

Aula 5b – Segmentação: limiarização

Prof. João Fernando Mari

joaof.mari@ufv.br

Limiarização global simples

1. Selecionar uma estimativa inicial para o limiar global, T .
2. Segmentar a imagem usando T :

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

– Isso dará origem a dois grupos de pixels:

- G_1 , pixels com valores de intensidade $> T$;
- G_2 , pixels com valores $\leq T$.

3. Calcular os valores de intensidade média m_1 e m_2 para os pixels em G_1 e G_2 , respectivamente.
4. Calcular um novo valor de limiar:

$$T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)$$

5. Repetir as etapas 2 a 4 até que a diferença entre os valores de T em iterações sucessivas seja menor que o parâmetro predefinido ΔT .

Limiarização global simples

Imagem I →

2	3	6	5
3	1	1	1
6	7	6	3
5	7	0	3

↓ $T_0 = \min(I) = 0$
 $\Delta T = 0.001$

$$T_0 = \min(I) = 0$$

$$G_1 = [2, 3, 6, 5, 3, 1, 1, 1, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [0]$$

$$m_1 = (2 + 3 + 6 + 5 + 3 + 1 + 1 + 1 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 15 = 59 / 15 = 3.9333$$

$$m_2 = 0 / 1 = 0$$

$$T_1 = (3.9333 + 0) / 2 = 1.9667$$

$$|T_1 - T_0| = |1.9667 - 0| = 1.9667 > \Delta T, \text{ então nova iteração.}$$

Limiarização global simples

Imagem I →

2	3	6	5
3	1	1	1
6	7	6	3
5	7	0	3

↓ $T_0 = \min(I) = 0$
 $\Delta T = 0.001$

$$T_0 = \min(I) = 0$$

$$G_1 = [2, 3, 6, 5, 3, 1, 1, 1, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [0]$$

$$m_1 = (2 + 3 + 6 + 5 + 3 + 1 + 1 + 1 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 15 = 59 / 15 = 3.9333$$

$$m_2 = 0 / 1 = 0$$

$$T_1 = (3.9333 + 0) / 2 = 1.9667$$

$$|T_1 - T_0| = |1.9667 - 0| = 1.9667 > \Delta T, \text{ então nova iteração.}$$

$$T_1 = 1.9667$$

$$G_1 = [2, 3, 6, 5, 3, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [1, 1, 1, 0]$$

$$m_1 = (2 + 3 + 6 + 5 + 3 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 12 = 56 / 12 = 4.6667$$

$$m_2 = (1 + 1 + 1 + 0) / 4 = 3 / 4 = 0.75$$

$$T_2 = (4.6667 + 0.75) / 2 = 2.7084$$

$$|T_2 - T_1| = |2.7084 - 1.9667| = 0.7417 > \Delta T, \text{ então nova iteração.}$$

Limiarização global simples

Imagem I →

2	3	6	5
3	1	1	1
6	7	6	3
5	7	0	3

↓ $T_0 = \min(I) = 0$
 $\Delta T = 0.001$

$$T_2 = 2,7084$$

$$G_1 = [3, 6, 5, 3, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [2, 1, 1, 1, 0]$$

$$m_1 = (3 + 6 + 5 + 3 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 11 = 54 / 11 = 4.9091$$

$$m_2 = (2 + 1 + 1 + 1 + 0) / 5 = 1$$

$$T_3 = (4.9091 + 1) / 2 = 2.9546$$

$$|T_3 - T_2| = |2.9546 - 2,7084| = 0.2462 > \Delta T, \text{ então nova iteração.}$$

Limiarização global simples

Imagem I →

2	3	6	5
3	1	1	1
6	7	6	3
5	7	0	3

↓ $T_0 = \min(I) = 0$
 $\Delta T = 0.001$

$$T_2 = 2,7084$$

$$G_1 = [3, 6, 5, 3, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [2, 1, 1, 1, 0]$$

$$m_1 = (3 + 6 + 5 + 3 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 11 = 54 / 11 = 4.9091$$

$$m_2 = (2 + 1 + 1 + 1 + 0) / 5 = 1$$

$$T_3 = (4.9091 + 1) / 2 = 2.9546$$

$$|T_3 - T_2| = |2.9546 - 2,7084| = 0.2462 > \Delta T, \text{ então nova iteração.}$$

$$T_3 = 2.9546$$

$$G_1 = [3, 6, 5, 3, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [2, 1, 1, 1, 0]$$

$$m_1 = (3 + 6 + 5 + 3 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 11 = 54 / 11 = 4.9091$$

$$m_2 = (2 + 1 + 1 + 1 + 0) / 5 = 1$$

$$T_4 = (4.9091 + 1) / 2 = 2.9546$$

$$|T_4 - T_3| = |2.9546 - 2.9546| = 0.0 \leq \Delta T, \text{ então, fim do algoritmo.}$$

Limiarização global simples

Imagem I

2	3	6	5
3	1	1	1
6	7	6	3
5	7	0	3

$T_0 = \min(I) = 0$
 $\Delta T = 0.001$

$$T_2 = 2,7084$$

$$G_1 = [3, 6, 5, 3, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [2, 1, 1, 1, 0]$$

$$m_1 = (3 + 6 + 5 + 3 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 11 = 54 / 11 = 4.9091$$

$$m_2 = (2 + 1 + 1 + 1 + 0) / 5 = 1$$

$$T_3 = (4.9091 + 1) / 2 = 2.9546$$

$$|T_3 - T_2| = |2.9546 - 2,7084| = 0.2462 > \Delta T, \text{ então nova iteração.}$$

Imagem I'

2	3	6	5
3	1	1	1
6	7	6	3
5	7	0	3

$$T_3 = 2.9546$$

$$G_1 = [3, 6, 5, 3, 6, 7, 6, 3, 5, 7, 3]$$

$$G_2 = [2, 1, 1, 1, 0]$$

$$m_1 = (3 + 6 + 5 + 3 + 6 + 7 + 6 + 3 + 5 + 7 + 3) / 11 = 54 / 11 = 4.9091$$

$$m_2 = (2 + 1 + 1 + 1 + 0) / 5 = 1$$

$$T_4 = (4.9091 + 1) / 2 = 2.9546$$

$$|T_4 - T_3| = |2.9546 - 2.9546| = 0.0 \leq \Delta T, \text{ então, fim do algoritmo.}$$

O método de Otsu

- Calcular o histograma normalizado da imagem de entrada:
 - Designar os componentes do histograma como p_i , $i = 0, 1, \dots, L-1$.
- Calcular as somas acumuladas, $P_1(k)$, para $k=0, 1, 2, \dots, L-1$, de acordo com:
 - $P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i$
- Calcular as médias acumuladas $m(k)$, para $k=0, 1, 2, \dots, L-1$, de acordo com:
 - $m(k) = \sum_{i=0}^k i p_i$
- Calcular a intensidade média global, m_G , de acordo com:
 - $m_G = \sum_{i=0}^{L-1} i p_i$
- Calcular a variância entre classes, $\sigma_B^2(k)$, para $k=0, 1, 2, \dots, L-1$, de acordo com:
 - $\sigma_B^2 = P_1(m_1 - m_G)^2 + P_2(m_2 - m_G)^2$, reescrita como: $\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G P_1(k) - m(k)]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]}$
- O limiar de Otsu, k^* , é valor de k para o qual $\sigma_B^2(k)$ é máxima.
 - Se ocorrer mais de uma máxima, K^* é a média dos valores de k correspondentes
- Obter a medida de separabilidade, η^* , considerando $k = k^*$ na equação:
 - $\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2}$, em que: $\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - m_G)^2 p_i$

[EX] O método de Otsu

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i$$

$$m(k) = \sum_{i=0}^k ip_i$$

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i$$

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G P_1(k) - m(k)]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]}$$

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2}, \text{ em que:}$$

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - m_G)^2 p_i$$

i	h_i	p_i	$P_1(k)$	$m(k)$	$\sigma_B^2(k)$
0	1	0.0625	0.0625	0.0	0.906510
1	3	0.1875	0.2500	0.1875	2.876302
2	1	0.0625	0.3125	0.3125	3.283026
3	4	0.2500	0.5625	1.0625	4.159288
4	0	0.0000	0.5625	1.0625	4.159288
5	2	0.1250	0.6875	1.6875	3.344389
6	3	0.1875	0.8750	2.8125	1.567522
7	2	0.1250	1.0000	3.6875	---

$(i - m_G)^2 p_i$
0.84985
1.35425
0.17798
0.11816
0.00000
0.21533
1.00269
1.37158

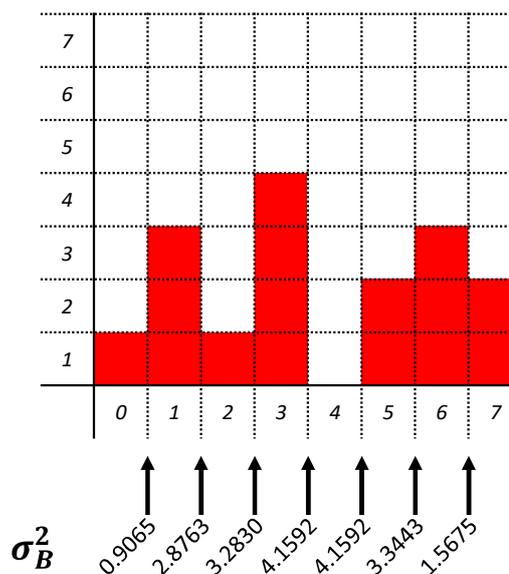
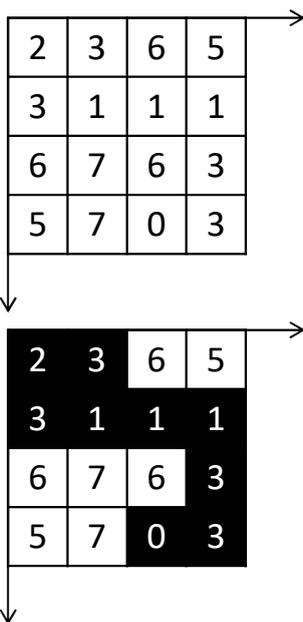
$$k^* = \frac{1}{2}(3 + 4) = 3.5$$

$$m_G = 3.6875$$

$$\sigma_G^2 = 5.08984$$

$$\eta(k^*) = 0.81717$$

[EX] O método de Otsu



Referências

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Brasport, 1999.

Disponível para download no site do autor (Exclusivo para uso pessoal)

<http://dainf.ct.utfpr.edu.br/~hvieir/pub.html>

GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E.; **Processamento Digital de Imagens**. 3ª edição. Editora Pearson, 2009.

Disponível na Biblioteca Virtual da Pearson.

J. E. R. Queiroz, H. M. Gomes. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. RITA. v. 13, 2006.

<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2016.2/Rita-Tutorial-PDI.pdf>