

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

2020 / 2021, 2º Semestre



Capítulo 5

**Segmentação de
Imagens Digitais**

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

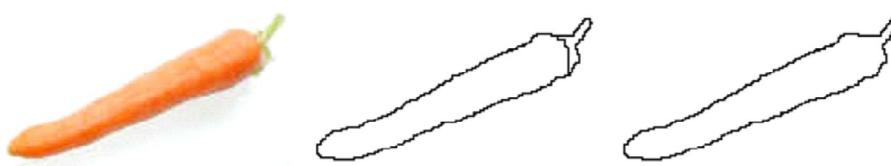
5.1 Introdução

A segmentação de imagem consiste na partição da imagem I em N sub-regiões I_1, I_2, \dots, I_n , obedecendo às seguintes propriedades:

$$I = \bigcup_{i=1}^N I_i \quad I_i \cap I_j = \emptyset \quad \forall i, j; i \neq j$$

Ou seja, cada pixel da imagem pertence a uma e uma só região (segmento, objecto).

A união de todos as regiões permite reconstituir a imagem original.



Segmentação de Imagens Digitais

A segmentação é o processo de sub-divisão de uma imagem em regiões (segmentos). Qualquer pixel pertencente à imagem pertence necessária e unicamente a uma dessas partições – não há espaços vazios numa segmentação, daí que a união de todos os segmentos permita a reconstituição da imagem original.

Cada segmento tem características específicas, ou seja, todos os pixels que a constituem têm algumas propriedades comuns, que podem estar relacionadas com a tonalidade, cor, textura, etc.

(Figura: A.P. Pereira)

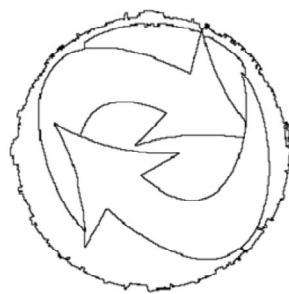
5.1 Introdução

Representação de uma imagem segmentada, por:

Imagen Original



Contornos



Blocos



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens Digitais

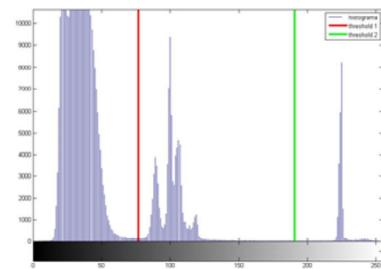
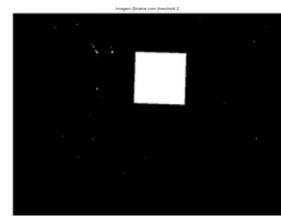
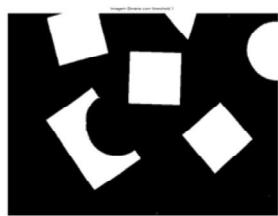
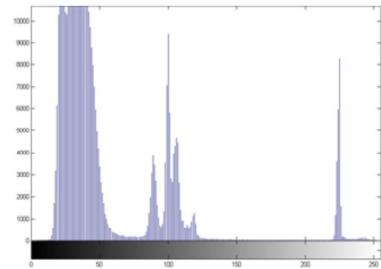
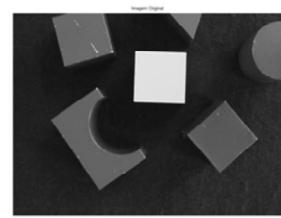
As 2 formas de representação de uma segmentação mais usuais são: a representação por contornos e a representação por blocos. A figura ilustra estes 2 tipos de representação de uma imagem original (esquerda) segmentada, representada por contornos (centro) e por blocos (direita).

(Figura: A.P. Pereira)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Global

O histograma de uma imagem de níveis de cinzento é cortado em 2 (ou +) partes.

Em geral usa-se apenas 1 valor de corte (t – threshold), resultando numa imagem binária.



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

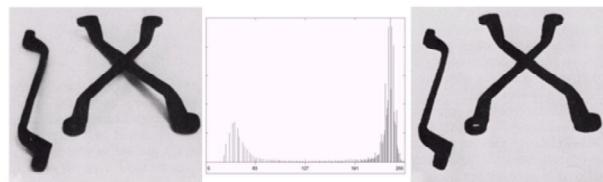
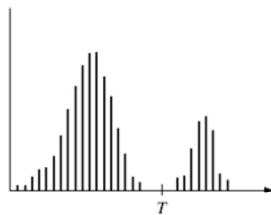
Segmentação por “Thresholding”

Uma das formas mais simples e mais utilizadas na segmentação de uma imagem digital consiste na partição do histograma em 2 ou mais partes, utilizando-se um ou mais valores de corte T_i , nas intensidades. Todos os pixels da imagem são tratados da mesma forma, dependendo apenas do seu nível de cinzento (‘Thresholding’ Global).

(Figura adaptada de: Svoboda, 2008)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Global

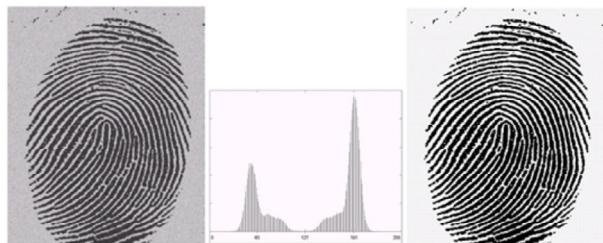
Histograma dividido em 2 partes (binarização)



exemplos

O valor de corte, threshold (T), pode ser definido:

- Manualmente
- Interactivamente (ou semi-automático)
- Automaticamente



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por “Thresholding”

Uma das formas mais simples e mais utilizadas na segmentação de uma imagem digital consiste na partição do histograma em 2 ou mais partes, utilizando-se um ou mais valores de corte T_i , nas intensidades. Todos os pixels da imagem são tratados da mesma forma, dependendo apenas do seu nível de cinzento (‘Thresholding’ Global).

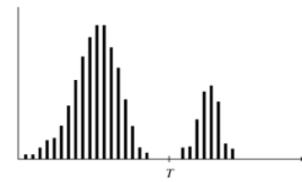
(Figura: Gonzalez e Woods, 2002)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Global

Determinação automática de Threshold

Método Iterativo:

1. Selecionar estimativa inicial para T
2. Segmenta-se a imagem com valor de corte T
3. Calcula-se as médias m_1 e m_2 dos pixels nas regiões G_1 e G_2
4. Calcula-se um novo valor de corte $T = (m_1 + m_2) / 2$
5. Repete-se os pontos 2 a 4 até que a variação em T seja inferior a um valor pré-definido



Exemplo:

ponents or broken connection paths. There is no point past the level of detail required to identify those.

Segmentation of nontrivial images is one of the most processing. Segmentation accuracy determines the ev of computerized analysis procedures. For this reason, be taken to improve the probability of rugged segment such as industrial inspection applications, at least some the environment is possible at times. The experienced designer invariably pays considerable attention to suc

ponents or broken connection paths. There is no point past the level of detail required to identify those.

Segmentation of nontrivial images is one of the most processing. Segmentation accuracy determines the ev of computerized analysis procedures. For this reason, be taken to improve the probability of rugged segment such as industrial inspection applications, at least some the environment is possible at times. The experienced designer invariably pays considerable attention to suc

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por “Thresholding”

O exemplo mostra a segmentação da imagem com texto digitalizado num scanner, com o valor de T obtido através do algoritmo iterativo proposto por Otsu.

(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Global

Determinação automática de Threshold

Minimização da variância intra-classes

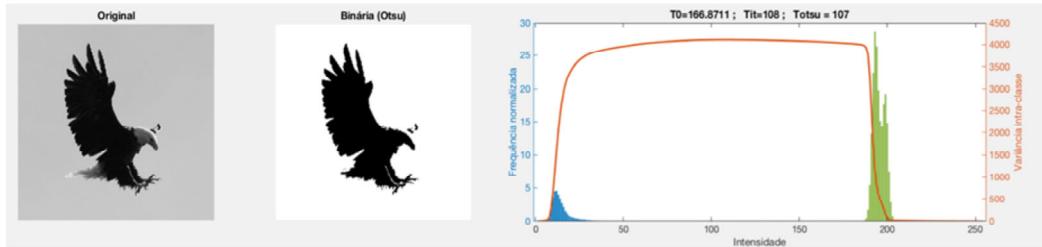
$$\sigma_i^2(T) = \omega_1(T)\sigma_1^2(T) + \omega_2(T)\sigma_2^2(T)$$

σ_1^2 e σ_2^2 variâncias de cada classe

ω_1 e ω_2 probabilidades dum pixel pertencer às classes 1 e 2

$$\sigma_e^2(T) = \sigma^2 - \sigma_i^2(T)$$

ou Maximização da variância inter-classes



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Determinação automática de Threshold - Método de Otsu

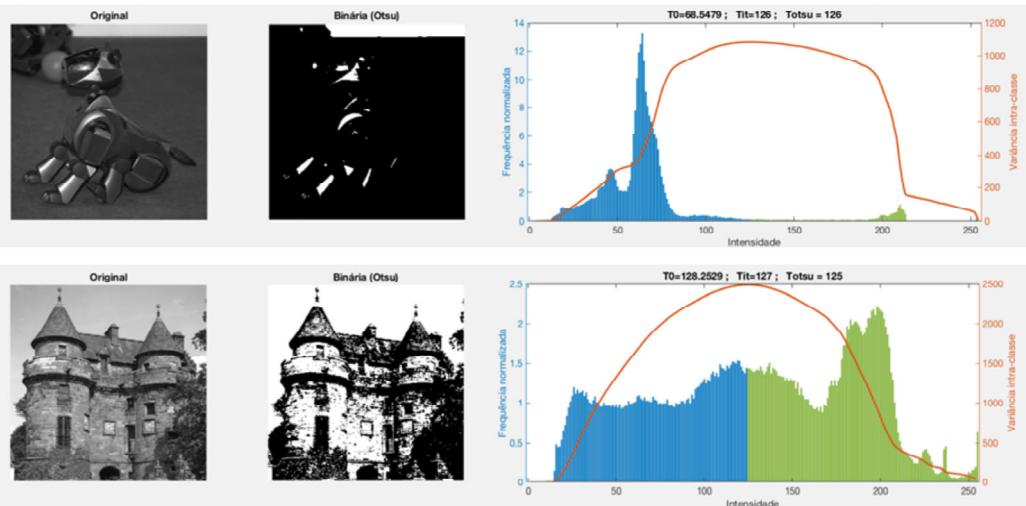
Determinação do valor de T pelo método de Otsu.

(Figura: André R.S. Marçal)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Global

Determinação automática de Threshold

Método de Otsu



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Determinação automática de Threshold - Método de Otsu

Exemplos de determinação do valor de T pelo método de Otsu.

(Figura: André R.S. Marçal)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Global

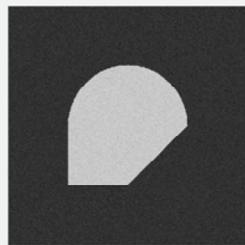
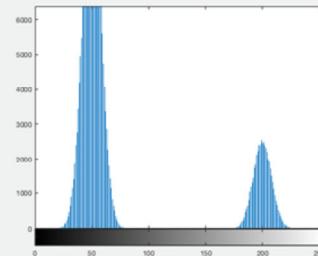
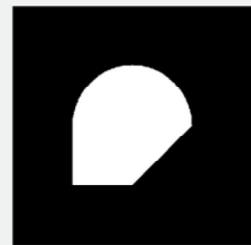


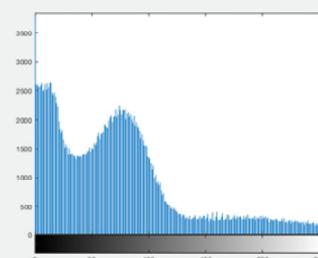
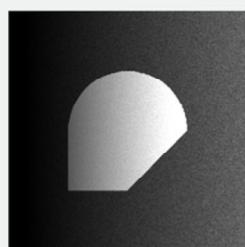
Imagen original



Histograma



Thresholding Global



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por “Thresholding” Global

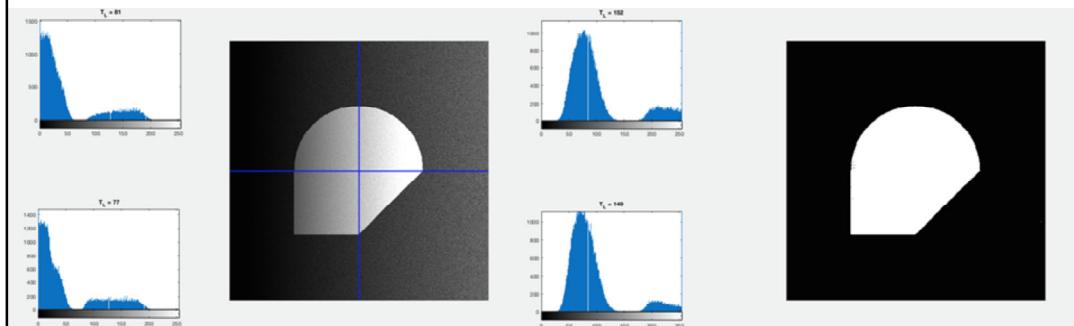
Exemplo de imagem com iluminação variável, com o impacto da segmentação por “Thresholding” Global deixar de ser eficaz.

(Figura: André R.S. Marçal)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Local (adaptativo)

Procedimento:

1. Dividir a imagem em $N \times N$ sub-imagens (neste caso $N=2$)
2. Para cada bloco, verificar se é homogéneo
SIM ? Atribuir o valor 0 ou 1 a todo o bloco
NÃO ? Calcular valor de T_L e aplicar Thresholding ao bloco



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por “Thresholding” Local / Adaptativo

Exemplo para imagem com iluminação, e $N=2$.

(Figura: André R.S. Marçal)

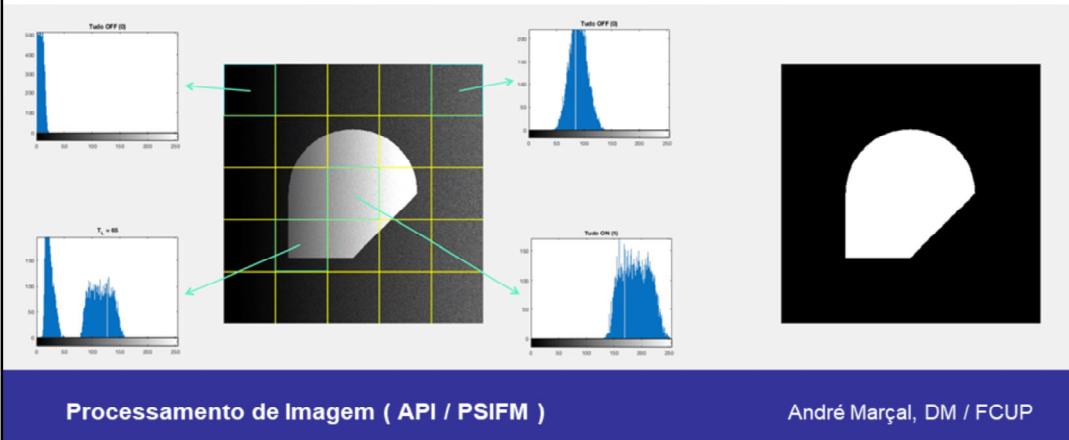
5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Local (adaptativo)

Procedimento:

É necessário definir um critério para decidir se um bloco é homogéneo

E o critério para escolher o valor 0 ou 1 para um bloco é homogéneo

Ex. N=5



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

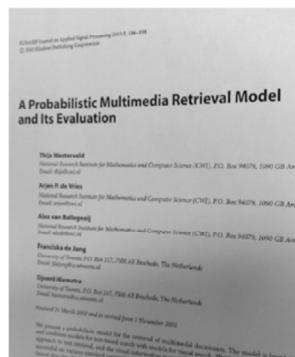
Segmentação por “Thresholding” Local / Adaptativo

Exemplo para imagem com iluminação, e N=5.

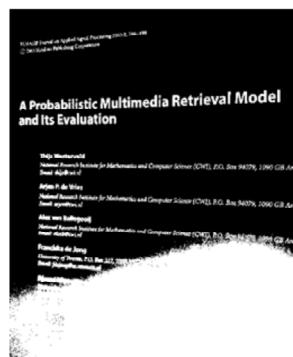
(Figura: André R.S. Marçal)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Local (adaptativo)

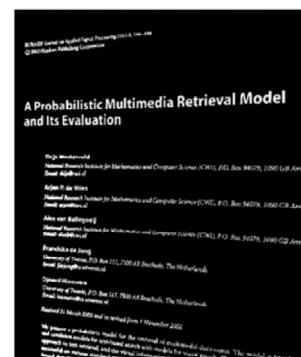
Imagen original
(cinzento, 8bits)



Thresholding
global



Thresholding
local



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por “Thresholding” Local

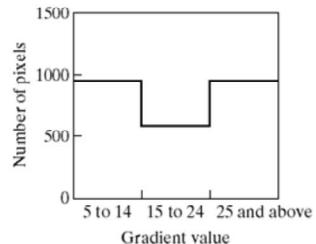
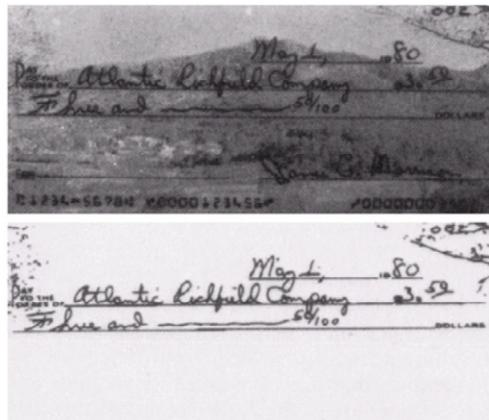
Exemplo de Segmentação por “Thresholding” Local.

(Figura: B. Girod, 2011)

5.2 Segmentação por ‘Thresholding’ – Local (adaptativo)

Outro exemplo de Segmentação por ‘Thresholding’ Local

A partição do histograma neste caso foi feito na imagem gradiente



Trata-se de uma operação local, uma vez que o critério de segmentação tem por base o gradiente, que é uma propriedade local.

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por “Thresholding” Local

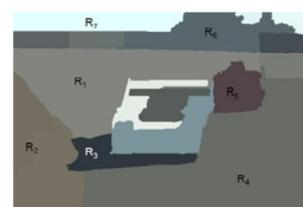
Outro exemplo de Segmentação por “Thresholding” Local. Inicialmente aplicou-se um filtro gradiente à imagem original (figura de cima). O gráfico mostra a distribuição dos valores do gradiente. Utilizou-se como valor de corte T o valor médio do vale entre os 2 picos do histograma do gradiente. A segmentação é local uma vez que o critério de segmentação é baseado numa propriedade local (o gradiente). Resultado da segmentação Local (figura de baixo).

(Figura: Gonzalez e Woods, 2002)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Crescimento Regiões

A segmentação consiste na partição de uma imagem R nas sub-regiões R_1, R_2, \dots, R_n , obedecendo às seguintes propriedades:

- (a) $R = \bigcup_{i=1}^n R_i$
- (b) R_i é uma região ligada, para $i=1,2,\dots,n$
- (c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ para todo i e j , com $i \neq j$
- (d) $P(R_i) = \text{VERDADE}$ para $i=1,2,\dots,n$
- (e) $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO}$ para $i \neq j$



A segmentação por Crescimento de Regiões começa com um conjunto de pontos semente (sub-regiões iniciais), que crescem utilizando uma relação de vizinhança e uma propriedade P .

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por Crescimento de Regiões

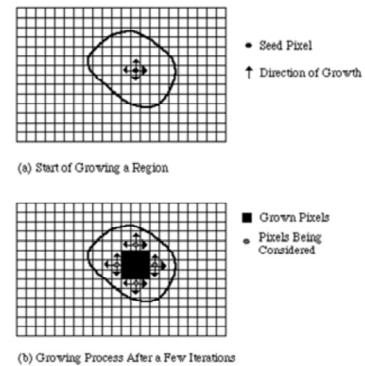
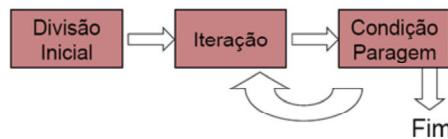
(Figura adaptada de: M. Coimbra, 2009)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Crescimento Regiões

A segmentação por Crescimento de Regiões usa uma relação de vizinhança e uma propriedade P.

A propriedade P pode incluir informação relativa a:

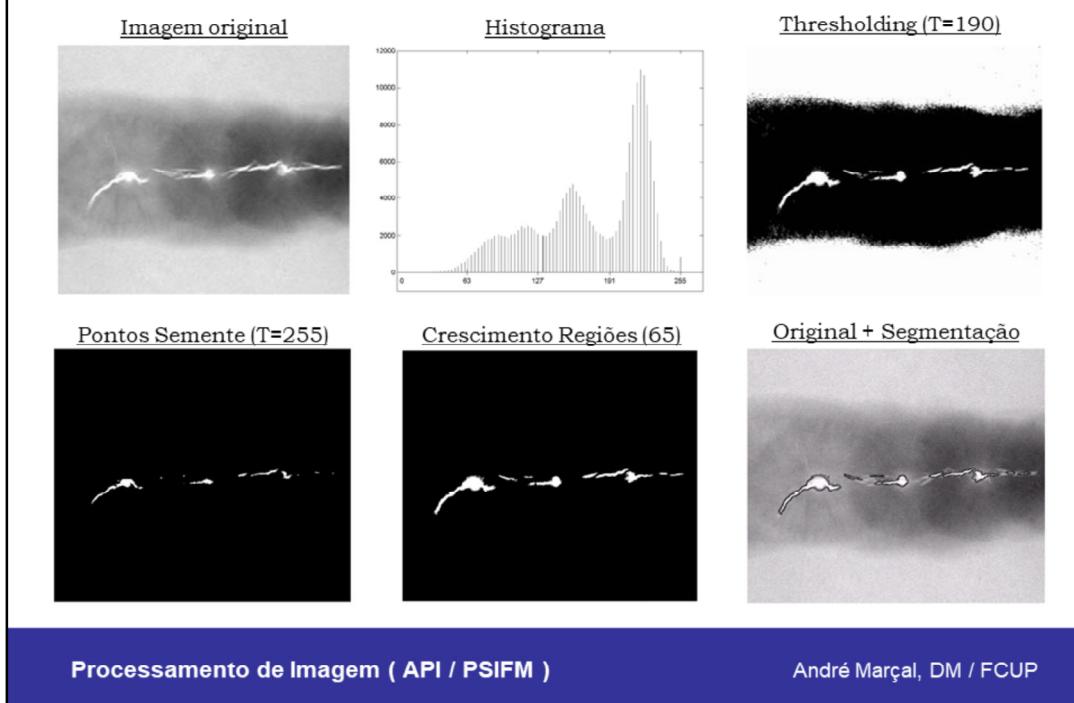
- Intensidade
- Cor
- Textura
- Outros



Segmentação por Crescimento de Regiões

(Figura adaptada de: M. Coimbra, 2009)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Crescimento Regiões



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Exemplo de Segmentação por Crescimento de Regiões

Exemplo de segmentação de uma imagem ‘greyscale’ (tons de cinzento) de uma junta de soldadura com defeito.

A imagem de Pontos de Semente foi obtida por ‘Thresholding’ com um valor de corte $T=255$.

A segmentação por ‘Thresholding’ com $T=255-65$ foi obtida directamente na imagem original.

A imagem da segmentação por Crescimento de Regiões usou pontos de semente com critério de crescimento a vizinhança de 3×3 (8 vizinhos) e uma margem $T=65$.

O resultado da segmentação por Crescimento de Regiões está sobreposto à imagem original.

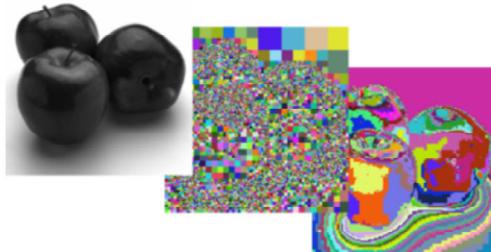
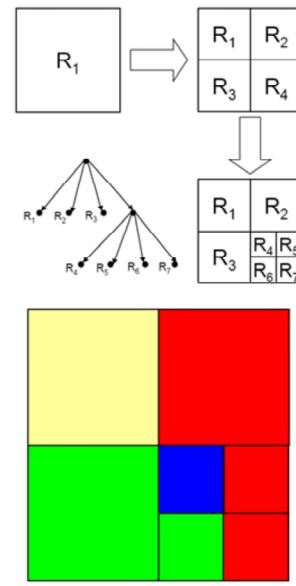
(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins e Gonzalez e Woods, 2002)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Divisão de Regiões

Divisão de Regiões

Para a segmentação por divisão de regiões ('Region splitting') é definido um critério de divisão, que é usado de forma iterativa.

Normalmente é usado em conjunto com um processo de junção de regiões ('region merging'), como ilustrado no exemplo.



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

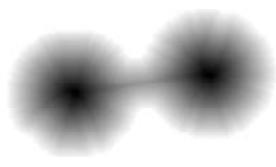
Segmentação por Divisão de Regiões

(Figuras adaptadas de: M. Coimbra, 2009 ; F. Albregtsen, 2010)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Watershed

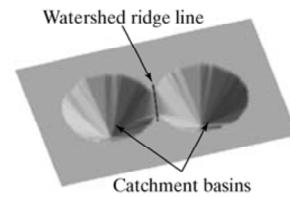
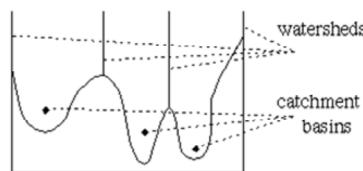
Inspiração geográfica

Intensidades da imagem
correspondem ao relevo do terreno



Segmentação é feita lançando água, ou seja, inundando o terreno

Cada região da imagem segmentada corresponde a um “lago”



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

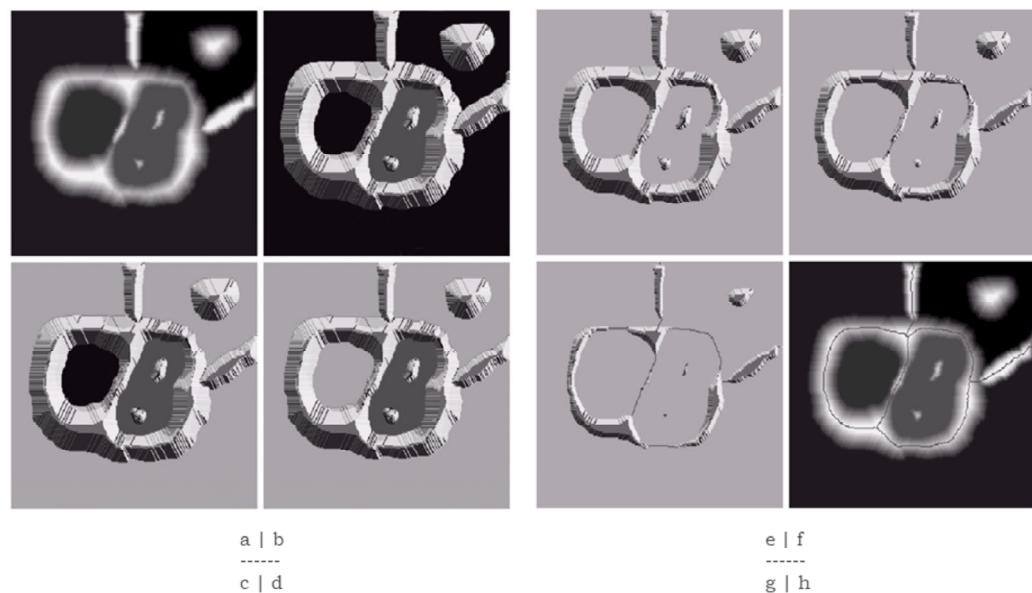
André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por “Watershed”

Imagen original vista em tons de cinzento (esquerda), e como uma superfície topográfica. Fazendo uma analogia podemos considerar bacias hidrográficas, ou bacias de captação, assim como os seus limites.

(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Watersheding



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Exemplo de segmentação por “Watersheding”

Imagen original em tons de cinzento (a) e vista como uma superfície topográfica (b). Fase inicial do processo de “Watersheding” (c), tendo a inundação surgido de baixo. Numa fase mais avançada (d) a bacia de captação da esquerda foi inundada.

Aumentando ainda mais o nível da água, obtem-se resultados onde as áreas não inundadas são cada vez menores (e>f>g), até que se fica apenas com as linhas correspondentes à separação das bacias de captação (h) sobrepostas à imagem original.

(Figura: Gonzalez e Woods, 2002)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Watersheding

Imagen Original

1	1	0	0	0
1	1	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	1	0

Imagen com Distâncias

0.00	0.00	1.00	2.00	3.00
0.00	0.00	1.00	2.00	3.00
1.00	1.00	1.41	2.00	2.24
1.41	1.00	1.00	1.00	1.41
1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Criação de uma imagem com distâncias

O principal problema da segmentação por “Watersheding” consiste na determinação, a partir da imagem original, de uma imagem com as bacias de captação adequadas. Uma ferramenta que é frequentemente usada são as funções de distância, ilustradas neste slide. Secção de uma imagem binária (esquerda) e respectiva função de distância (direita).

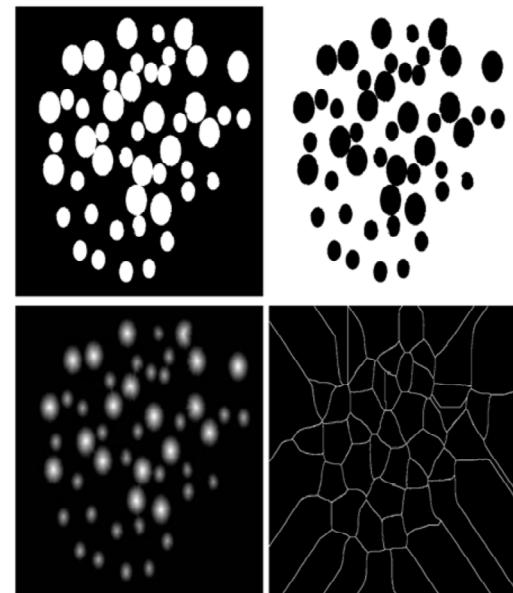
(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Watersheding

Segmentação por ‘Watersheding’

A partir de uma
Imagen de Distâncias

- a) Imagem original binária
- b) Complemento da imagem (a)
- c) Imagem de distâncias, obtida de (b)
- d) Resultado da segmentação por
watersheding, da imagem (c)



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Exemplo de Segmentação por ‘Watersheding’

Exemplo de segmentação por “Watersheding” usando uma imagem com distâncias.

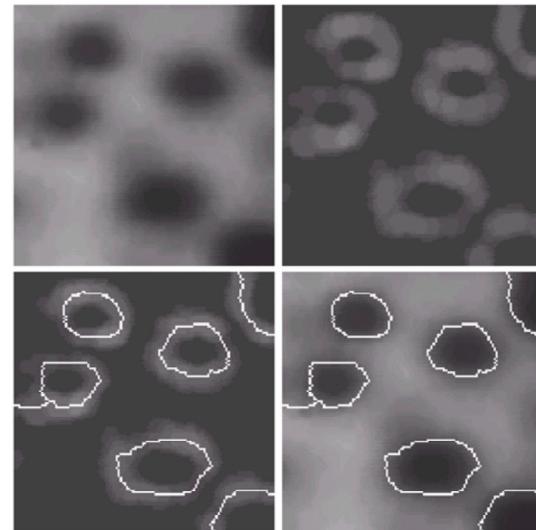
(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Watersheding

Segmentação por ‘Watersheding’

A partir de uma Imagen de Gradiente

- a) Imagem original (gotas num líquido)
- b) Gradiente da imagem (a)
- c) Segmentação por watersheding, da imagem (b)
- d) Resultado (c) sobreposto à imagem original (a)



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Exemplo de Segmentação por ‘Watersheding’

Exemplo de segmentação por “Watersheding” usando uma imagem de gradiente.

Uma característica importante da segmentação por “Watersheding” é que os resultados obtidos são sempre linhas fechadas.

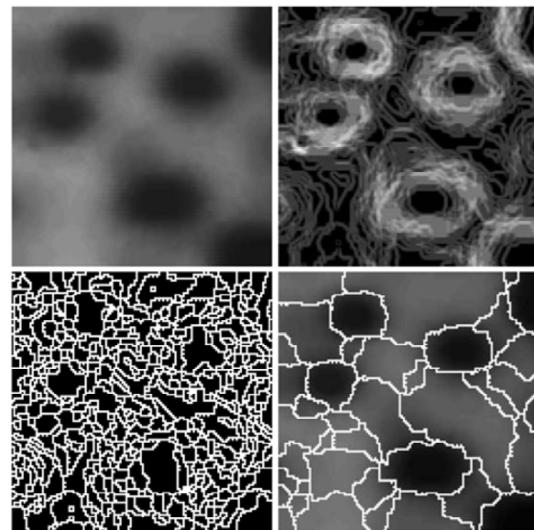
(Figura: Gonzalez e Woods, 2002)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Watersheding

Segmentação por ‘Watersheding’

A partir de Imagem Gradiente

- a) Imagem original (gotas num líquido)
- b) Gradiente da imagem (a) – diferente!
- c) Segmentação por ‘watersheding’, da imagem (b)
- d) Segmentação por ‘watersheding’, com base na imagem (b) suavizada; resultado sobreposto à imagem original



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Exemplo de Segmentação por ‘Watersheding’

Exemplo de segmentação por ‘Watersheding’ semelhante ao anterior, mas utilizando diferentes imagens de gradiente.

(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Watersheding

Segmentação por ‘Watersheding’

Usando marcadores

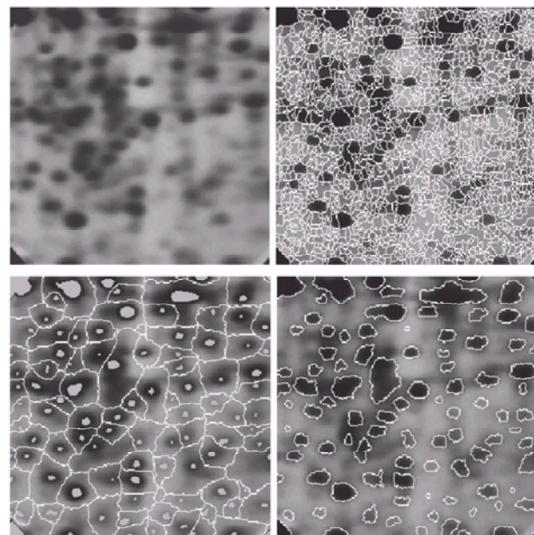
- internos (associados a objectos)
- externos (associados ao fundo)

a) Imagem original

b) Resultado da segmentação por ‘watersheding’, da imagem Gradiente

c) Segmentação usando marcadores

d) Segmentação usando a imagem (c) como marcadores externos



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Exemplo de Segmentação por ‘Watersheding’

A aplicação da segmentação por ‘Watersheding’ directamente à imagem gradiente costuma resultar em segmentação excessiva, devido à presença de demasiado detalhe e de ruído na imagem original. Uma alternativa que permite reduzir a segmentação excessiva é a utilização de marcadores. Há dois tipos de marcadores: internos (associados a objectos) e externos (associados ao fundo).

(Figura: Gonzalez e Woods, 2002)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Multi-resolução

Segmentação Hierárquica

Uma imagem pode ser segmentada com vários níveis de detalhe (Multi-Resolução), com os objectos estruturados hierarquicamente



Exemplo

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens Multi-Resolução

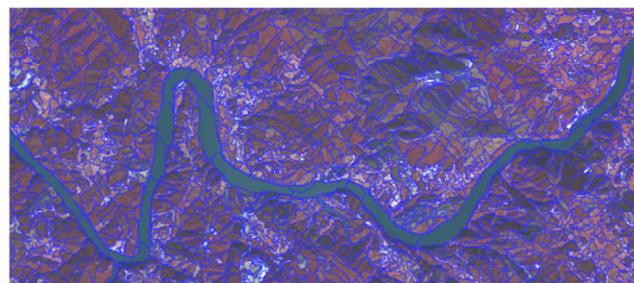
Exemplo de uma imagem aérea segmentada no software eCognition usando diferentes parâmetros e escalas como critério de segmentação.

(Figuras adaptadas de: eCognition)

5.3 Segmentação baseada em regiões – Multi-resolução

Segmentação Hierárquica

Exemplo de uma imagem multi-espectral (9 canais) segmentada em 2 níveis de detalhe (Multi-Resolução).



Como se pode ver na figura, os objectos estão estruturados de forma hierárquica.



Imagen ASTER; Vale do Sousa

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens Multi-Resolução

Exemplo de uma imagem de satélite (ASTER) onde a segmentação foi feita usando 9 bandas espectrais.

(Figura: André R.S. Marçal)

5.4 Segmentação por Modelos Deformáveis – Snakes

Snakes são contornos activos deformáveis, isto é, curvas que se movimentam sob a influência de forças internas e externas.

Um algoritmo snakes consiste em procurar minimizar a função energia total da curva (snake).

$$E_{\text{snake}} = \int_0^L [E_{\text{int}}((x(s), y(s)))] + E_{\text{ext}}((x(s), y(s))] ds$$

- As forças internas provocam tensão ou suavidade no contorno
- As forças externas obrigam a snake a mover-se para objectos limite (na fronteira)



Segmentação por Gradient Vector Fields (GFV) / Snakes

Os Modelos Deformáveis baseiam-se no movimento de uma curva deformável que, de acordo com a sua elasticidade e sob a influência de determinadas forças, altera a sua forma aproximando-a progressivamente da forma dos limites do objecto.

(Figura: Xu & Prince, 1998)

5.4 Segmentação por Modelos Deformáveis – Snakes

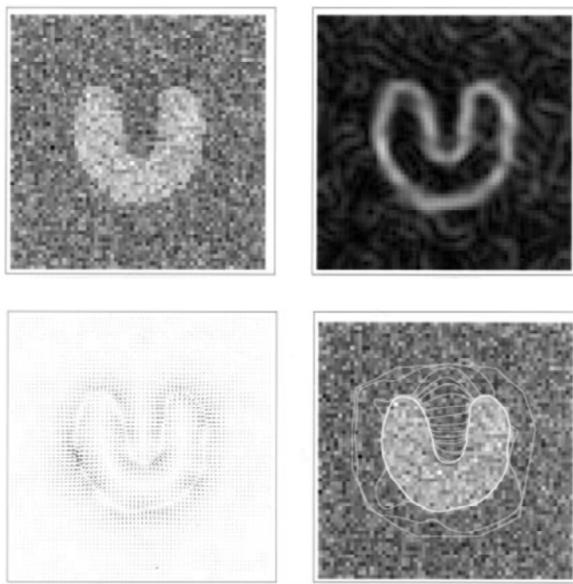
Segmentação por ‘Snakes’

Gradient Vector Flow

- a) Imagem original
b) Contornos
c) Campo de forças (externas)
d) Resultado em várias fases do processo iterativo, sobreposto à imagem original

a | b

c | d



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por Gradient Vector Flow (GVF) / Snakes

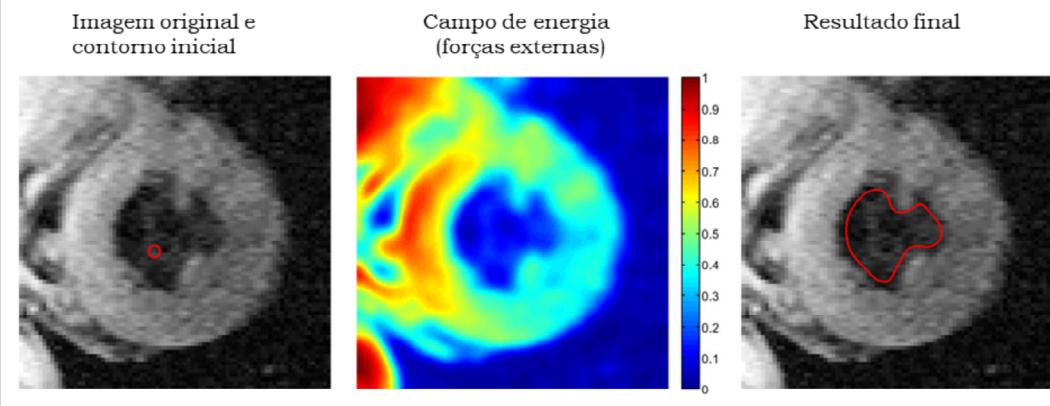
Exemplo de segmentação usando GVF / Snakes. Este método utiliza um campo de forças (externas), obtido a partir da imagem de contornos. É um processo iterativo, partindo de um contorno inicial, que converge para uma solução estável no campo de forças. Neste caso o resultado final é a identificação do objecto em forma de U na imagem original.

(Figura: Xu & Prince, 1998)

5.4 Segmentação por Modelos Deformáveis – Snakes

Segmentação por ‘Snakes’

Gradient Vector Flow – GVF snakes



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por Gradient Vector Flow (GVF) - Snakes

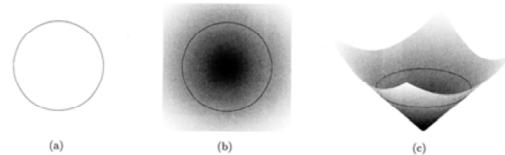
Exemplo de segmentação usando GVF - snakes.

(Figura adaptada de: Xu & Prince, 1998; Svoboda, 2008)

5.4 Segmentação por Modelos Deformáveis – Level Sets

Uma outra forma de usar modelos deformáveis para segmentação de imagem é através de contornos activos geodésicos / Level Sets.

Dado um contorno inicial, é criada uma função level set $\phi(x,y)$ que é normalmente a distância ao contorno com atribuição de sinal + no exterior e - no interior.



Define-se uma função de energia $C(\phi, a_1, a_2)$ para a imagem $I(x,y)$, usando a função level set $\phi(x,y)$ e as intensidades médias no interior e exterior da curva (a_1 e a_2), que se pretende minimizar.

$$C(\phi, a_1, a_2) = C_1(\phi, a_1, a_2) + C_2(\phi, a_1, a_2) = \int_{inside(\phi)} (I(x,y) - a_1)^2 dx dy + \int_{outside(\phi)} (I(x,y) - a_2)^2 dx dy$$

Podem ser usadas outras características locais (para além da intensidade dos pixels) e serem considerados parâmetros de regularização em $C(\phi, a_1, a_2)$, relacionados com o comprimento da curva ou com a área no seu interior.

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por Modelos Deformáveis – Level Sets

(Figura: Sonka, 2008)

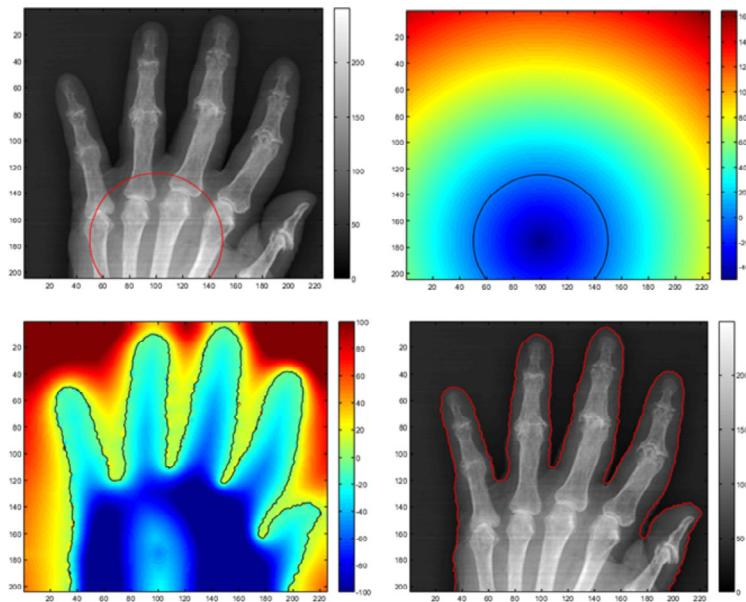
5.4 Segmentação por Modelos Deformáveis – Level Sets

Exemplo de Segmentação por ‘Level Sets’

a | b

c | d

- a) Imagem original com a inicialização
- b) Função ‘level set’ no instante inicial
- c) Versão final da função ‘level set’
- d) Resultado da segmentação sobre a imagem original



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

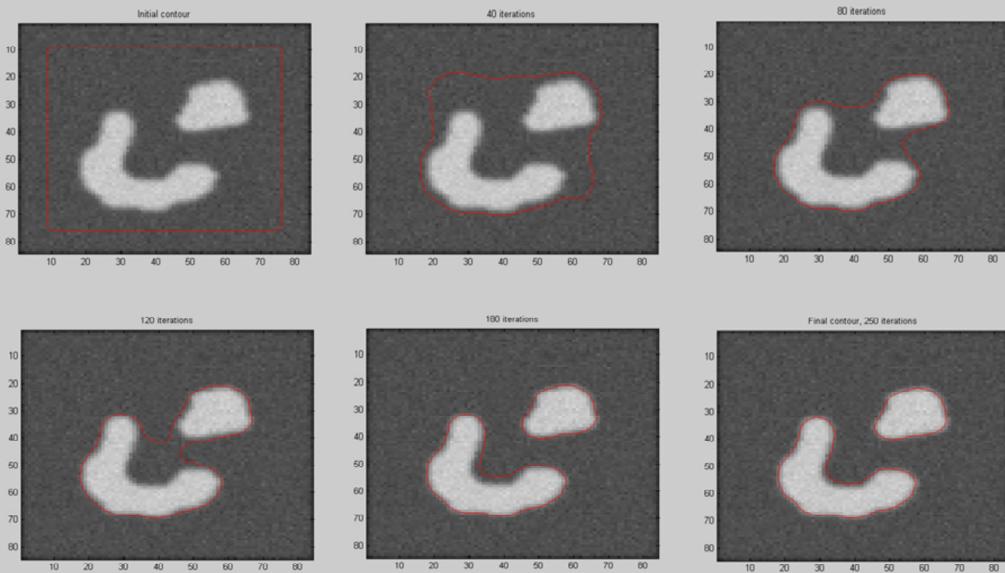
André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por Modelos Deformáveis

Exemplo de segmentação por ‘Level Sets’.

(Figura adaptada de: Svoboda, 2008)

5.4 Segmentação por Modelos Deformáveis – Level Sets



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por Modelos Deformáveis

Ao contrário dos modelos deformáveis GVF – Snakes, com Level Sets é possível obter como resultado final mais do que um objecto (separado), como se verificou neste exemplo.

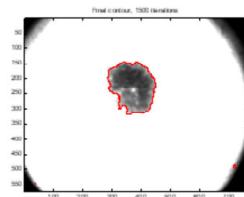
(Figura adaptada de: ?)

5.4 Segmentação por Modelos Deformáveis – Level Sets

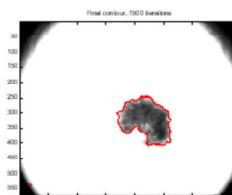
Imagen original



Resultado Vectorial
(1500 iterações)



Resultado Binário
(1500 iterações)



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação por Modelos Deformáveis – Level Sets

Exemplo de segmentação de imgens de dermoscopia usando Level Sets.

(Figura: C. Lucas, 2007)

5.5 Segmentação de Imagens de Cor

COR vs Tons de Cinzento

É mais fácil separar um objecto do fundo (segmentação) em imagens coloridas...



Mas a segmentação de imagens multi-banda (ex. RGB com 3 bandas) é em geral mais difícil de executar do que em imagens ‘greyscale’.

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

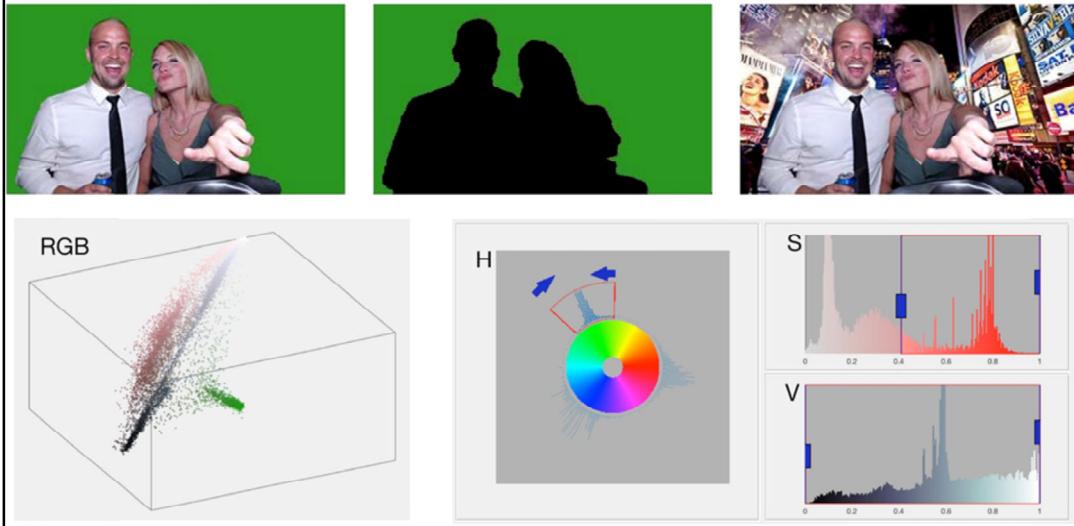
André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens de Cor (3 bandas)

(Figura: André R.S. Marçal)

5.5 Segmentação de Imagens de Cor

Procedimento com base na versão da imagem de cor no modelo HSV



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens de Cor (3 bandas)

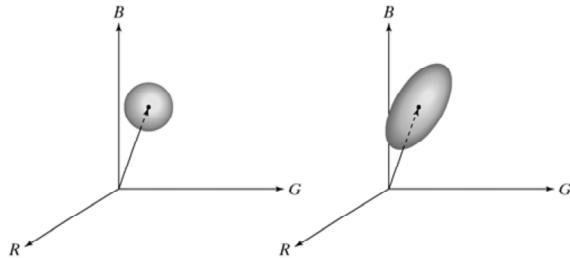
Exemplo de segmentação para alteração de fundo.

(Figura: André R.S. Marçal)

5.5 Segmentação de Imagens de Cor

Distância Euclidiana: $D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) = ||\mathbf{z} - \mathbf{a}|| = [(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T (\mathbf{z} - \mathbf{a})]^{1/2}$

Distância Mahalanobis: $D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) = [(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{z} - \mathbf{a})]^{1/2}$



\mathbf{z}, \mathbf{a} – vectores no espaço RGB

\mathbf{C} – Matriz de co-variância

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens RGB

A segmentação de imagens coloridas pode ser feita no espaço RGB. Cada cor corresponde a um vector de dimensão 3, sendo necessário utilizar uma métrica para relacionar 2 vectores \mathbf{z} e \mathbf{a} . Duas métricas que são frequentemente usadas são a distância Euclidiana e a distância de Mahalanobis. A distância Euclidiana é um caso particular da distância de Mahalanobis quando a matriz de covariância (\mathbf{C}) é unitária ($\mathbf{C}=\mathbf{I}$).

(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins)

5.5 Segmentação de Imagens de Cor

Segmentação no espaço RGB

Uma imagem RGB pode ser segmentada definindo-se a zona do espaço RGB a associar ao(s) objecto(s) de interesse.

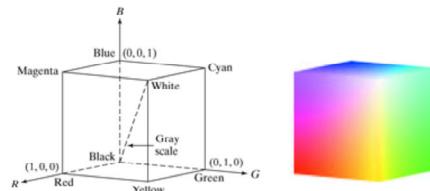


Imagen original (RGB)



Seg.1 – Cubo, lado 0.25



Seg.2 – Esfera, raio 0.17



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens Coloridas

Exemplo de segmentação de uma imagem colorida usando um ponto RGB de referência (0.6863, 0.1608, 0.1922), e a zona de interesse no espaço RGB definida por:

Seg.1 – cubo de lado $W=0.2549$

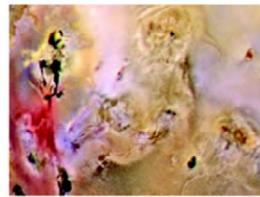
Seg.2 – esfera de raio $R=0.1765$

Em ambos os resultados as figuras apresentam a imagem original para os pixels que ficaram dentro do cubo, e a cor cinzenta (RGB: 0.5, 0.5, 0.5) para os restantes pixels.

(Figura: Gonzalez e Woods, 2002)

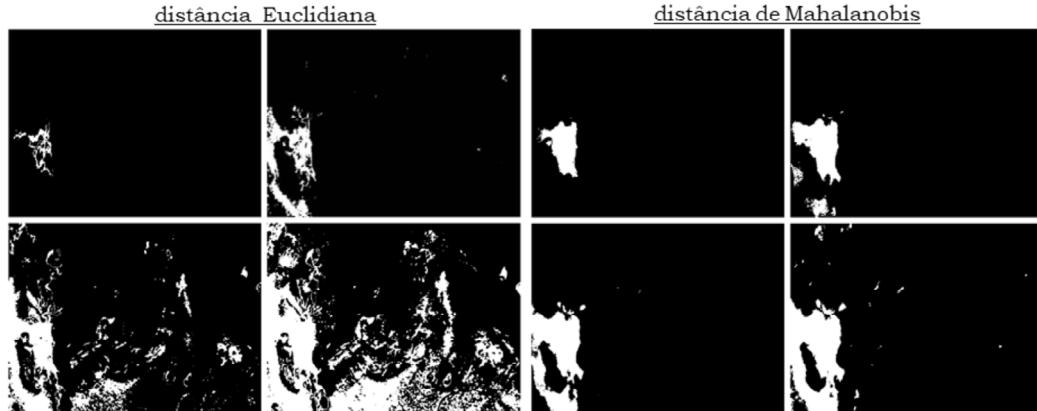
5.5 Segmentação de Imagens de Cor

Resultados da segmentação de imagem colorida usando uma métrica no espaço RGB e quatro valores de corte T.



T=25 | T=50

T=75 | T=100



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens RGB

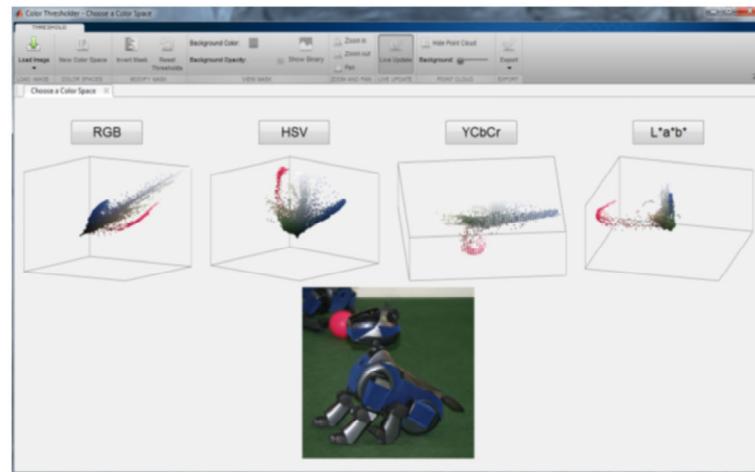
Exemplo de segmentação de uma imagem colorida usando como métricas as distâncias Euclidiana e de Mahalanobis no espaço RGB. Inicialmente foi identificada uma área de interesse e calculado o vector médio \bar{z} no espaço RGB. Em seguida foi feita a segmentação da imagem usando vários valores de corte ($T=25, 50, 75$ e 100).

(Figura: © 2004 R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins)

5.5 Segmentação de Imagens de Cor

Segmentação / Binarização de imagens a cores no MATLAB – colorThresholder

```
>> Iin=imread('Robot_RGB.tif');
>> colorThresholder(Iin)
```



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens Cor no MATLAB

O MATLAB tem uma ferramenta interactiva muito útil para a segmentação / binarização de imagens a cores – colorThresholder.

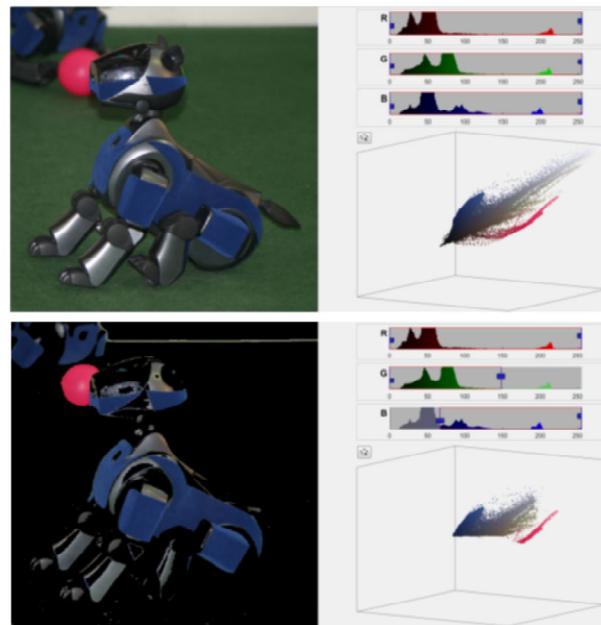
(Figura: André R.S. Marçal)

5.5 Segmentação de Imagens de Cor

Segmentação com colorThresholder

- O operador começa por escolher um modelo de cor
- Pode experimentar valores limite (thresholds), e observar o resultado da binarização no espaço de cores e na imagem original
- No final pode exportar a imagem binarizada ou criar uma função que aplica os thresholds selecionados

Exemplo no espaço RGB



Processamento de Imagem (API / PSIFM)

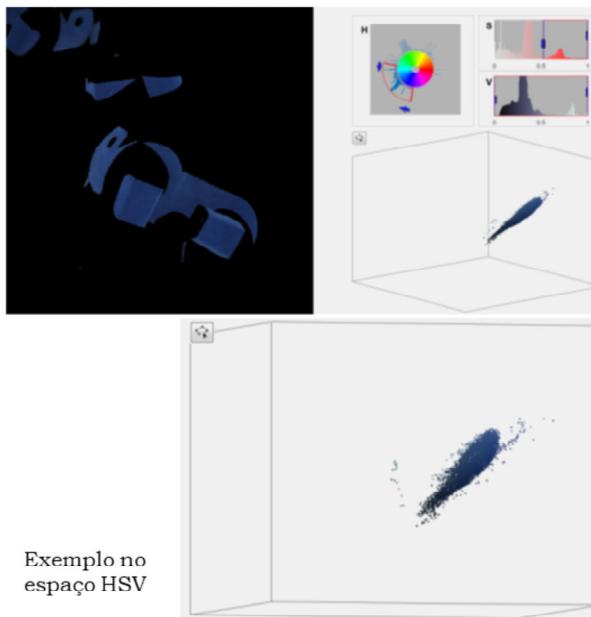
André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens Cor no MATLAB

Exemplo de aplicação de valores de corte no espaço RGB com o colorThresholder.

(Figura: André R.S. Marçal)

5.5 Segmentação de Imagens de Cor



Exemplo no espaço HSV

```
function [BW,maskedRGBImage] = createMask(RGB)
% createMask Threshold RGB image using auto-generated code from color
% [BW,MAKEDRGBIMAGE] = createMask(RGB) thresholds image RGB using
% auto-generated code from the colorThresholder app. The colorspace
% range for each channel of the colorspace were set within the app.
% segmentation mask is returned in BW, and a composite of the mask
% original RGB images is returned in maskedRGBImage.

% Auto-generated by colorThresholder app on 13-Mar-2019
%-----

% Convert RGB image to chosen color space
I = rgb2hsv(RGB);

% Define thresholds for channel 1 based on histogram settings
channel1Min = 0.469;
channel1Max = 0.727;

% Define thresholds for channel 2 based on histogram settings
channel2Min = 0.523;
channel2Max = 1.000;

% Define thresholds for channel 3 based on histogram settings
channel3Min = 0.000;
channel3Max = 1.000;

% Create mask based on chosen histogram thresholds
sliderBW = (I(:,:,1) >= channel1Min) & (I(:,:,1) <= channel1Max) &
(I(:,:,2) >= channel2Min) & (I(:,:,2) <= channel2Max) & ...
(I(:,:,3) >= channel3Min) & (I(:,:,3) <= channel3Max);
BW = sliderBW;

% Initialize output masked image based on input image.
maskedRGBImage = RGB;

% Set background pixels where BW is false to zero.
maskedRGBImage(repmat(~BW,[1 1 3])) = 0;

end
```

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Segmentação de Imagens Cor no MATLAB

Exemplo de aplicação de valores de corte no espaço HSV e criação de função para binarização de imagens a cores a partir do colorThresholder.

E da função que pode ser criada de forma automática a partir dos limites de decisão escolhidos.

(Figura: André R.S. Marçal)

5.6 Avaliação de segmentação

A avaliação da qualidade da segmentação pode ser feita para:

- Verificar se o resultado obtido é satisfatório
- Escolher o método mais adequado para um conjunto de dados
- Ajustar (treinar) 1+ parâmetros que não estejam definidos a priori

Há no entanto algumas questões potencialmente difíceis relacionadas com a avaliação de segmentação que tem de ser consideradas:

- Qual é a segmentação ideal?
- Como quantificar a diferença (erro) entre 2 segmentações?

É necessário ter uma segmentação de referência.

Há essencialmente 2 tipos de abordagens distintas:

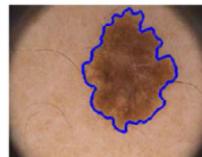
- por contornos
- por áreas

Avaliação de segmentações

5.6 Avaliação de segmentação

A avaliação da qualidade do processo de segmentação deve ser feita relativamente a uma referência independente.

Exemplo de comparação de resultados de segmentação (6 métodos):



(a) Ground Truth



(b) AT



(c) GVF



(d) AS

Imagen de uma
lesão cútanea

Dermoscopia



(e) C-LS



(f) EM-LS



(g) FBSM

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

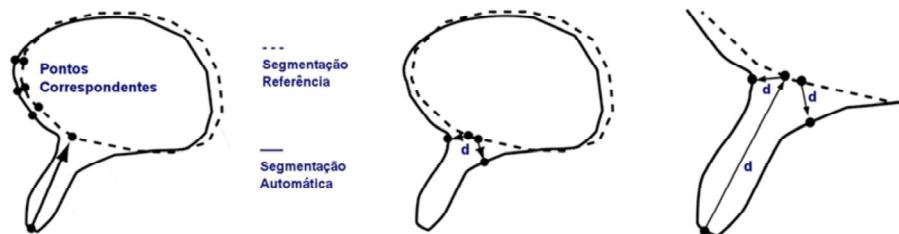
André Marçal, DM / FCUP

Exemplo de avaliação de segmentações

Exemplo de comparação do desempenho de 6 métodos de segmentação em imagens dermoscópicas.

(Figura: M. Silveira et al., 2009)

5.6 Avaliação de segmentação – Por Contornos



Distância de Hausdorff (D_H)

$$h(A, R) = \max_{a \in A} (\min_{r \in R} d(a, r))$$

$$D_H(A, R) = \max(h(A, R), h(R, A))$$

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

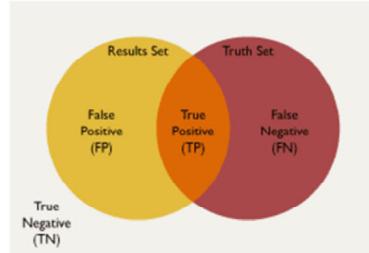
André Marçal, DM / FCUP

Distância de Hausdorff

(Figura: André R.S. Marçal)

5.6 Avaliação de segmentação – Por Áreas

A avaliação deve ter por base uma referência independente e usar uma ou mais métricas de comparação de resultados.



True detection rate (TDR) – Sensitivity

$$TDR = \frac{TP}{TP \cup FN} = \frac{S_A \cap S_R}{S_R}$$

Poucos Falsos Negativos >>> Sensibilidade alta

True negative rate (TNR) – Specificity

$$TNR = \frac{TN}{FP \cup TN} = \frac{\bar{S}_A \cap S_R}{S_R}$$

Poucos Falsos Positivos >>> Especificidade alta

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

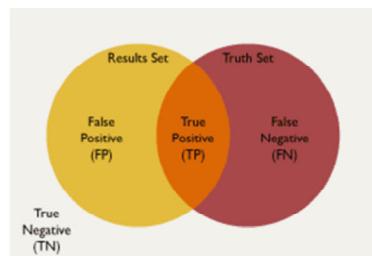
André Marçal, DM / FCUP

Métricas para avaliação de segmentações

(Figura: LONI, UCLA, 2008)

5.6 Avaliação de segmentação

Há várias outras métricas que podem ser usadas na avaliação de segmentação.



False negative rate (FNR)

False positive rate (FPR)

Jaccard similarity (J)

$$J = \frac{TP}{FP \cup TP \cup FN} = \frac{S_A \cap S_R}{S_A \cup S_R}$$

Hammoude distance (H)

S_A – Segmentação automática
(*Results Set*)

S_R – Segmentação de referência
(*Ground Truth Set*)

$$H = \frac{FP \cup FN}{FP \cup TP \cup FN} = \frac{(S_A \cup S_R) \setminus (S_A \cap S_R)}{S_A \cup S_R}$$

Processamento de Imagem (API / PSIFM)

André Marçal, DM / FCUP

Métricas para avaliação de segmentações

(Figura: LONI, UCLA, 2008)