

INF01046 – Fundamentos de processamento de imagens

Aula 21 – Segmentação de imagens

Horacio E. Fortunato

Instituto de Informática
Universidade Federal de Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS

hefortunato@inf.ufrgs.br

Link do curso: <http://www.inf.ufrgs.br/~hefortunato/cursos/INF01046>

2º semestre de 2009

Adaptado de slides do Prof. Manuel Menezes de Oliveira Neto (INF-UFRGS)



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Processamento Digital de Imagens - Nesta disciplina

Sensores e Aquisição de imagens



- Sistema visual Humano
- Modalidade de Imagens
- Câmeras Digitais

Processamento para a interpretação humana



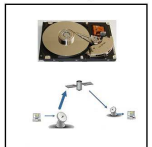
- Realce de Imagens:
 - Processamento de histograma
 - Filtragem espacial
 - Filtragem no domínio da frequência
- Restauração de Imagens:
 - Remoção de ruído
 - Remoção de borramento
- Espaços de Cores
- Imagens em Alta Faixa Dinâmica

Percepção por máquina



- Detecção de linhas e bordas
- Limiarização
- Segmentação

Armazenamento e Comunicação



- Compressão de imagens



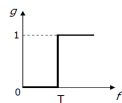
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Limiarização

- Transforma uma imagem com valores em uma determinada faixa em uma nova imagem contendo apenas dois valores (imagem binária)

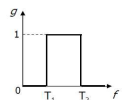
- Forma mais comum

$$g(x, y) = \begin{cases} 0, & f(x, y) < T \\ 1 & \text{ou } 255, & f(x, y) \geq T \end{cases}$$



- No caso de dois limiares

$$g(x, y) = \begin{cases} 0, & f(x, y) < T_1 \\ 1 & \text{ou } 255, & T_1 \leq f(x, y) \leq T_2 \\ 0, & f(x, y) > T_2 \end{cases}$$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de Limiarização (1)

- Segmentando bactérias

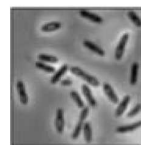
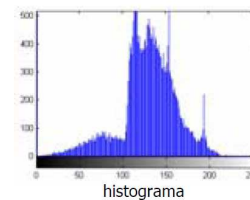


Imagem original



histograma



Segmentação por limiarização

$$g(x, y) = \begin{cases} 255, & f(x, y) < 100 \\ 0, & f(x, y) \geq 100 \end{cases}$$



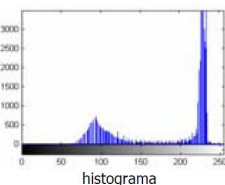
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de Limiarização (2)

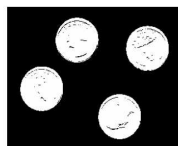
- Segmentando moedas



Imagem original



histograma



Segmentação por limiarização

$$g(x, y) = \begin{cases} 255, & f(x, y) < 175 \\ 0, & f(x, y) \geq 175 \end{cases}$$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de Limiarização (3)

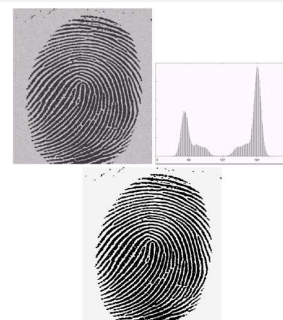
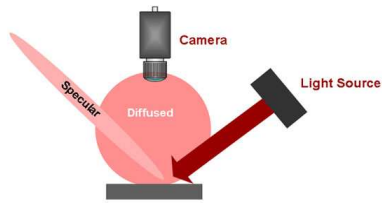


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

O papel da iluminação

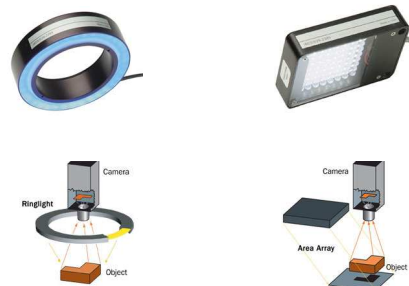


Imagens extraídas do site : <http://www.microscan.com/en-us/Technology/Lighting.aspx>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

O papel da iluminação

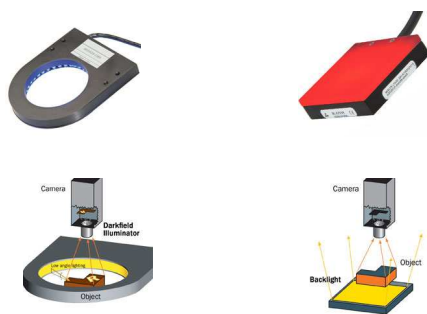


Imagens extraídas do site : <http://www.microscan.com/en-us/Technology/Lighting.aspx>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

O papel da iluminação

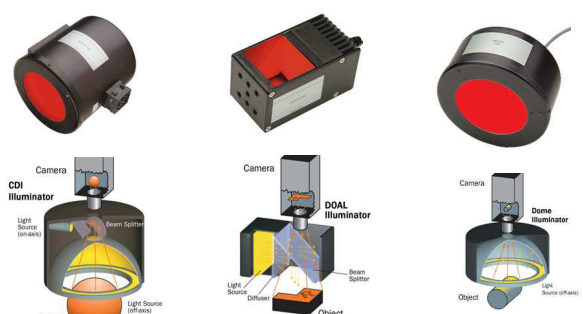


Imagens extraídas do site : <http://www.microscan.com/en-us/Technology/Lighting.aspx>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

O papel da iluminação

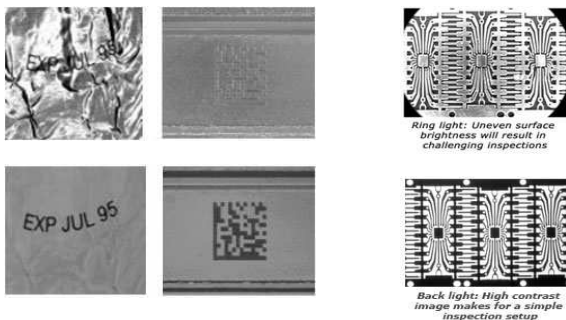


Imagens extraídas do site : <http://www.microscan.com/en-us/Technology/Lighting.aspx>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

O papel da iluminação

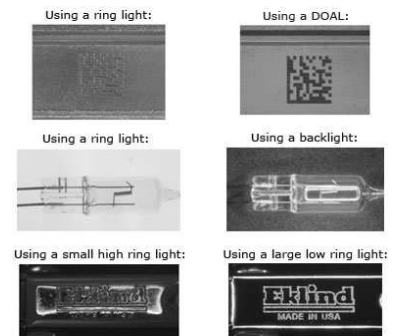


Imagens extraídas do site : <http://www.microscan.com/en-us/Technology/Lighting.aspx>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

O papel da iluminação



Imagens extraídas do site : <http://www.microscan.com/en-us/Technology/Lighting.aspx>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Limiarização

- O sucesso do processo de limiarização depende da escolha do(s) limiar(es)
- Os valores de limiar adequados variam entre imagens
 - Diferenças nas condições de iluminação e de contraste
 - Desejável procedimento automático para cálculo de limiar
- Abordagem mais geral baseia-se na análise do histograma
 - Picos no histograma correspondem aos elementos de interesse
 - Limiar: vale entre dois picos adjacentes
 - Em geral, picos adjacentes se sobrepõem, fazendo com que alguns pixels sejam detectados ou rejeitados erroneamente
 - Limiar ótimo minimiza o número de falsos positivos e negativos



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Determinação do Limiar

```
Determinação_iterativa_do_limiar (imagem f, float *limiar)
{
    // f: imagem original;
    // limiar: valor do limiar calculado iterativamente

    // assume como fundo
    float m1 = media_dos_tons_de_cinza_dos_pixels_dos_cantos(f);

    float m2 = media_dos_tons_de_cinza_dos_demais_pixels(f);
    float limiar_ANT = 0.0;
    float limiar_ATUAL = (m1 + m2) / 2;

    enquanto (limiar_ATUAL != limiar_ANT) faça
        m1 = media_dos_tons_de_cinza_dos_pixels_com_f(x,y) < limiar_ATUAL;
        m2 = media_dos_tons_de_cinza_dos_pixels_com_f(x,y) >= limiar_ATUAL;
        limiar_ANT = limiar_ATUAL;
        limiar_ATUAL = (m1 + m2) / 2;
    fim enquanto

    *limiar = limiar_ATUAL;
}
```



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

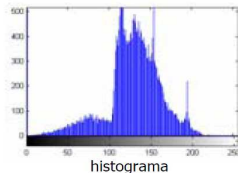
Exemplo de Determinação Automática do Limiar

- Resultados da execução do algoritmo de determinação do limiar sobre a imagem das bactérias.

m ₁	m ₂	Limiar_atual
0.00	125.81	62.90
29.88	132.78	81.33
46.42	135.70	91.06
53.00	136.94	94.97
54.82	137.26	96.04
51.94	137.45	96.69



Imagem original



histograma



Segmentação por limiarização



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de Limiarização Local

FIGURE 10.37
(a) Original image. (b) Image segmented by local thresholding. (Courtesy of IBM Corporation.)

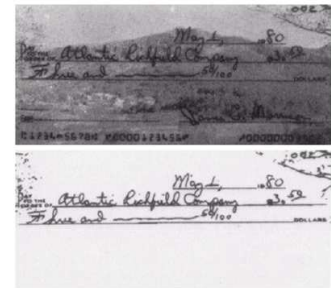


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Limiarização em Imagens RGB

- Definem-se limiares independentemente para cada canal
- Uma cor corresponde a um ponto em um espaço 3D de cores
- A limiarização corresponde a um particionamento deste espaço
- Alternativamente, pode-se definir um limiar para a distância medida com relação a uma cor de referência (R0; G0; B0)

$$g(x, y) = \begin{cases} 0, & d(x, y) < d_{\max} \\ 1 & \text{ou } 255, & d(x, y) \geq d_{\max} \end{cases}$$

onde $d(x, y)$ é a distância Euclidiana da cor associada ao pixel $f(x, y)$ e a cor de referência



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Segmentação contextual

- Principais Técnicas
 - Crescimento de Regiões
 - Algoritmo split and merge (divisão e fusão)



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Crescimento de Regiões

- Cresce regiões similares a partir de um conjunto de pixels "sementes"
- Um pixel é incorporado a uma dada região se e somente se:
 - Ele ainda não pertence a nenhuma região
 - Ele encontra-se na vizinhança (fronteira) daquela região
 - A região permanece uniforme após a inclusão do pixel

Similaridade de Regiões

- Baseia-se na uniformidade das regiões conexas
- Predicado de Uniformidade em uma região R, P(R)
 - Condição que expressa similaridade entre tons de cinza ou cores

$$P(R) = \begin{cases} TRUE, & se \left| f(i, j) - \alpha \right| \leq \Delta \\ FALSE, & caso \text{ contrário} \end{cases}$$

- onde α pode representar
 - o tom/cor de um pixel vizinho ($f(m, n)$)
 - a média dos tons/cores na região R (μ_R), excluindo-se o pixel em (i, j)
- Δ representa a máxima diferença definida para o critério de similaridade

Vizinhança entre Pixels

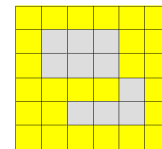
- Componente importante nas técnicas de segmentação baseadas em regiões
- Vizinhança-4 (4-neighbourhood) x vizinhança-8 (8-neighbourhood)



- Um caminho k-conexo entre pixels p_1 e p_n é uma sequência p_1, p_2, \dots, p_n , onde p_{i+1} é um k-vizinho de p_i , para $i = 1, \dots, n$

Vizinhança entre Pixels

- O conjunto de pixels em cinza define
 - 1 região 8-conectada
 - 2 regiões 4-conectadas
- O conjunto de pixels em amarelo define uma única região



Rotulação de Regiões Conexas

Exemplo

- Assumindo regiões 4-conectadas

1	1	1	1	1	1
1	2	2	2	1	1
1	2	2	2	1	1
1	1	1	1	3	1
1	1	3	3	3	1
1	1	1	1	1	1

Crescimento de Regiões

Regiões 8-conectadas e $\Delta = 2$

6	7	8	6	7	8
6	1	1	1	1	6
1	0	1	0	0	7
6	7	8	6	7	8
6	1	1	6	1	2
1	0	2	1	2	1

Pixels "sementes"

6	7	8	6	7	8
6	1	1	1	1	6
1	0	1	0	0	7
6	7	8	6	7	8
6	1	1	6	1	2
1	0	2	1	0	1

Após 1a iteração

6	7	8	6	7	8
6	1	1	1	1	6
1	0	1	0	0	7
6	7	8	6	7	8
6	1	1	6	1	2
1	0	2	1	0	1

Resultado final

Crescimento de Regiões - Limitações

- Operação não é estável
 - O resultado pode variar com o tipo de vizinhança (4 ou 8)
- Resultado depende da escolha do predicado de uniformidade
- Não garante uma segmentação completa da imagem

Regiões 8-conectadas e $\Delta = 2$	6	7	8	6	7	8
	6	1	1	1	1	6
	1	0	1	0	0	7
	6	7	8	6	7	8
	6	1	1	6	1	2
	1	0	2	1	2	1
Pixels "sementes"						
	6	7	8	6	7	8
	6	1	1	1	1	6
	1	0	1	0	0	7
	6	7	8	6	7	8
	6	1	1	6	1	2
	1	0	2	1	0	1
Resultado final						

Segmentação Completa

- Crítérios para segmentação completa

$R = \text{imagem completa}$

$R = \bigcup_{i=1}^N R_i$

R_i é conexa

$U_i \cap U_j = \emptyset$ se $i \neq j$

$P(R_i) = \text{True}$ para $i = 1, 2, \dots, N$

$P(R_i \cup R_j) = \text{False}$ se R_i e R_j são regiões adjacentes

- Crescimento de Regiões não satisfaz todos os critérios
 - O número de sementes pode não ser suficiente para que cada pixel esteja numa região
 - Duas regiões adjacentes podem ser similares
 - Basta inicializar duas sementes numa área uniforme

Algoritmo "Split and Merge" ou "divisão e fusão"

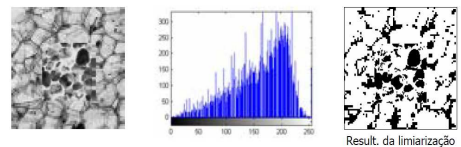
- Produz segmentação completa
- Baseia-se em uma estratégia top-down
- Subdivide a imagem recursivamente em quadrantes até que $P(R)$ seja verdadeiro
- Agrupar regiões adjacentes similares

Segmentação Usando Outras Propriedades de Imagens

- Técnicas de segmentação baseadas nos valores de tons de cinza ou cores, em geral, não se aplicam a imagens contendo texturas (complexas)



- Exemplo: Sobreposição de 2 texturas (e limiarização em 128)



Segmentação de Texturas

- Na presença de texturas pode-se utilizar:
 - Técnicas estatísticas (e.g., análise de variância de tons)
 - Técnicas de análise espectral

Processamento Digital de Imagens - Tarefas

Tarefas Novas:

- Leia as seções 10.3 e 10.4 do Capítulo 10 (aula 21) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Faça os exercícios do Capítulo 10 (aula 21) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)

Nota Importante: No livro Gonzalez, R. & Woods em português os capítulos possuem número diferente

Livro Gonzalez, R. & Woods 2ª Ed. (em Inglês):

Gonzalez, R. & Woods, R. Digital Image Processing 2ª Ed. Prentice Hall, 2002.

Link do curso: <http://www.inf.ufrgs.br/~hefortunato/cursos/INF01046>