



Sensoriamento Remoto II

Segmentação

UFPR – Departamento de Geomática
Prof. Jorge Centeno
2016
copyright@centenet

Segmentação

- Uma das maneiras de extrair informação de uma imagem é analisando agrupamentos de pixels com características similares e não somente o pixel isolado. O primeiro passo nesta análise é a delimitação de regiões de interesse na imagem, o que pode ser atingido aplicando métodos de segmentação.

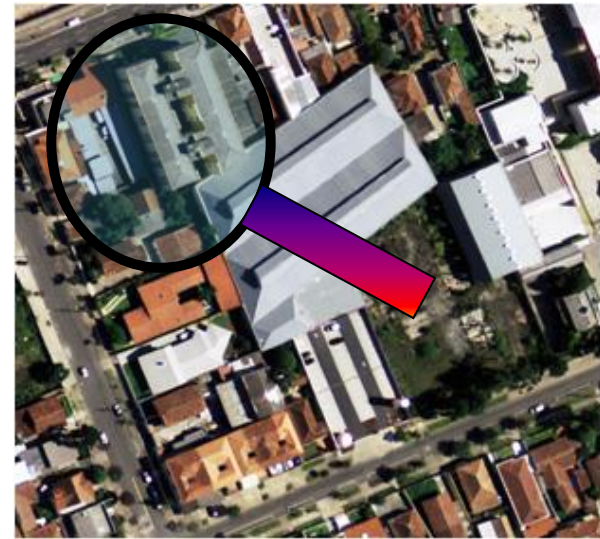


segmentar



Algoritmos de segmentação

- Podem ser Globais ou Locais
-





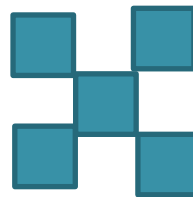
Sensoriamento Remoto II

Algoritmos de Segmentação Local

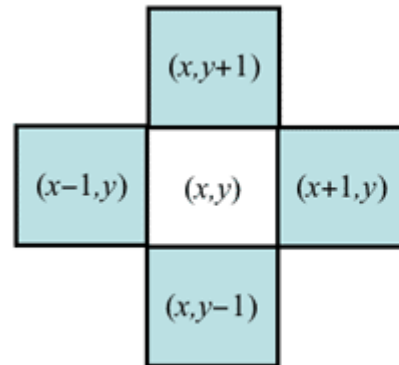
UFPR – Departamento de Geomática
Prof. Jorge Centeno
2016
copyright@ centenet

conectividade

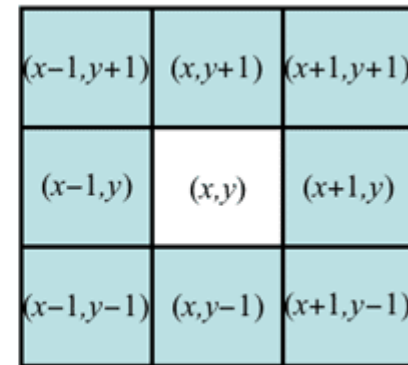
- Mas como verificar se os pixels formam um grupo?



- Verificar a conectividade 4 ou 8



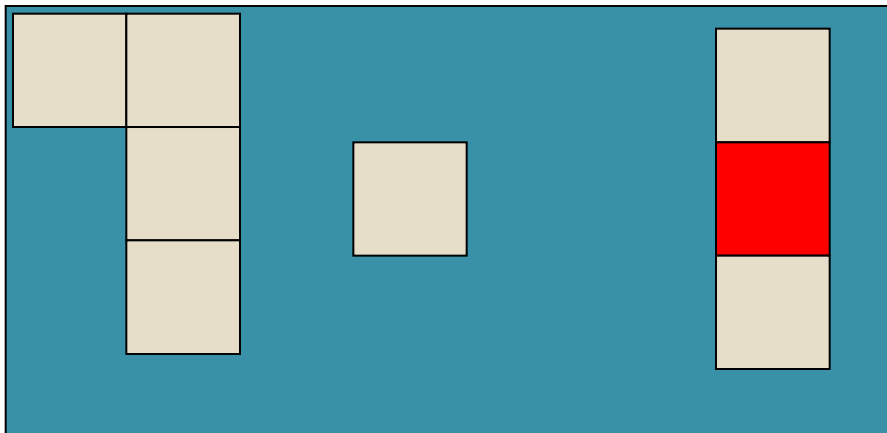
4-neighbourhood

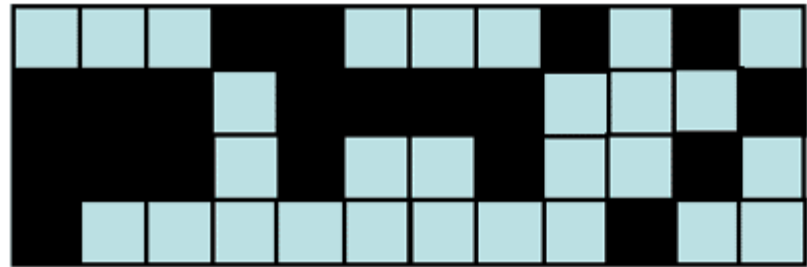


8-neighbourhood

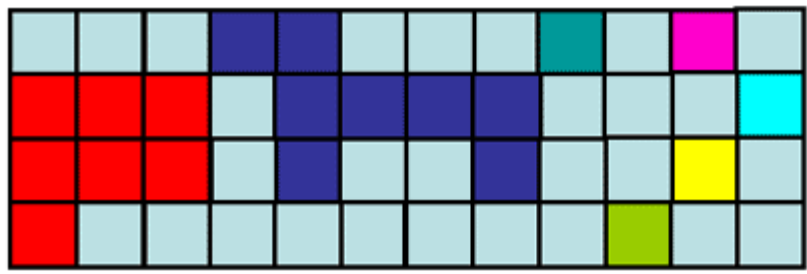
conectividade

- Dois pixels estão conectados se eles satisfazem uma relação de adjacência e seus valores digitais satisfazem a um dado critério de similaridade.

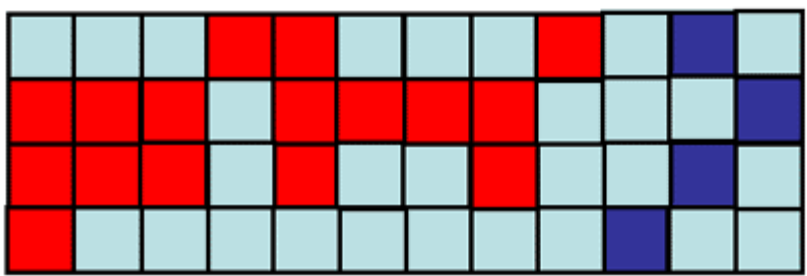




Binary image:
0 - objects;
1 -background



4-connected
objects +
8-connected
background



8-connected
objects +
8-connected
background

- <http://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci773s1c/lectures/ImageProcessing-html/topic3.htm>

Algoritmo: Componentes conexos

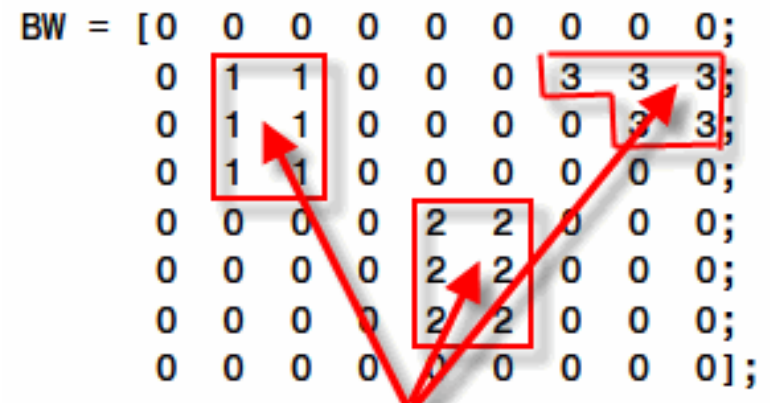
- Objetivo: identificar e numerar na imagem binária os agrupamentos de pixels conexos, considerando um critério de vizinhança.

```
BW = [0 0 0 0 0 0 0 0 0;  
      0 1 1 0 0 1 1 1;  
      0 1 1 0 0 0 1 1;  
      0 1 1 0 0 0 0 0;  
      0 0 0 1 1 0 0 0;  
      0 0 0 1 1 0 0 0;  
      0 0 0 1 1 0 0 0;  
      0 0 0 0 0 0 0 0];
```



Connected Components

```
BW = [0 0 0 0 0 0 0 0 0;  
      0 1 1 0 0 0 3 3 3;  
      0 1 1 0 0 0 0 3 3;  
      0 1 1 0 0 0 0 0 0;  
      0 0 0 0 2 2 0 0 0;  
      0 0 0 0 2 2 0 0 0;  
      0 0 0 0 2 2 0 0 0;  
      0 0 0 0 0 0 0 0 0];
```



Labeled Connected Components

Analisar a vizinhança e adotar o menor valor da vizinhança

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	3	3	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	0	1	0	7	0	3	3	0
0	0	1	0	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

1ª. passada

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	3	3	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	0	1	0	1	0	3	3	0
0	0	1	0	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

2ª. passada

segmentação

- Divisão da imagem em regiões, ou partes, compostas por pixels que de alguma maneira apresentam uma característica comum.
- O resultado ideal de uma segmentação seria, por exemplo, a demarcação dos limites espaciais dos objetos visíveis ou suas partes componentes.
- O grau de fragmentação da imagem em segmentos depende da aplicação pretendida. Geralmente, a segmentação é um passo preliminar no processo de reconhecimento de padrões, pois permite simplificar o problema isolando partes da imagem para uma segunda etapa de análise.



Segmentação local

- geralmente baseados em análise de descontinuidade ou similaridade de valores digitais.
- descontinuidade : a abordagem é dividir a imagem baseando-se em mudanças bruscas dos valores digitais.
- Similaridade: pixels adjacentes com propriedades similares são agrupados para formar regiões uniformes. Exemplo: crescimento de regiões e divisão e fusão de regiões.

Regras da Segmentação

- Sendo R a imagem completa, a segmentação é o processo de dividir R em n regiões R_1, R_2, \dots, R_n , tal que:
 - a) $\bigcup (R_i) = R$
 - b) R_i é uma região conexa;
 - c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ (vazio) para todo i e $j, i \neq j$;
 - d) $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$ para $i = 1, 2, \dots, n$;
 - e) $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO}$ para $i \neq j$,
- $P(R_i)$ é o predicado lógico sobre os pontos do conjunto R_i e \emptyset é o conjunto vazio.

Regras ...

- (a) indica que a segmentação deve ser completa;
- (b) fixa a existência de regiões conexas.
- (c) indica que as regiões devem ser disjuntas.
- d) todos os pixels de uma mesma região tem as mesmas características
- (e) indica que regiões diferentes são diferentes no sentido do predicado P.
 - *VENTURIERI e SANTOS (1998)*



Crescimento de regiões

Crescimento de regiões

Procurar grupos de elemento similares



Crescimento de regiões

1. Para iniciar o crescimento de regiões são necessários pixels semente.
2. A cada iteração, os pixels vizinhos à região são analisados. Se forem similares à região, então são anexados.
3. Para anexar novos pixels na fronteira da região é necessário definir um critério de similaridade. Por exemplo, distância Euclidiana entre o pixel semente e o pixel novo.

Semente (1,1)

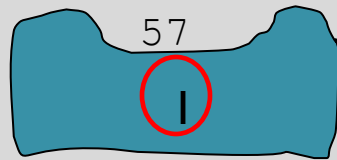
Tolerância: 10 ($x-1 < 10$)

4	57	3	3	3	2	2	1	2	3	2	3	3
1	1	1	1	1	1	6	81	141	154	140	138	117
1	1	1	1	1	1	96	207	192	198	194	194	199
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187	191	191
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193	192	191
87	152	199	146	14	2	1	1	1	19	52	78	122
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1	1	1
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0	1	1
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0	1	1
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1	1	1
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35	2	3
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25	2	11
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7	3	12
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2	3	2

Tolerância: $|0 (x-1 < 10)$

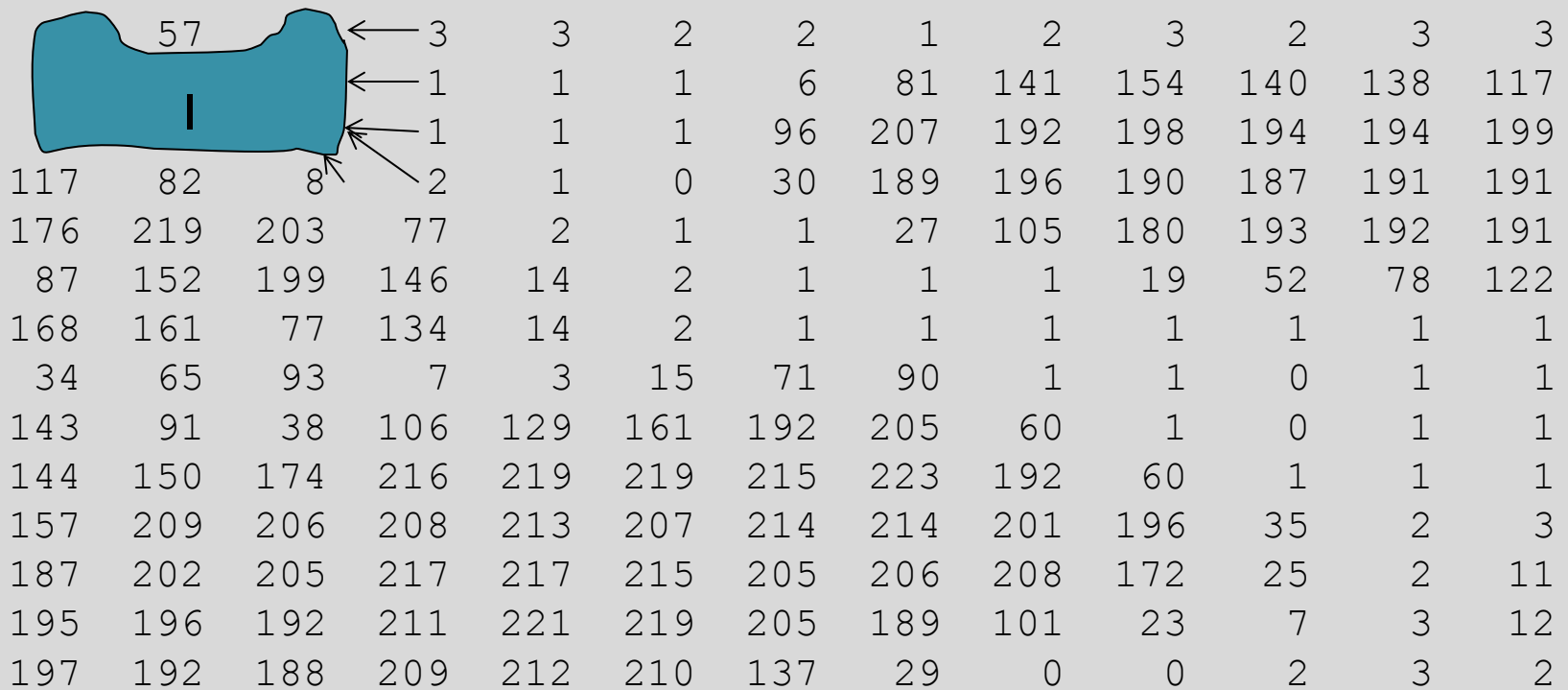
4	57	3	3	3	2	2	1	2	3	2	3	3
1	1	1	1	1	1	6	81	141	154	140	138	117
1	1	1	1	1	1	96	207	192	198	194	194	199
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187	191	191
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193	192	191
87	152	199	146	14	2	1	1	1	19	52	78	122
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1	1	1
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0	1	1
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0	1	1
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1	1	1
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35	2	3
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25	2	11
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7	3	12
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2	3	2

Tolerância: $|0 (x-1 < 10)$



	57		3	3	2	2	1	2	3	2	3	3
			1	1	1	6	81	141	154	140	138	117
			1	1	1	96	207	192	198	194	194	199
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187	191	191
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193	192	191
87	152	199	146	14	2	1	1	1	19	52	78	122
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1	1	1
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0	1	1
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0	1	1
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1	1	1
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35	2	3
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25	2	11
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7	3	12
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2	3	2

Tolerância: l_0 ($x - l < l_0$)



Tolerância: $|0 (x-1 < 10)$

	57	5	3	3	2	2	1	2	3	2	3	3	
	1	1	1	1	1	1	6	81	141	154	140	138	117
	1	1	1	1	1	1	96	207	192	198	194	194	199
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187	191	191	
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193	192	191	
87	152	199	146	14	2	1	1	1	19	52	78	122	
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1	1	1	
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0	1	1	
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0	1	1	
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1	1	1	
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35	2	3	
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25	2	11	
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7	3	12	
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2	3	2	

Split / Merge

Dividir e depois juntar

Neste caso se parte da imagem como uma grande região única.

1. Em cada iteração e se avalia se a(s) região(ões) é uniforme. Caso não seja uniforme, divide-se a região em 4 quadrantes e se repete a análise efetuando a divisão progressiva da imagem em quadrados cada vez menores.
2. Como a divisão é progressiva, sua evolução pode ser representada por uma árvore quaternária (quadtree)
3. Importante: definir critério de uniformidade.

quadtree

Região é uniforme se $|\text{min-max}| < 20$

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

A região é uniforme?

Não!

Divida em 4! Os quatro quadrantes são uniformes?

SIM →	1	2	3	4	3	6	2	2	← NÃO
	1	1	1	1	1	2	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	2	
	1	2	8	2	3	91	90	1	
← NÃO	1	2	2	1	91	82	92	93	← SIM
	1	2	2	91	91	82	92	93	
	1	2	2	91	91	82	92	93	
	1	2	2	1	91	82	92	93	

Continuar...

Divida as regiões não informes em 4!
Os quatro quadrantes são uniformes?

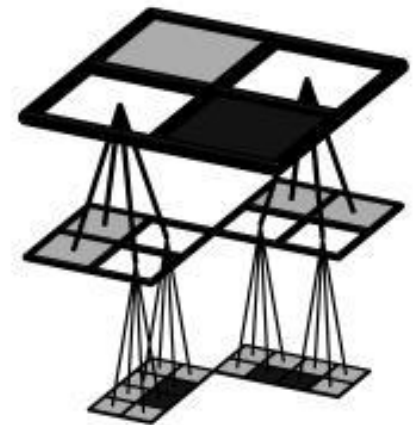
1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

Resultado 1

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

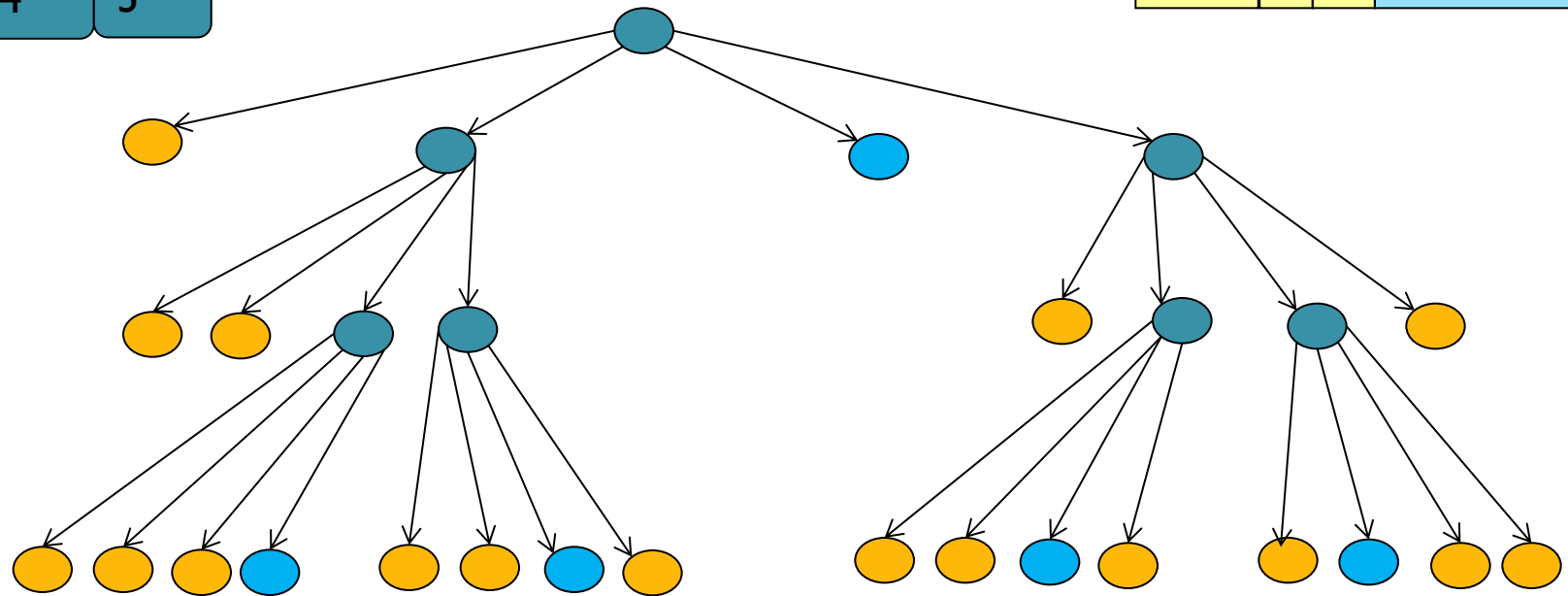
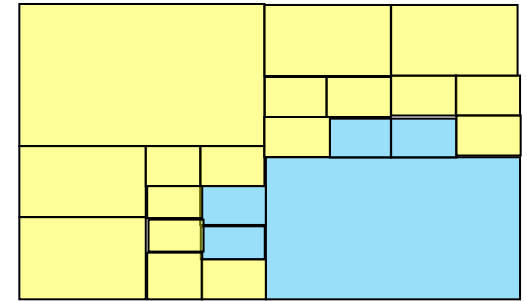
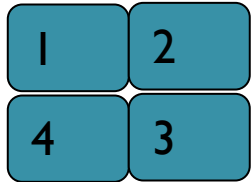
Finalmente:

juntar regiões adjacentes similares



<http://graphics.cs.niu.edu/projects/reqview/index.html>

quadtrees

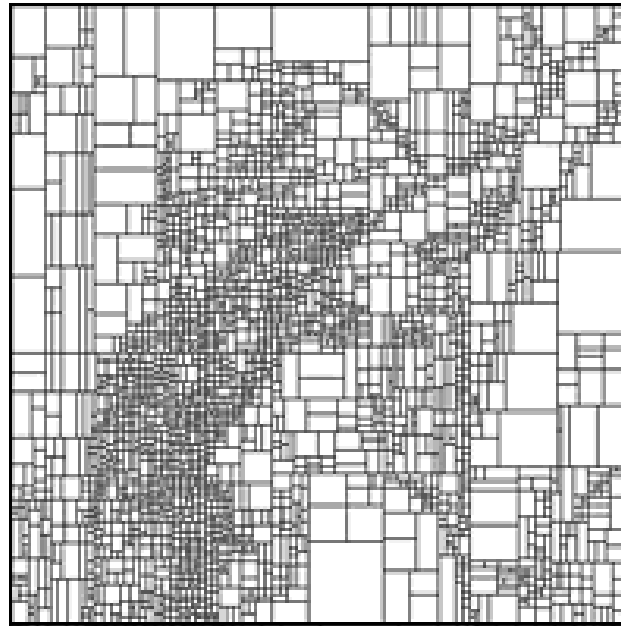


juntar regiões adjacentes similares

Final: regiões adjacentes similares

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

Results – Region Split and Merge




<http://coco.ccu.uniovi.es/geofractal/capitulos/03/imagenes>



Sensoriamento Remoto II

Segmentação FNEA (*eCognition*)

UFPR – Departamento de Geomática
Prof. Jorge Centeno
2016
copyright@centenet

- 
- a segmentação de imagens baseada em dados espectrais tem por finalidade agrupar pixels adjacentes segundo um critério de similaridade puramente espectral.
 - Este método não leva em consideração a forma dos segmentos resultantes, sua uniformidade em termos espaciais.

Fractal Net Evolution Approach

Um algoritmo que leva em consideração os dois aspectos é o método de segmentação conhecido como FNEA, disponível no software eCognitions de Definiens.

- Método baseado em crescimento de região.
- É similar ao método de crescimento de regiões por agregação de pixels tradicional. A diferença reside no critério usado para agregar ou não um pixel ou uma região

Segmentação FNEA

Inicialmente, cada pixel da imagem é considerado como sendo uma região.


A cada passo, as duas regiões que geram um novo segmento mais uniforme em termos espectrais e espaciais são fundidas.

Para isto, cada região e suas regiões vizinhas são analisadas.

O par de vizinhos que mais se assemelham é escolhido para a fusão

Caso exista mais de um vizinho semelhante, é escolhido o que possui menor fator de heterogeneidade

O processo continua até que um número de iterações seja atingido ou não haja mais fusões

- 
- Para iniciar a segmentação é necessário definir o grau de uniformidade espacial e espectral desejado.
 - A cada iteração é então necessário analisar o custo de cada possível fusão e escolher aquela mais adequada para a finalidade, descartando as fusões mais heterogêneas, segundo o critério fixado.

Heterogeneidade espectral


A heterogeneidade espectral pode ser descrita pela variância ou desvio padrão dos pixels (do segmento) em cada banda. É adotado o somatório dos desvios padrão (σ) dos valores espectrais em cada banda (c) ponderados com o peso (w) atribuído para cada banda:

$$h_{\text{espectral}} = \sum_c w_c \cdot \sigma_c$$



1	2	1	3	2	1
4	2	4	2	3	2
3	4	7	6	9	8
1	3	9	7	8	10

- Quais regiões devem ser combinadas para produzir um grupo mais uniforme, considerando os valores?
- Qual combinação produz um grupo com menor desvio padrão ou Variância menor?

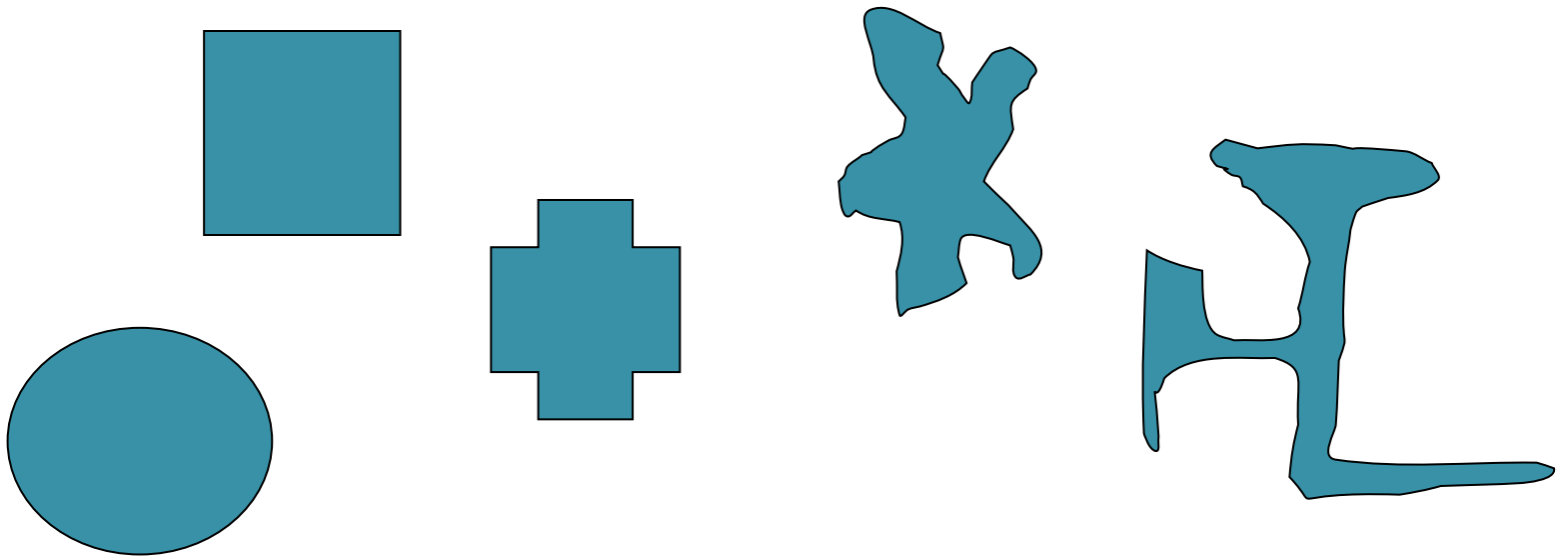
- 
- A uniformidade espacial pode ser medida em termos de:
 - Compacidade
 - Suavidade (dos contornos)

Uniformidade espacial

- A forma: compacidade
- Uma região numa imagem digital é dita compacta, se existe grande concentração de seus pixels em torno de um ponto, por exemplo seu centróide.

compacidade

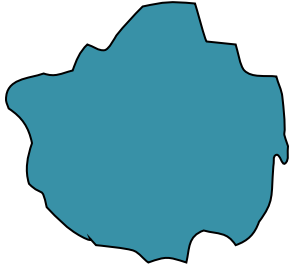
- Para uma mesma área: a compacidade decresce na medida em que os pixels se afastam do centro da região.



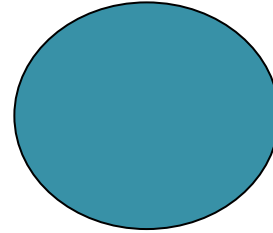
Heterogeneidade espacial compacidade

- Sendo A a área da região ($A=N$, numero de pixels) e P seu perímetro, a área da circunferência equivalente é dada por :
- $A = \pi * R^2$ $A=N$
- Do que pode-se calcular seu raio como:
- $R = (N/ \pi)^{1/2}$
- E o perímetro desta circunferência é:
- $P_c = 2 * R * \pi$
- Substituindo:
- $P_c = 2 * \pi * (N/ \pi)^{1/2} = 2 * (\pi * N)^{1/2}$
- O coeficiente de compacidade é calculado comparando o perímetro da região com o perímetro da circunferência equivalente.
- $C_c = L/ P_o = L/ (2 * \pi * N)^{1/2}$
- $C_c = 1/ (2\pi)^{1/2} * L/ (N)^{1/2}$
- $C_c = L/ (N)^{1/2}$

Coeficiente de compacidade



Área = N pixels
Perímetro = L



Área = N pixels
Perímetro = P_c

- $A = N = \pi * R^2$
- $R = (N / \pi)^{1/2}$
- Perímetro : $P_c = 2 * \pi * R$
- ou
- $P_c = 2 * \pi * (N / \pi)^{1/2} = 2 * (\pi * N)^{1/2}$

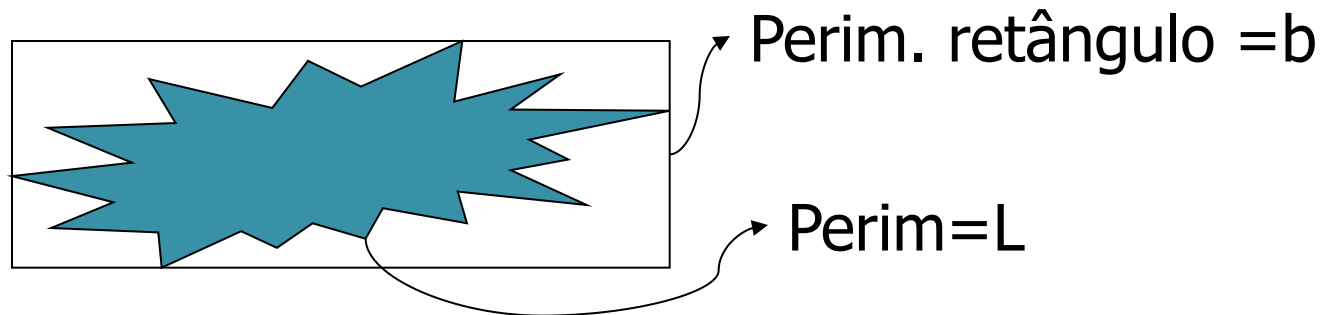
$$C_c = L / P_o = L / (2 * \pi * N)^{1/2}$$

$$C_c = (1 / (2\pi)^{1/2}) * L / (N)^{1/2}$$

$$C_c = L / (N)^{1/2}$$

suavidade

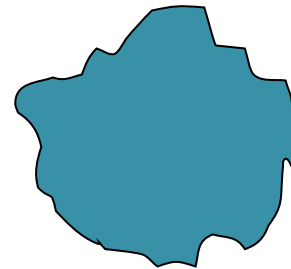
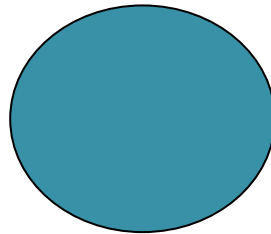
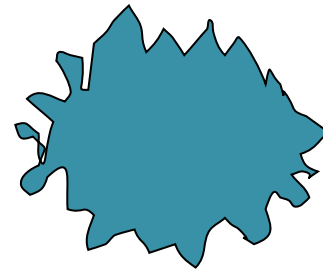
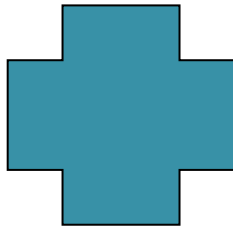
- A suavidade do contorno de uma região é obtida comparando o perímetro da região com o perímetro do menor retângulo envolvente, paralelo ao raster.



$$h_{\text{forma_suavidade}} = L / b$$

Uniformidade espacial

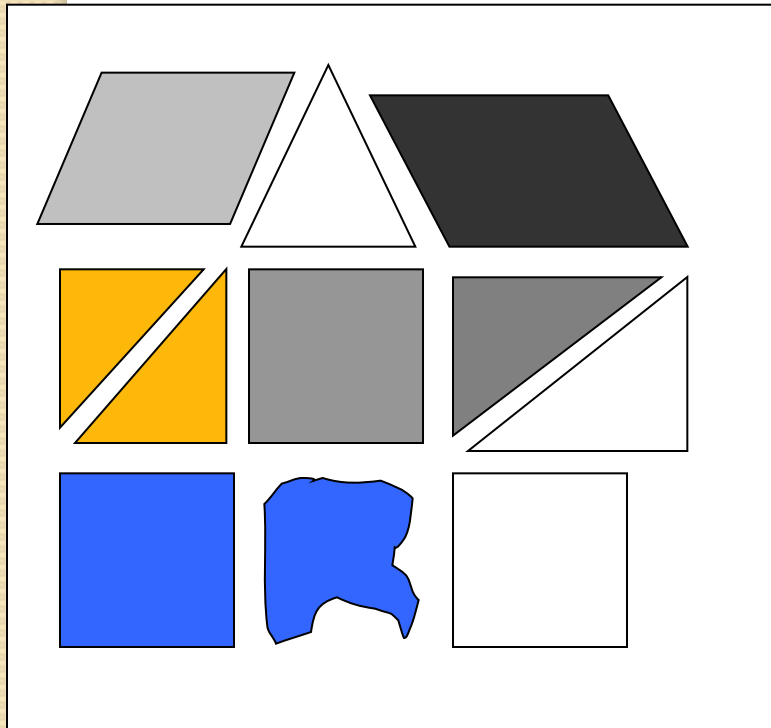
- **suavidade** do contorno
- O contorno de uma forma é suave não apresenta variações bruscas.



Heterogeneidade espacial

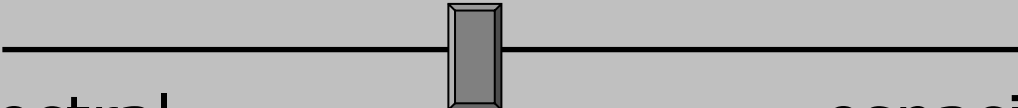
- a) compacidade
- B) suavidade

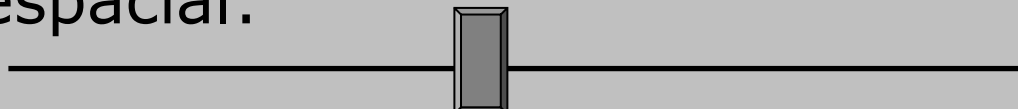
similaridade



- A cada iteração, a fusão que gera o segmento mais uniforme é escolhida.
- Quais segmentos deveriam ser fundidos para gerar uma imagem mais uniforme em termos:
 - A) espectrais?
 - B) espectrais e espaciais?
 - C) espaciais?

Uniformidade

Espectral  espacial

Se espacial:
Compacta  suave

```
graph TD; A[análise] --- B[Espacial]; A --- C[Espectral]; B --- D[Compacidade?]; B --- E[Suavidade?];
```

análise

Espacial

Espectral

Compacidade?

Suavidade?

Segmentação eCognition

- O custo de fusão f de dois objetos é dado por

$$f = w_{espectral} \cdot h_{espectral} + (1 - p) \cdot h_{forma}$$

sendo $w_{espectral}$ um peso para o critério espectral no intervalo de 0 a 1

$h_{espectral}$ é a heterogeneidade espectral

h_{forma} é a heterogeneidade da forma

- Haverá fusão entre os objetos se o custo de fusão for menor que um critério definido como escala

Segmentação eCognition

- Heterogeneidade da forma:

$$h_{\text{forma}} = w \cdot h_{\text{compacidade}} + (1 - w) \cdot h_{\text{suavidade}}$$

- sendo w_{forma} um peso para o critério de compacidade no intervalo de 0 a 1

logo

- Espectral

$$h_{\text{espectral}} = \sum_c w_c \cdot \sigma_c$$

- Espacial h_{forma}

compacidade

$$h_{\text{forma_compacidade}} = L / (N)^{1/2}$$

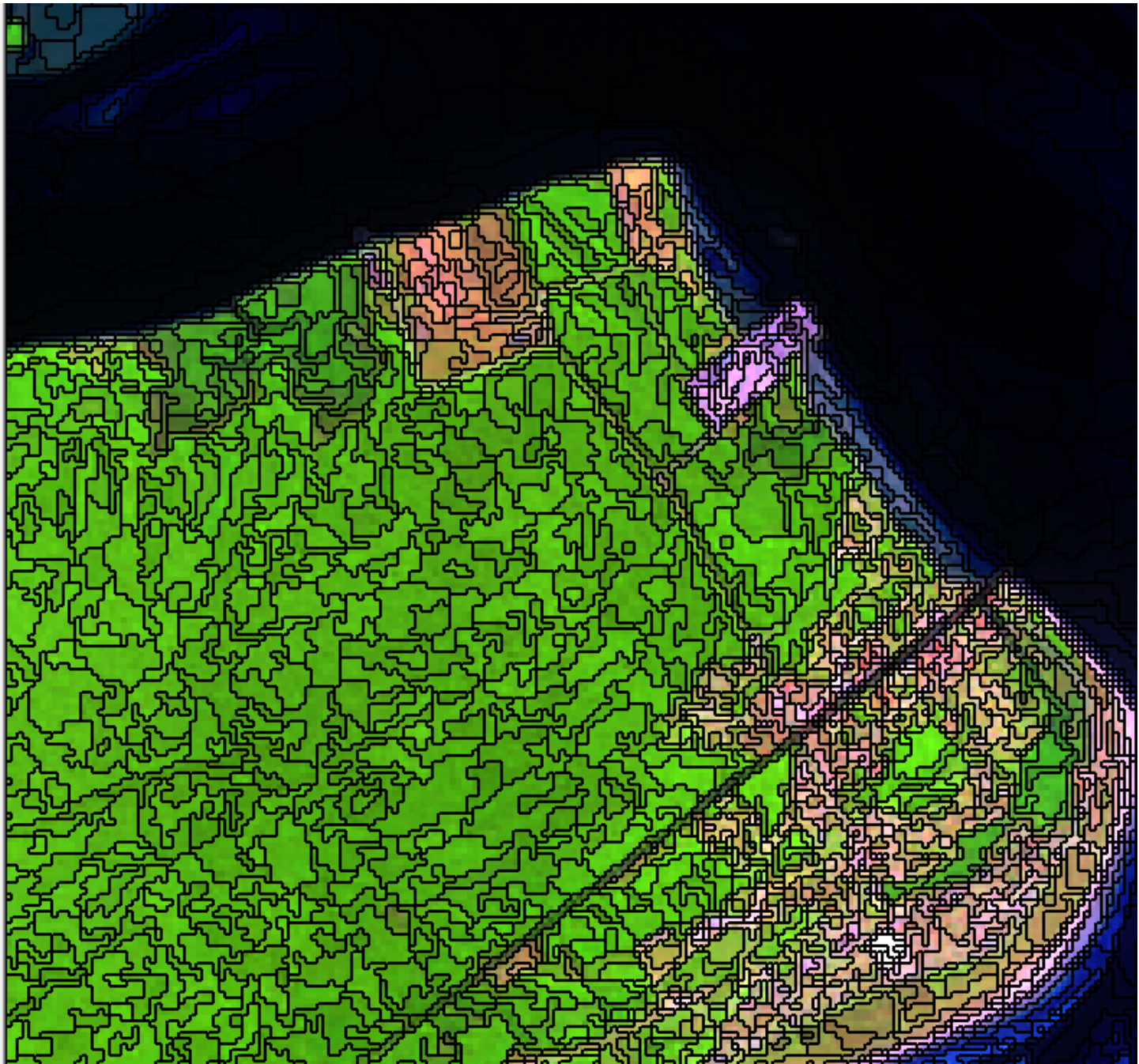
suavidade

$$h_{\text{forma_suavidade}} = L / b$$



1	2	1	3	2	1
4	2	4	2	3	2
3	4	7	6	9	8
1	3	9	7	8	10

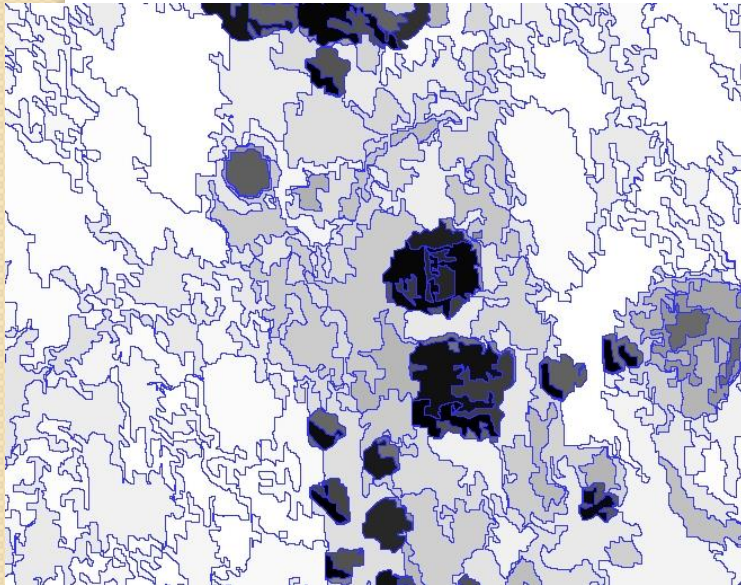
- Quais regiões devem ser combinadas para produzir um grupo mais uniforme, considerando variáveis espaciais e espectrais?



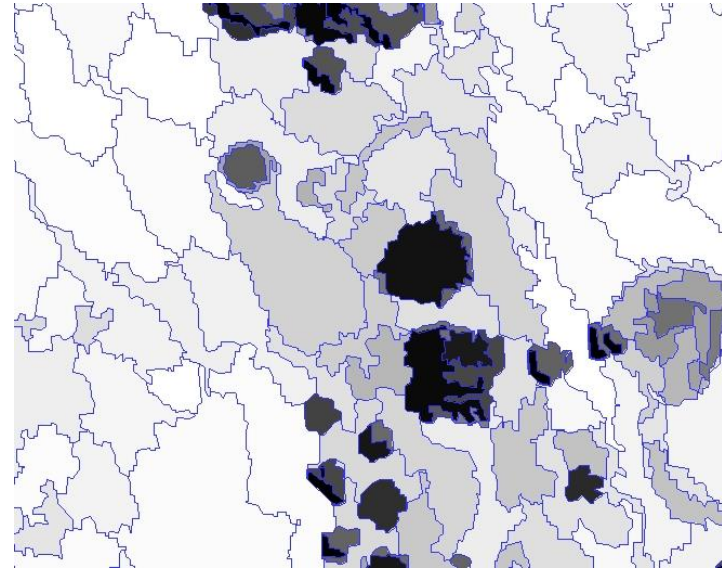


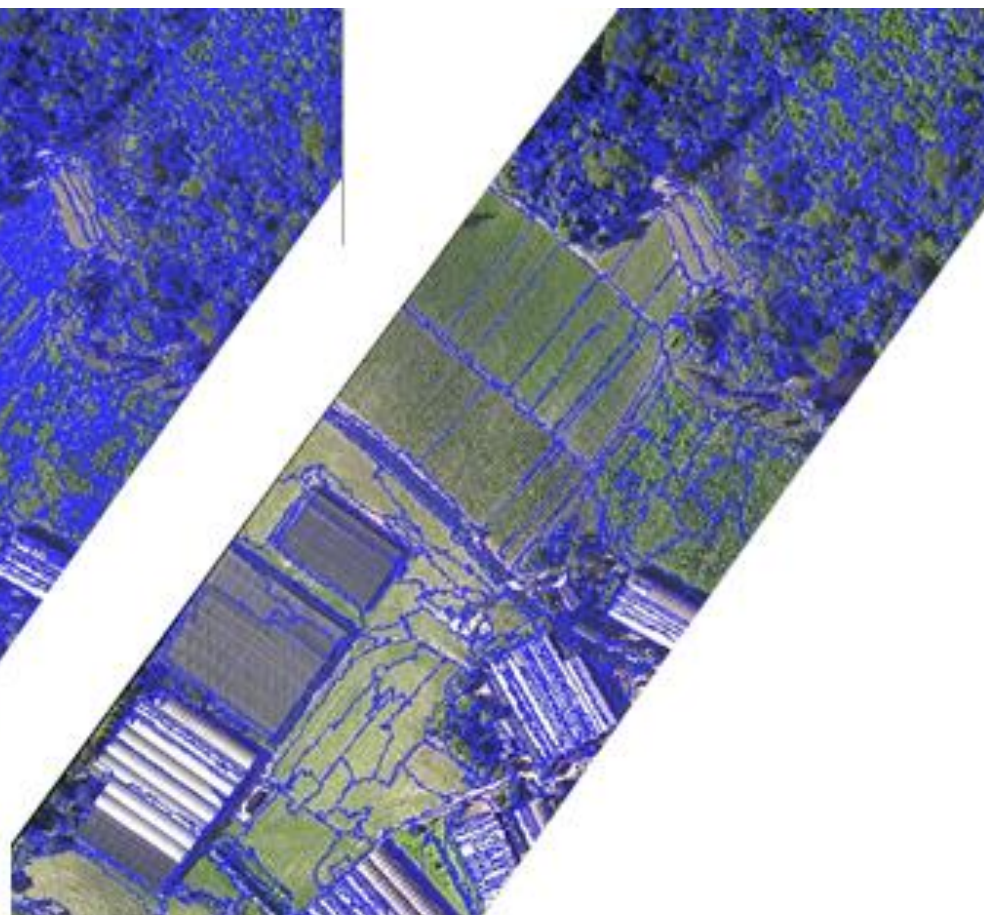
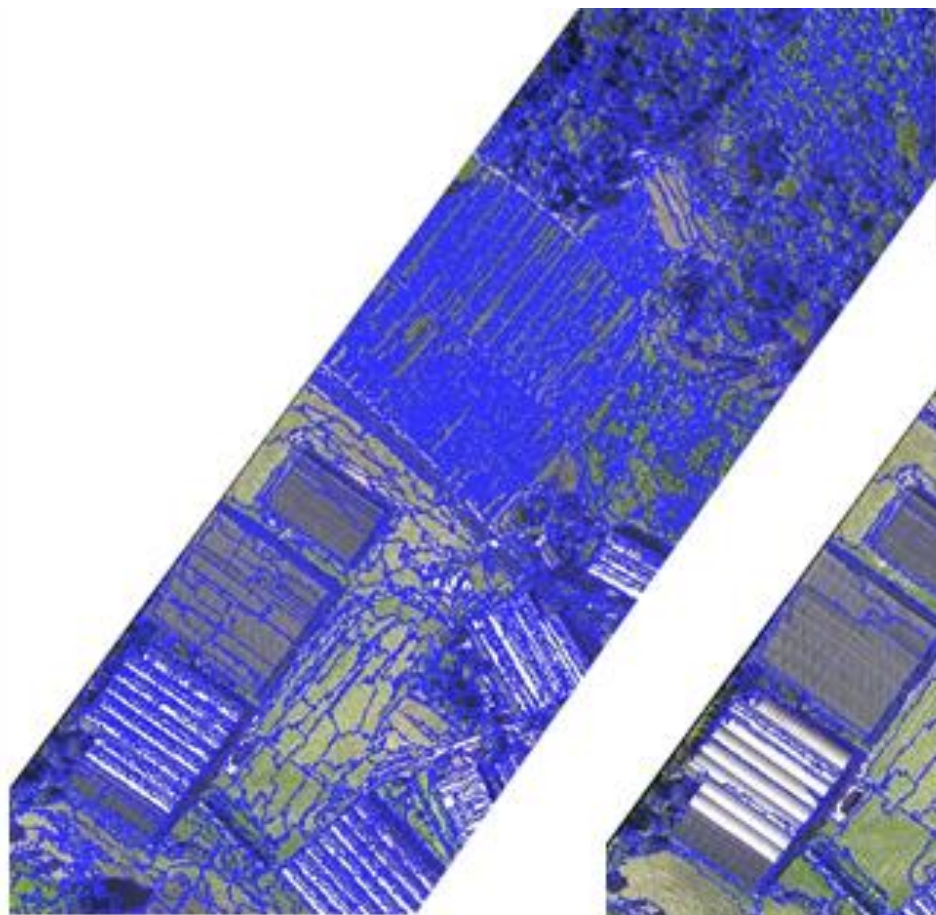
(A) FATOR DE FORMA IGUAL A 0,1. (B) FATOR DE FORMA IGUAL A 0,4.

(a)



(b)





observação

A grande variedade de imagens, com a correspondente variação das propriedades dos objetos nelas visíveis, torna difícil a obtenção de uma solução geral para todos os problemas de segmentação. Por isso, existe, na atualidade, uma grande variedade de métodos de segmentação desenvolvidos para finalidades específicas.



Trabalhos:

- a) elabore um programa de crescimento de regiões para imagens de nível de cinza
- b) elabore um programa de binarização;

FIM