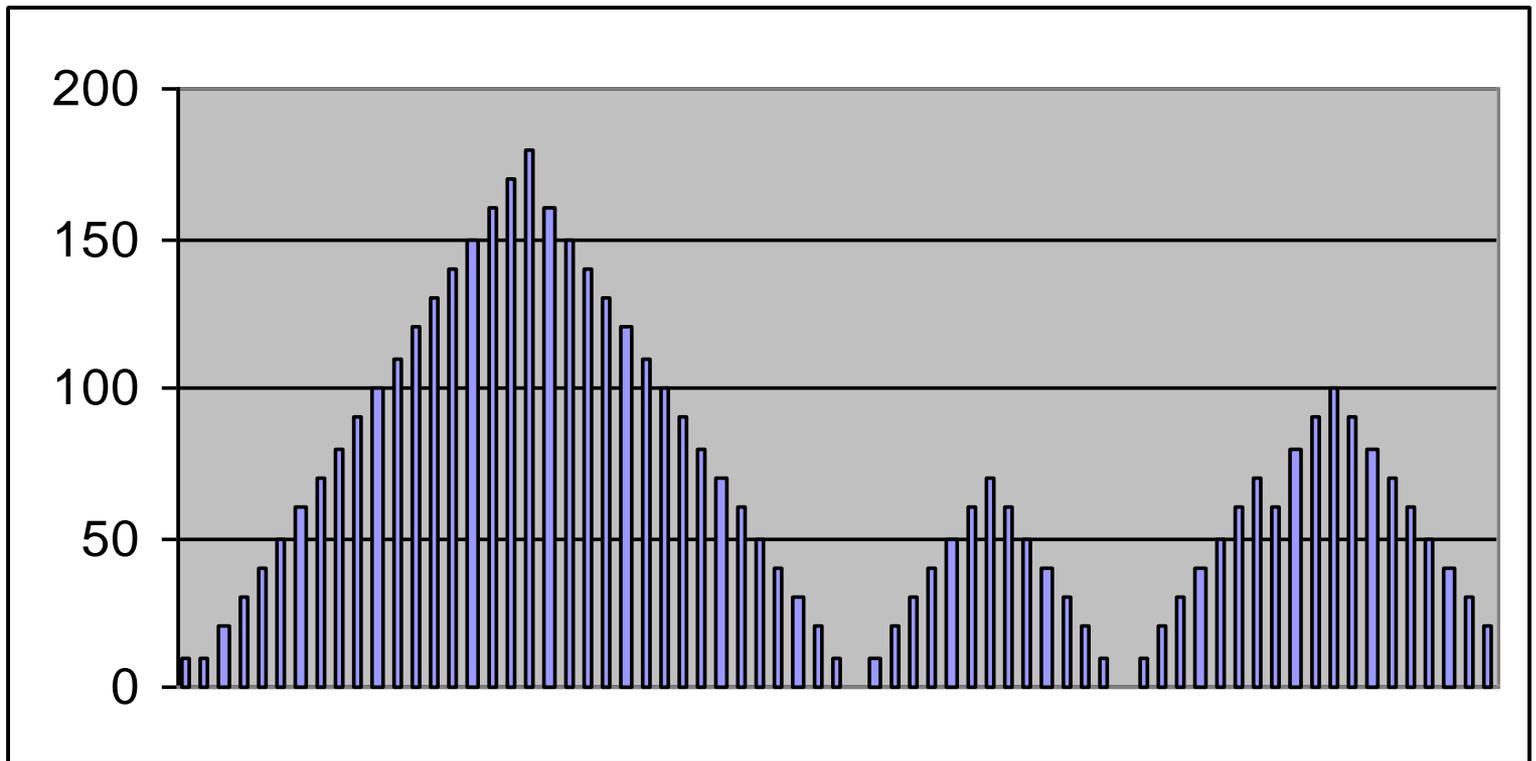
Limiarização



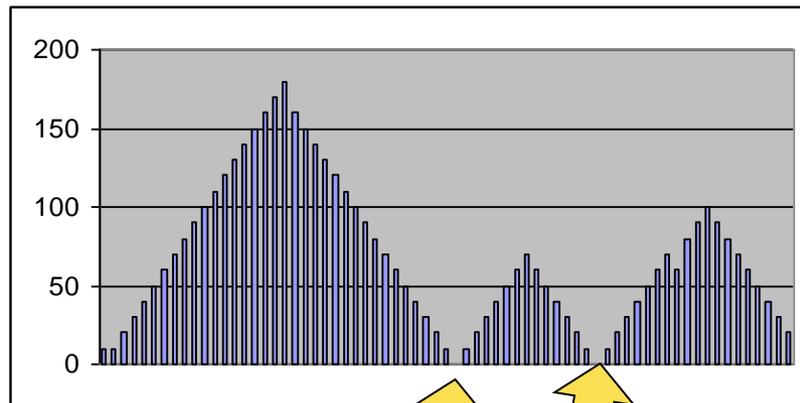
- Imagem $f(x,y)$ composta de objetos brilhantes sobre fundo escuro
- Um ponto (x,y) é parte dos objetos se $f(x,y) > T$

Limiarização

- Histograma Multinível:



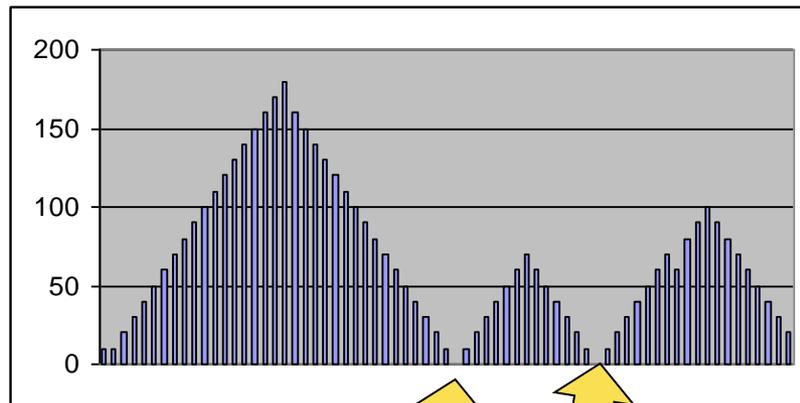
Limiarização



T_1 T_2

- Imagem $f(x,y)$ composta de objetos pertencentes a classes diferentes.
- Se $T_1 < f(x,y) \leq T_2$ ► ponto (x,y) pertence a uma classe de objetos.
- Se $f(x,y) > T_2$ ► ponto (x,y) pertence a outra classe de objetos.
- Se $f(x,y) < T_1$ ► ponto (x,y) pertence ao fundo.

Limiarização



- **Problema:**
 - **Definir múltiplos valores de limiar (T) que isolem regiões de interesse.**

T_1 T_2

Limiarização

- Se T depende apenas de $f(x,y)$: limiarização global.
- Se T depende de $f(x,y)$ e $p(x,y)$: limiarização local
 - $p(x,y)$ é uma propriedade local do pixel (x,y) .
Exemplo: média de cores da vizinhança.
- Se T depende também das coordenadas x e y dos pixels: limiarização dinâmica.

Limiarização

- Segmentação – Limiarização para imagem P&B



- O que acontece com os valores de limiar: 50, 128 e 200?

Limiarização

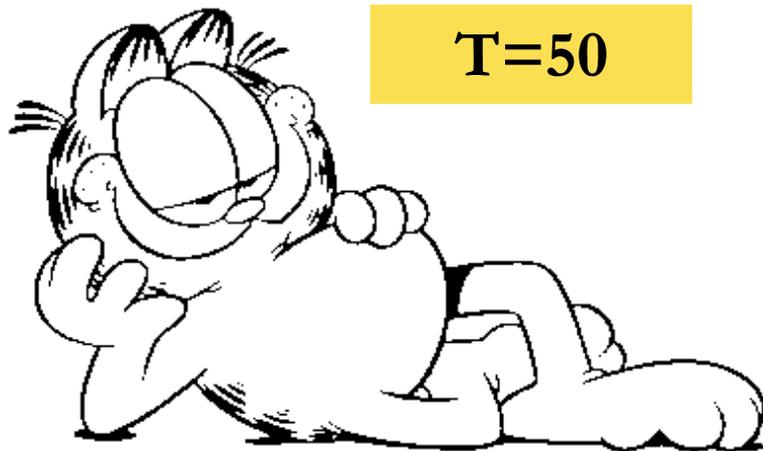
- Segmentação - Limiarização



Original



T=128



T=50



T=200

Split e Merge

– Seja R uma imagem e P uma característica de similaridade definida.

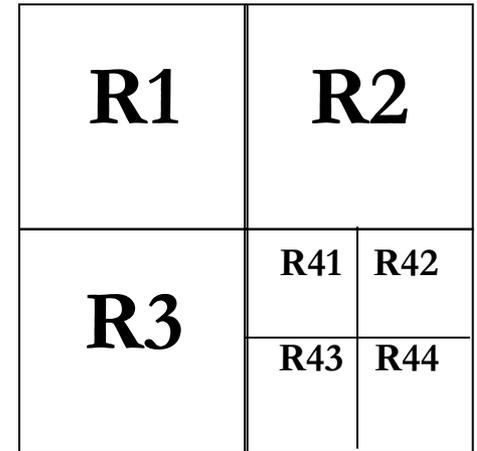
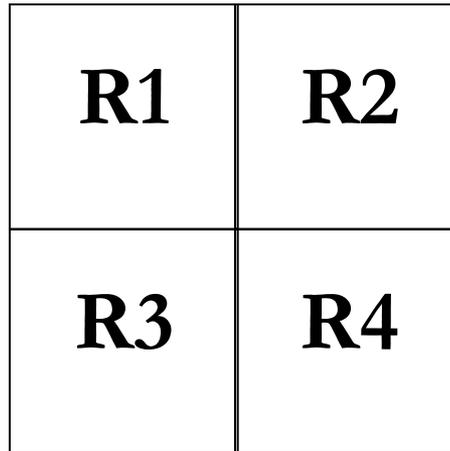
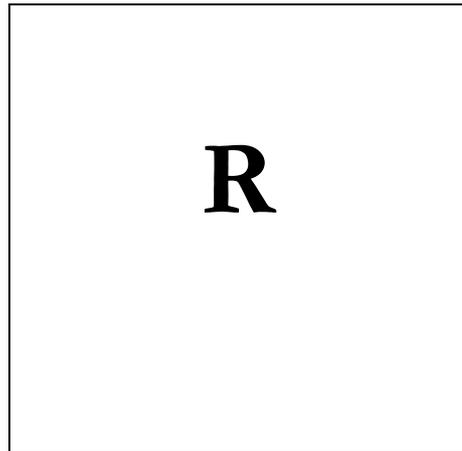
- Subdividir R em 4 regiões (quadrantes):

$$R_i \mid P(R_i) = \text{verdadeiro}$$

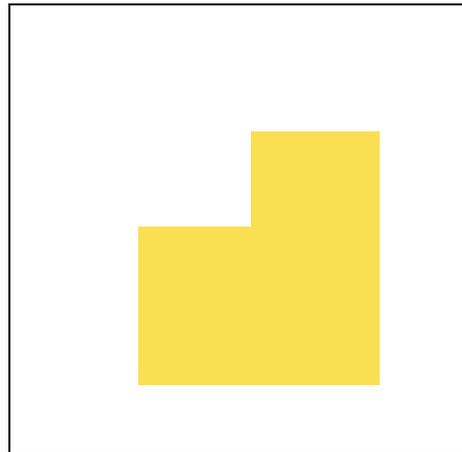
- Se $P(R_i) = \text{falso}$, subdividir a região em subquadrantes.
- Fundir as regiões adjacentes onde

$$P(R_i \cup R_k) = \text{verdadeiro}$$

Split e Merge



Split e Merge



R1	R2
R3	R4

$P(R_1) = \text{verdadeiro}$

$P(R_2) = \text{falso}$

$P(R_3) = \text{falso}$

$P(R_4) = \text{falso}$

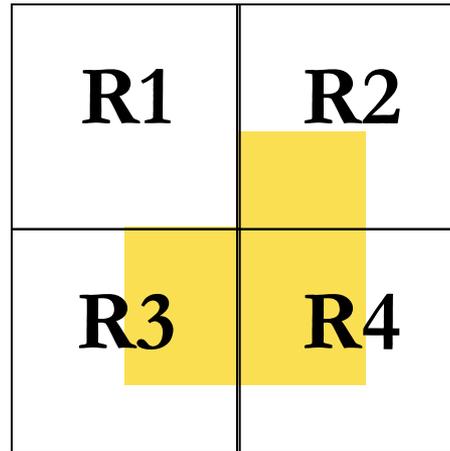
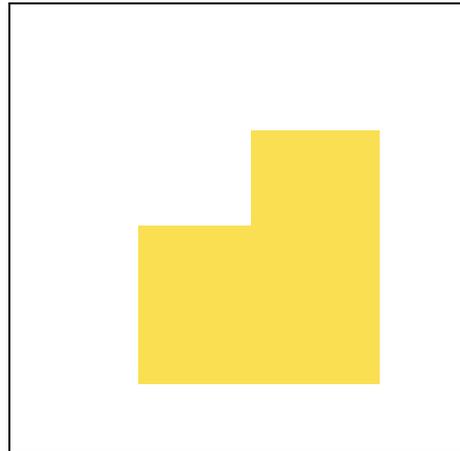
R1	R21	R22	
	R23	R24	
R31	R32	R41	R42
R33	R34	R43	R44

$P(R_{34}) = \text{falso}$

$P(R_{43}) = \text{falso}$

demais verdadeiros

Split e Merge



R1	R21	R22	
	R23	R24	
R31	R32	R41	R42
R33	R34	R43	R44

Merge:

$P(R_1 \cup R_{21} \cup R_{22} \cup R_{24} \cup R_{42} \cup R_{44} \cup R_{33} \cup R_{31}) = \text{verdadeiro}$

$P(R_{23} \cup R_{41} \cup R_{32}) = \text{verdadeiro}$

$P(R_{34}) = \text{falso}$

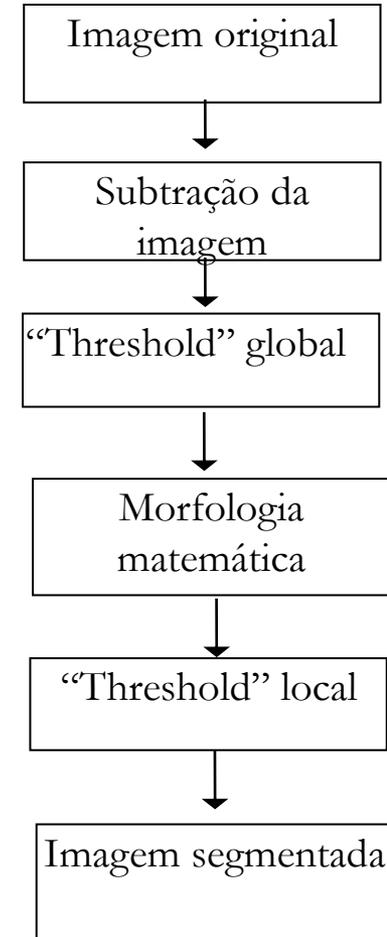
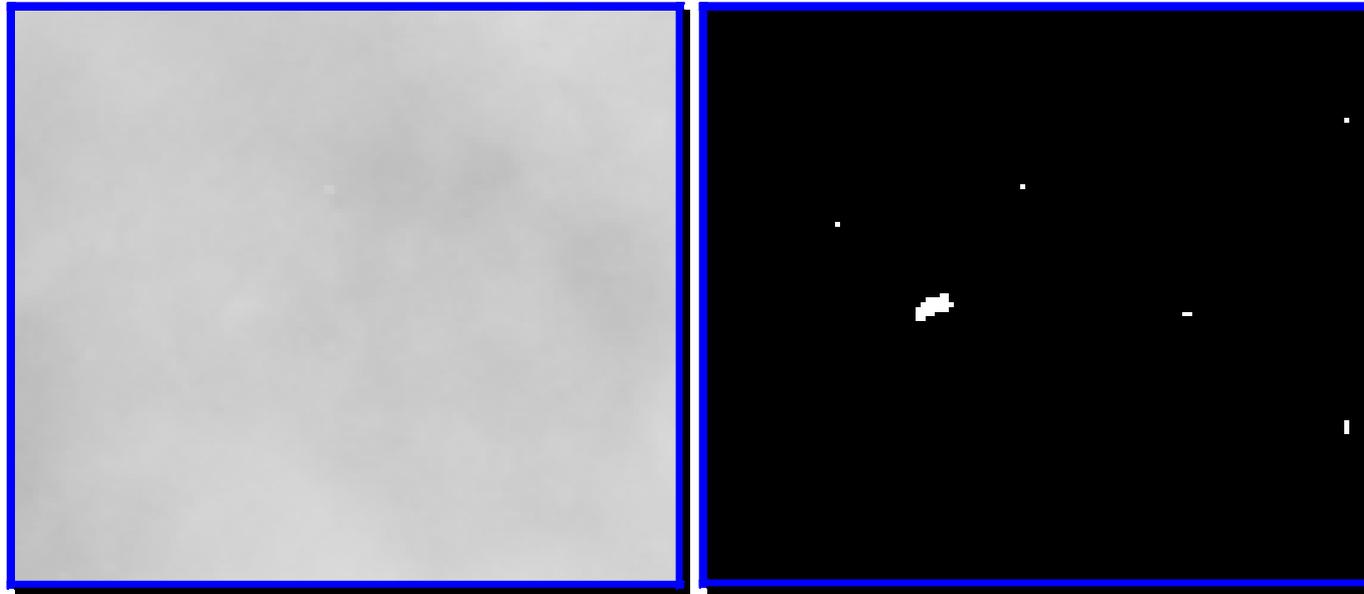
$P(R_{43}) = \text{falso}$

- **Segmentação:**

- técnicas apresentadas são básicas
- problemas reais não são resolvidos com técnicas básicas, mas com combinação de técnicas

Processamento de Nível Médio

• Segmentação - Um exemplo real

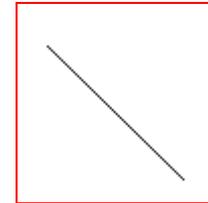
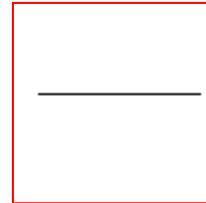
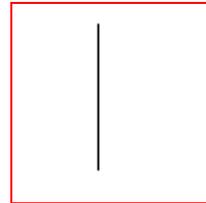


Exercícios (para entregar)

Para os exercícios a seguir, gere um único arquivo no formato PDF, com a solução dos exercícios na sequência solicitada.

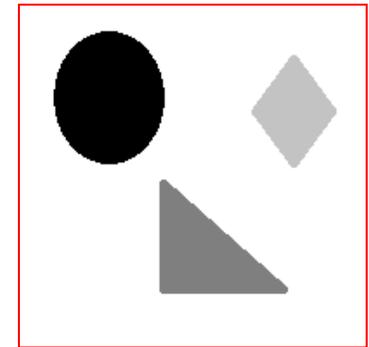
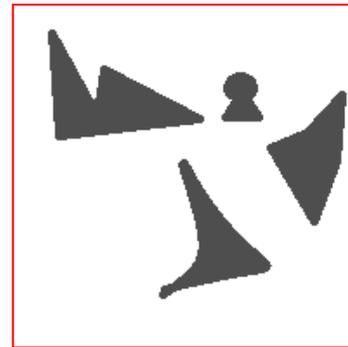
- 1) Faça um programa que leia uma imagem contendo uma reta e imprima as palavras “vertical”, “horizontal” ou “inclinada”, dependendo do posicionamento da reta. O fundo da imagem sempre é branco e as retas sempre estarão desenhadas na cor preta. A interface de entrada é livre.

Exemplos de imagens de entrada:



- 2) Faça um programa que leia uma imagem e imprima a quantidade de objetos distintos presentes na imagem. Os objetos têm formas variadas, mas todos seus pixels têm a mesma cor. O programa não pode ter intervenção humana, isto é, o reconhecimento deve ser automático. O fundo da imagem sempre é branco.

Exemplos de imagens de entrada:



Exercícios (para entregar)

- 3) Faça um programa que identifique as bordas em uma imagem e faça “emendas” usando o conceito de gradiente visto em aula. O programa deve:
- fazer pré-processamentos usando técnicas de realce e/ou suavização vistos na aula de PI anterior.
 - utilizar qualquer uma das técnicas de detecção de bordas vistas em aula. O resultado deste passo deve ser uma imagem binária.
 - emendar as bordas usando o conceito de gradiente
- Além do programa, você deve entregar dois exemplos de processamento de imagens reais, mostrando a imagem original e a imagem resultante após cada fase de processamento.

Fundamentos de Processamento Gráfico

Aula 8

Processamento de Imagens

Nível médio

Profa. Fátima Nunes