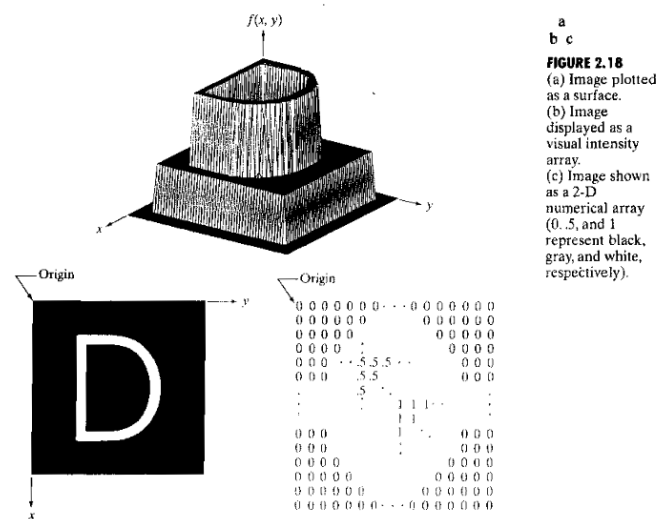


Limiar (thresholding) definido manualmente e por Isodata, segundo:

Ursula Gonzales-Barron, Francis Butler, A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumb features by digital image analysis, Journal of Food Engineering, Volume 74, Issue 2, 2006, Pages 268-278,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877405001652>



“Limiarização” ou thresholding é uma forma simples de selecionarmos os pixels de um objeto de interesse em uma imagem, mediante um valor de limiar, para facilitar a sua análise.

Na limiarização, usualmente convertemos uma imagem colorida ou em tons de cinza em uma imagem binária, ou seja, uma que é simplesmente preto e branco.

A limiarização é uma forma simples de segmentação de imagem.



A ideia é aplicar um limiar processando a imagem de entrada produzindo uma imagem de saída, ou seja, a imagem de **entrada** é sempre mantida **intacta**.

Obs: a partir da limiarização também é possível construir uma máscara (binária) que separa a região de interesse (também conhecida como objeto ou forma) e a região de fundo da imagem.



Como determinar o(s) valor(es) de limiar?

(a) Método manual:

Por inspeção da imagem diretamente;

Pela inspeção do histograma da imagem. maneira mais simples de localizar um limiar consiste em encontrar cada um dos picos da histograma e em seguida os vales entre eles.

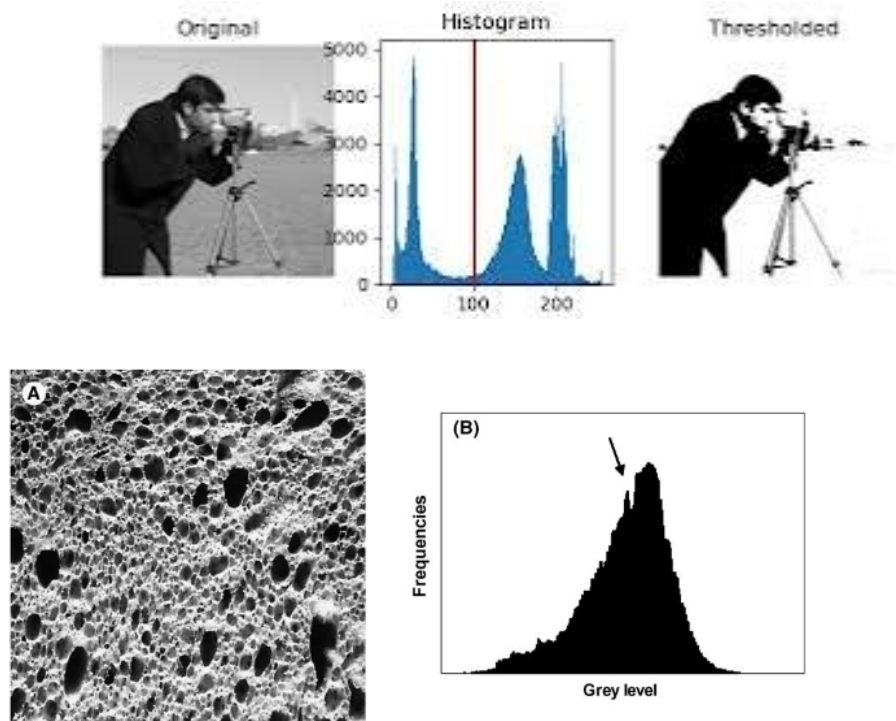


Fig. 1. A typical bread-crumbs grey-level image of  $40 \times 40$  mm field of view (A) and its histogram of frequencies (B). The threshold was manually selected (shown by the arrow) on the valley or dip closest to the mean grey level value.

(b) Por meio de técnicas automáticas de determinação de limiar. Existem várias técnicas para tal finalidade, uma das mais simples é baseada no Algoritmo Isodata: técnica iterativa e simples para escolha de um limiar desenvolvida originalmente por Ridler e Calvert (Ridler, T.W.; Calvert, S. Picture Thresholding Using an Iterative Selection Method. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. 1978, 8, 630–632).

A ideia é separar a imagem em duas categorias de pixels: os pixels de interesse (também conhecidos como pixels da forma ou do objeto de interesse) e os pixels de fundo da imagem.

O algoritmo tem como partida um chute inicial para valor de limiar  $t$ , o qual dispara um processo iterativo que atualiza  $t$  até uma convergência.

Para uma imagem em tons de cinza: pixels variando valores no intervalo de 0 a  $L-1$  (normalmente  $L=255$ ). Nesse processo Isodata são utilizadas:

- A média dos pixels da região-fundo:  $\mu_1$  (média dos pixels com intensidade entre zero e o limiar) e
- A média dos pixels da região-objeto:  $\mu_2$  (média dos pixels com intensidade do limiar até 255);
- O histograma da imagem.

(b) Algoritmo Isodata:

A partir de um “chute” inicial para o limiar  $t$  são calculados os valores médios de pixels nas duas categorias (objeto/forma e fundo)  $\mu_1$  e  $\mu_2$  (equações abaixo).

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=0}^t i \cdot h(i)}{\sum_{i=0}^t h(i)} \quad (1)$$

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} i \cdot h(i)}{\sum_{i=t+1}^{L-1} h(i)} \quad (2)$$

- Nas equações:  $h(\dots)$  representa o histograma de valores de pixels;
- $h(0), h(1), \dots, h(L-1)$  especificam as respectivas quantidades de pixels em uma imagem com valor de escala de cinza  $i=0$  a  $i=L-1$ ,
- Considerando uma imagem em tons de cinza:  $L=256$  e  $L-1$  é o valor máximo de pixel (255).

A estimativa inicial em  $t$  é então redefinida como o valor inteiro entre  $\mu_1$  e  $\mu_2$  (na verdade a média desses dois valores). Então, para novo valor de limiar  $t$ , os valores de  $\mu_1$  e  $\mu_2$  são recalculados.

## (b) Algoritmo Isodata:

Esse processo iterativo ( $t$  atualizado a partir de  $\mu_1$  e  $\mu_2$ , gerando novo valor de limiar, que gera novo limiar e assim sucessivamente...) se repete até que o valor de  $t$  não se altere significativamente.

Quão significativamente? Depende da aplicação, por exemplo: interrompa o processo se entre  $t_i$  e  $t_{i-1}$  houver uma diferença menor do que 0,01

Qual é o principal ponto fraco do Isodata?

## ISODATA

Ainda sobre limiarização, a determinação do valor de limiar (ou limiares) pode ser feita de diferentes formas. Existe a maneira baseada em inspeção “visual” feita pelo especialista usuário do sistema, mas também há estratégias automáticas de determinação do limiar, tais como o método isodata e o método de Otsu.

Recomendação bibliográfica: Gonzales-Barron e Butler [7]

Pede-se:

1. Implemente o algoritmo Isodata;
2. Com seu celular, capture uma imagem e utilize script Python de sua autoria para convertê-la a tons de cinza;
3. Sobre a matriz em tons de cinza, obtida no passo 2: determine um limiar via algoritmo de sua autoria que implementa o método Isodata (conforme discutido em sala);
4. Sobre a matriz em tons de cinza, obtida no passo 2, aplique o limiar (*thresholding*) determinado no passo 3 (via algoritmo Isodata);
5. Exiba a imagem de entrada e a de saída.