

Image Descriptors: texture

Image Processing — scc0251

`www.icmc.usp.br/~moacir` — `moacir@icmc.usp.br`

ICMC/USP — São Carlos, SP, Brazil

2011

Agenda

- 1 Introdução
- 2 Textura
- 3 Análise de textura
- 4 Abordagem estrutural
- 5 Abordagem estatística
- 6 Textons
- 7 Matrizes de co-ocorrência

Agenda

- 1 Introdução
- 2 Textura
- 3 Análise de textura
- 4 Abordagem estrutural
- 5 Abordagem estatística
- 6 Textons
- 7 Matrizes de co-ocorrência

Descritores visuais

Problema — computar de forma eficiente valores que possam descrever uma imagem (ou parte de uma imagem)

- **Discriminativos**
- **Robusto com relação à:** transformações na imagem e nos objetos, ponto de visão e oclusão.
- **Robusto com relação à:** transformações nos objetos, ponto de visão e oclusão.

É importante que os descritores sejam comparáveis, por alguma métrica de similaridade ou dissimilaridade.

Descritores visuais

- Cor
- **Textura**
- Características Locais
- Bag-of-visual-words

Agenda

- 1 Introdução
- 2 Textura**
- 3 Análise de textura
- 4 Abordagem estrutural
- 5 Abordagem estatística
- 6 Textons
- 7 Matrizes de co-ocorrência

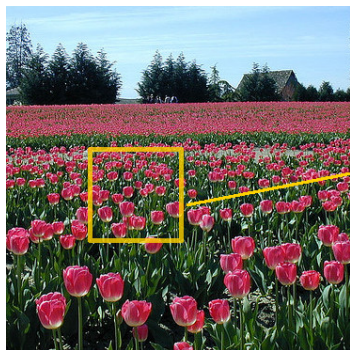
Textura

A textura para os humanos se refere ao tato: diferenças nas superfícies ásperas ou lisas

- Texturas em imagens são as diferenças locais nos níveis de intensidade:
 - Diferenças em níveis de cinza (contraste)
 - Tamanho de área definido onde essas diferenças ocorrem (janela)
 - Direcionalidade (ou falta de direcionalidade)

Textura

- Representa detalhes numa imagem

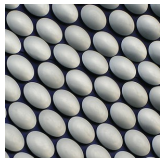
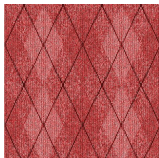


Texture with repeated
local patterns

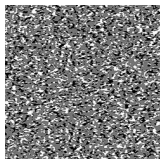


Local pattern

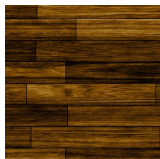
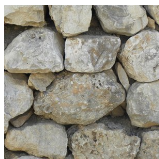
Textura — características



Repetição



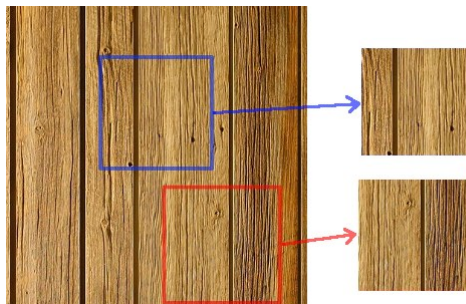
Estocástica



Ambas

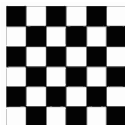
Análise de Textura

- Comparar texturas e decidir se elas são iguais ou diferentes.



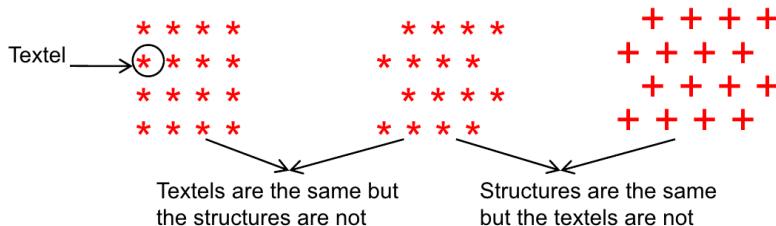
Análise de Textura: abordagens

- 1 Abordagem estrutural (top-down)
 - decompor imagem em elementos básicos: texels (*texture elements*) ou textons
 - adequado para texturas artificiais
- 2 Abordagem estatística (bottom-up)
 - caracterizar a textura por propriedades estatísticas de pequenos grupos de pixels
 - adequado para texturas naturais



Abordagem estrutural: textel

- Textura é um conjunto de textels primitivos com uma relação regular ou de repetição
 - textel é um grupo de pixels com propriedades de intensidade similares: intensidade média, contraste, regiões planas, etc.
 - a granularidade da textura é dada pelo tamanho da primitiva.



Abordagem estatística

- Definir e segmentar textels pode ser difícil para cenas naturais
 - texturas naturais parecem semelhantes, mas é difícil extrair uma **estrutura** de textel.
 - comparar **estatísticas** pode ser uma saída!



- Medidas numéricas e estatísticas podem descrever uma textura e serem computadas em níveis de cinza ou cores.
 - computacionalmente eficiente
 - pode ser usado para classificação e segmentação

Abordagem estatística: medidas de primeira ordem

- Momentos como visto para intensidades (os 3 primeiros são os mais usados), mas agora para uma janela
- Uniformidade:

$$U(z) = \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i)^2, \quad (1)$$

onde z representa os pixels numa determinada janela, $p(z_i)$, $i = 0..L - 1$ é a frequência da intensidade z_i , sendo p um histograma normalizado (soma dos valores é unitária).

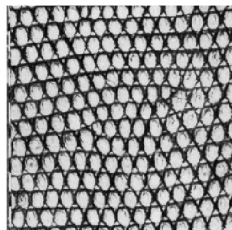
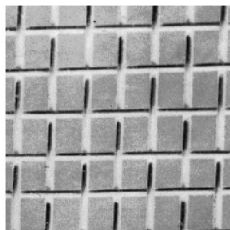
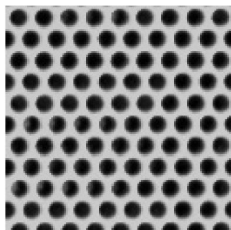
- Entropia média

$$e(z) = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i), \quad (2)$$

onde z representa os pixels numa determinada janela $p(z_i)$ é a frequência da intensidade z_i .

Textons

- Textons podem ser extraídos das imagens a partir de pequenos pedaços das imagens (*patches*) e a formação de um dicionário de bases em diversas configurações geométricas e fotométricas.
 - o estudo que mostrou serem “átomos” da percepção visual humana foi publicado na Nature (Julesz, 1981)
 - há diversas maneiras de se extrair os textons: sparse coding over-complete basis (Olshausen; Field, 1997), micro-image patches (Lee et al., 2000).

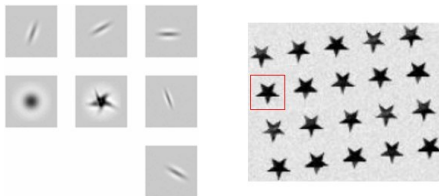


Textons

- Uma janela (patch) da imagem se torna um vetor de características
- Elementos de mesma textura devem se agrupar no espaço de características

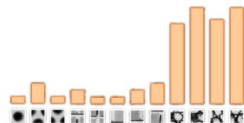
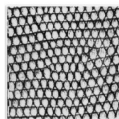
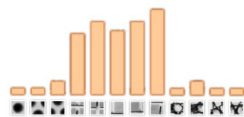
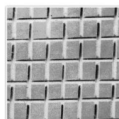
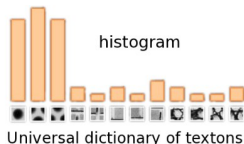
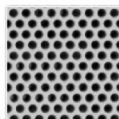
Abordagem: filtros

- um conjunto de filtros podem ser utilizados para capturar padrões
 - em geral filtros com bases altamente correlacionadas (diferente de bases Wavelet ortogonais)
 - na literatura são sugeridos no mínimo 4 escalas e 6 orientações



Abordagem estrutural: textons

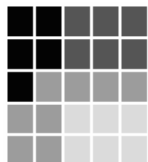
- Uma das formas de se utilizar textons para classificar imagens é: uma vez formado um dicionário universal de textons, contar o número de vezes que eles aparecem em cada imagem



Textura: matriz de co-ocorrência

- Medidas de segunda ordem consideram o relacionamento entre grupos de dois pixels (usualmente vizinhos)
- A matriz de co-ocorrência considera a relação Q entre dois pixels:
 - pixel **referência** e pixel **vizinho**.
- Exemplo: $Q = (1, 0)$ significa deslocamento de 1 pixel na direção x , 0 na direção y , ou seja, o pixel da direita.

Textura: matriz de co-ocorrência



```

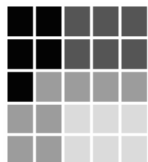
0 0 1 1 1
0 0 1 1 1
0 2 2 2 2
2 2 3 3 3
2 2 3 3 3

```

- Considere a imagem ao lado (níveis de cinza) e um $Q = (1, 0)$.
- Cada pixel dentro da janela vai se tornar o pixel referência, começando pelo pixel do canto superior esquerdo.
- No exemplo os pixels da borda direita não possuem vizinho da direita e portanto não serão usados para o cálculo.
- Monte uma matriz G para um dado deslocamento d e L intensidades i, j , por:

$$G(i, j) = |\{(x, y) | f(x, y) = i, f(x + dx, y + dy) = j\}|$$

Textura: matriz de co-ocorrência



Considerando a configuração da posição relativa $Q = (1, 0)$:

| pixel | viz. 0 | viz. 1 | viz. 2 | viz. 3 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ref. 0 | 2 | 3 | 1 | 0 |
| ref. 1 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| ref. 2 | 0 | 0 | 5 | 2 |
| ref. 3 | 0 | 0 | 0 | 4 |

```

0 0 1 1 1
0 0 1 1 1
0 2 2 2 2
2 2 3 3 3
2 2 3 3 3

```

Matriz tende a ser esparsa para mais níveis de intensidade.
É comum usar 8 ou 16 níveis de cinza apenas para diminuir o tamanho da matriz e a complexidade computacional.

Textura: matriz de co-ocorrência



O número total de pares de pixels que satisfazem Q é igual a soma dos elementos da matriz G , e $p_{i,j} = g_{i,j}/n$ é a estimativa da probabilidade que um par de pontos que satisfaçam Q tenham valores (z_i, z_j) .

```

0 0 1 1 1
0 0 1 1 1
0 2 2 2 2
2 2 3 3 3
2 2 3 3 3

```

| pixel | viz. 0 | viz. 1 | viz. 2 | viz. 3 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ref. 0 | 0.0952 | 0.1429 | 0.0476 | 0.0000 |
| ref. 1 | 0.0000 | 0.1905 | 0.0000 | 0.0000 |
| ref. 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2381 | 0.0952 |
| ref. 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1905 |

Textura: descritores de Haralick

Sejam as **médias** m e **variâncias** σ^2 das linhas r e colunas c dadas por:

$$m_r = \sum_{i=1}^L i \sum_{j=1}^L p_{i,j}$$

$$m_c = \sum_{j=1}^L j \sum_{i=1}^L p_{i,j}$$

$$\sigma_r^2 = \sum_{i=1}^L (i - m_r)^2 \sum_{j=1}^L p_{i,j}$$

$$\sigma_c^2 = \sum_{j=1}^L (j - m_c)^2 \sum_{i=1}^L p_{i,j}$$

Textura: descritores de Haralick

- Descritores que caracterizam matrizes de co-ocorrência são chamados de descritores de **Haralick** pelo método ter sido proposto por Robert Haralick (Haralick et al. 1973):
- Probabilidade máxima: resposta mais forte de G , intervalo $[0, 1]$

$$\max_{i,j} p_{i,j} \quad (3)$$

- Correlação: entre pixels referência e seus vizinhos na imagem inteira, intervalo $[-1, 1]$

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L \frac{(i - m_r)(j - m_c)p_{i,j}}{\sigma_r \sigma_c}, \quad (4)$$

requer $\sigma_r \neq 0$ e $\sigma_c \neq 0$,

Textura: descritores de Haralick

- Contraste: de intensidade entre pixels referência e seus vizinhos na imagem inteira, intervalo $[0, (L - 1)^2]$

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L (i - j)^2 p_{i,j} \quad (5)$$

- Uniformidade (energia): da imagem, intervalo $[0, 1]$, sendo 1 para imagem constante.

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_{i,j}^2 \quad (6)$$

Textura: descritores de Haralick

- Homogeneidade: medida da autocorrelação espacial, intervalo $[0, 1]$, sendo 1 para G diagonal.

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L \frac{p_{i,j}}{1 + |i - j|} \quad (7)$$

- Entropia: aleatoriedade de elementos de G , intervalo $[0, 2 \log_2 L]$, sendo máxima para $p_{i,j}$ constante e mínima quando $p_{i,j} = \mathbf{0}$.

$$- \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_{i,j} \log_2 p_{i,j} \quad (8)$$

Textura: descritores de Haralick

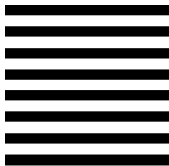
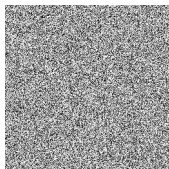
- Homogeneidade: medida da autocorrelação espacial, intervalo $[0, 1]$, sendo 1 para G diagonal.

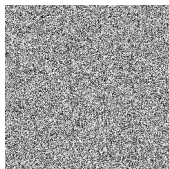
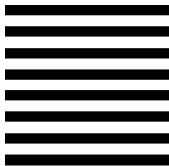

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L \frac{p_{i,j}}{1 + |i - j|} \quad (9)$$

- Entropia: aleatoriedade de elementos de G , intervalo $[0, 2 \log_2 L]$, sendo máxima para $p_{i,j}$ constante e mínima quando $p_{i,j} = \mathbf{0}$.

$$- \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_{i,j} \log_2 p_{i,j} \quad (10)$$

Textura: descritores de Haralick — exemplo



| | P.Max | Corr. | Cont. | Unif. | Homog. | Entrop. |
|--|-------|-------|---------|-------|--------|---------|
|  | 0.099 | 0.007 | 1273.68 | 0.019 | 0.328 | 5.741 |
|  | 0.437 | 0.884 | 230.71 | 0.445 | 0.512 | 1.320 |
|  | 0.330 | 0.802 | 99.97 | 0.130 | 0.639 | 4.323 |

Referências

- Gonzalez and Woods. Processamento Digital de Imagens. 3.ed. Capítulo 11. 2010.
- Haralick, R.M.; Shanmugan, K.; Dinstein, I. Textural features for image classification.- IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Los Alamitos, v.SMC-3,n.6, pp. 610-621, 1973. OBS: Citado por 6002 em Out/2011 (Scholar Google).
- Cheng-en Guo. What are Textons?:
<http://chengenguo.com/ucla/texton.htm>
- Hall-Beyer, M. The GLCM Tutorial Home Page:
http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/the_glcm.htm