

Processamento de Imagens

02/2005

Representação e Descrição

Parte 3

Prof. Juliana Fernandes Camapum

juliana@ene.unb.br

Homepage do curso:

www.ene.unb.br/juliana/cursos/pimagens

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-1

• Descritores Topológicos

- Número de buracos H em uma região



dois buracos

- Número de componentes conectados C



três componentes conexos

- Número de Euler

$$E = C - H$$



$$E = 0$$

$$E = -1$$

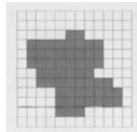
(invariante à translação, rotação, escala)

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-4

Descritores Regionais

• Descritores Simples



- Área (número de pixels)

$f(x,y)$: imagem binária onde pixels da região são '1'

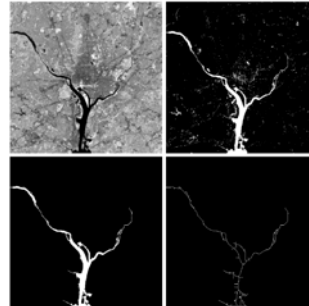
- Perímetro P: comprimento da fronteira

- Compactação

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-2

Exemplo: componentes conectados



- (a) Imagem infra-vermelha de Washington
- (b) Imagem limiarizada (1591 componentes conectados)
- (c) Componentes conectados maiores do que 8479
- (d) esqueleto

Podemos calcular o comprimento de cada braço do rio

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-3

Exemplo: Área normalizada

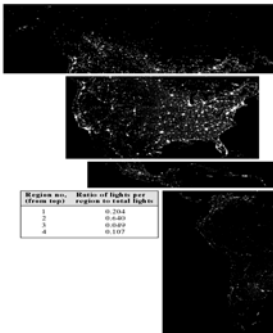


FIGURE 11.16 Infrared images of the Amazon at night. (Courtesy of NOAA.)

Imagens de satélite
Usando um sensor infra-vermelho, detectamos emissões como fogo, luz etc.

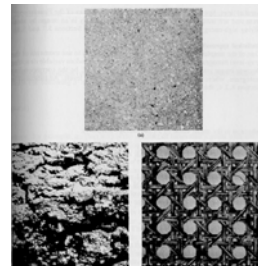
Medindo a área ocupada por luz (pontos brancos) sobre a área total extraímos uma estimativa do consumo de energia elétrica por região

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-3

• Textura

- Mede propriedades tais como suavidade, rugosidade, regularidade etc.

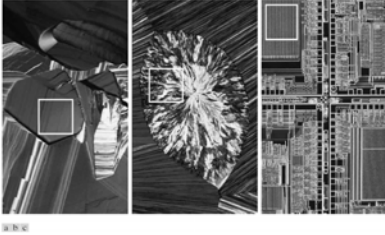


Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-6

Exemplo: Textura

Supercondutor (textura suave), colesterol humano (textura rugosa), e um microprocessador (textura regular)



Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-7

Abordagem Estatística Baseada em Matrizes de Co-ocorrência

- A matriz de co-ocorrência $C[i, j]$ é definida especificando um vetor de posição $\mathbf{d} = (dx, dy)$ e contar todos os pares de pixels separados por \mathbf{d} e com níveis de cinza i e j
- A idéia é levar em consideração a posição dos pixels (histogramas não possuem informações sobre posição)
- Exemplo: $\mathbf{d} = (1, -1)$, um pixel à direita e um pixel abaixo
(sensível a bandas de intensidade constante inclinadas a -45°)

Normalizar A:

$$\text{Imagem} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 4/16 & 2/16 & 1/16 \\ 2/16 & 3/16 & 2/16 \\ 0 & 2/16 & 0 \end{bmatrix}$$

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-10

Abordagem Estatística Baseada em Momentos

- Usar momentos do histograma de uma região da imagem onde m é a média:

$$\mu_n(z) = \sum_{i=1}^L (z_i - m)^n p(z_i) \quad m = \sum_{i=1}^L z_i p(z_i)$$

- Terceiro momento: mede o grau de simetria do histograma em relação ao valor médio
- Momentos de ordem mais alta não são facilmente relacionados ao formato do histograma, mas fornecem informação quantitativa adicional para o conteúdo da textura

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-8

- Descrever C usando um conjunto de descritores:

1. probabilidade máxima $\max_{ij}(c_{ij})$
2. momento de diferença de elementos de ordem k (valores baixos quando valores altos de C estão próximos da diagonal):
$$\sum_i \sum_j (i - j)^k c_{ij}$$
3. momento inverso de diferença de elementos de ordem k (valores altos quando valores altos de C estão próximos da diagonal):
$$\sum_i \sum_j c_{ij} / (i - j)^k, i \neq j$$
4. entropia (medida de aleatoriedade)
$$-\sum_i \sum_j c_{ij} \log(c_{ij})$$
5. uniformidade $\sum_i \sum_j (c_{ij})^2$

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-11

Abordagem Estatística Baseada em Momentos

Entropia mede a variabilidade e será zero para a imagem constante
A uniformidade será máxima para a imagem constante

Valores para o exemplo anterior: semicondutor, colesterol, circuito

Texture	Mean	Standard deviation	R (normalized)	Third moment	Uniformity	Entropy
Smooth	82.64	11.79	0.002	-0.105	0.026	5.434
Coarse	143.56	74.63	0.079	-0.151	0.005	7.783
Regular	99.72	33.73	0.017	0.750	0.013	6.674

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-9

Abordagens Espectrais

- Usa características extraídas do espectro de Fourier da textura
- Exemplos de características:
 1. Picos proeminentes no espectro fornecem a direção principal dos padrões de textura
 2. A posição dos picos revelam o período fundamental da textura no domínio espacial
 3. Componentes periódicos podem ser eliminados através de filtragem assim, componentes não periódicos podem ser processados separadamente
- Converter o espectro para coordenadas polares

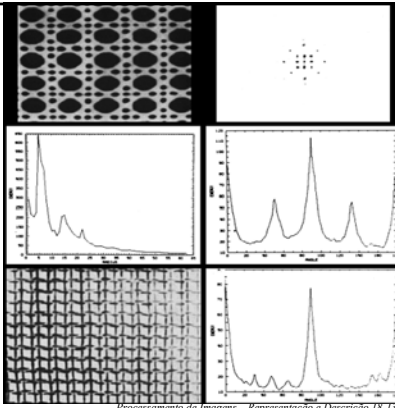
$$F(u, v) \rightarrow S(r, \theta) \quad (u = r \cos(\theta), v = r \sin(\theta))$$

- Calcular $S(r)$ e $S(\theta)$
$$S(r) = \sum_{\theta=0}^{\pi} S(r, \theta) \quad S(\theta) = \sum_{r=1}^R S(r, \theta) \quad (R = N/2)$$

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-12

- (a) textura periódica
(b) Espectro $S(u,v)$
(c) gráfico de $S(r)$
(d) gráfico de $S(\theta)$
(e) outra textura periódica
(f) gráfico de $S(\theta)$



Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-15

Momentos centrais normalizados

$$n_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^p}, \gamma = \frac{p+q}{2} + 1, p+q = 2, 3, \dots$$

Momentos invariantes

- Conjunto de sete momentos invariantes
- Invariantes a translação, rotação, escala
- calculados a partir do segundo e terceiro momentos centrais normalizados

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2].\end{aligned}$$

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-16

Momentos

- Usar momentos 2D de ordem $(p+q)$ para descrever regiões

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy, p, q = 0, 1, 2, \dots$$

Momentos Centrais

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy, p, q = 0, 1, 2, \dots$$

onde $\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$

Caso Discreto

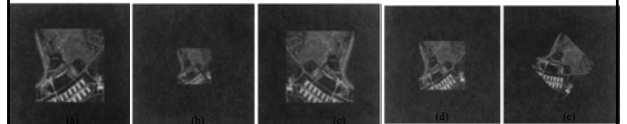
$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y), p, q = 0, 1, 2, \dots$$

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-14

Exemplo

- (a) imagem original (b) reduzida à metade (c) refletida (d) rotacionada de 2° (e) rotacionada de 45°



Invariante (Log)	Original	Metade	Espelhado	Rotacionado 2°	Rotacionado 45°
ϕ_1	6.249	6.226	6.919	6.253	6.318
ϕ_2	17.180	16.954	19.955	17.270	16.803
ϕ_3	22.655	23.531	26.689	22.836	19.724
ϕ_4	22.919	24.236	26.901	23.130	20.437
ϕ_5	45.749	48.349	53.724	46.136	40.525
ϕ_6	31.830	32.916	37.134	32.068	29.315
ϕ_7	45.589	48.343	53.590	46.017	40.470

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-17

Momentos centrais de ordem até 3

$$\begin{aligned}\mu_{00} &= m_{00} & \mu_{11} &= m_{11} - \bar{y}m_{10} \\ \mu_{10} &= 0 & \mu_{30} &= m_{30} - 3\bar{x}m_{20} + 2\bar{x}m_{10}\bar{x}^2 \\ \mu_{01} &= 0 & \mu_{12} &= m_{12} - 2\bar{y}m_{11} - \bar{x}m_{02} + 2\bar{y}^2m_{10} \\ \mu_{20} &= m_{20} - \bar{x}m_{10} & \mu_{21} &= m_{21} - 2\bar{x}m_{11} - \bar{y}m_{20} + 2\bar{x}^2m_{01} \\ \mu_{02} &= m_{02} - \bar{y}m_{01} & \mu_{03} &= m_{03} - 3\bar{y}m_{02} + 2\bar{y}^2m_{01}\end{aligned}$$

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-15

Componentes Principais

- Pode ser usado em regiões ou fronteiras
- Aplicado a conjunto de imagens com a mesma disposição espacial porém com valores de níveis de cinza diferentes. Exemplo: imagens multi-espectrais – imagem colorida RGB
- Cada pixel das n bandas é tratado como um vetor x de dimensão n

Sendo n o número de bandas espectrais e K o número total de pixels de cada banda C_x é a matriz de covariância $(n \times n)$ e m_x é o vetor médio $(n \times 1)$

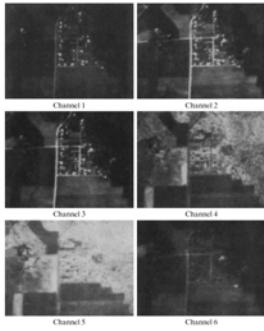
λ_i são os auto-vetores de C_x

A é a matriz de transformação que vai mapear x em y formada pelos auto-vetores ordenados de C_x

Prof. Juliana Fernandes Camapum

Processamento de Imagens – Representação e Descrição 18-18

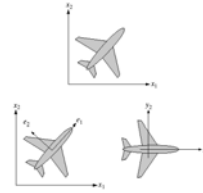
Imagem multi-espectral



Channel	Wavelength band (microns)
1	0.43-0.44
2	0.62-0.66
3	0.66-0.72
4	0.80-1.00
5	1.00-1.40
6	2.00-2.60

Imagem multi-espectral ($n=6$ bandas)
- cada banda corresponde a uma determinada faixa do espectro eletromagnético

Transformação Componentes Principais aplicada nas coordenadas (x,y)



Efeito: alinhamento da imagem com os seus auto-vetores
O vetor x é composto de dois elementos
 $x = (x_1, x_2)$
Matriz de covariância C_x será (2×2)
 m_x será o centróide do objeto

FIGURE 11.29 (a) An object. (b) Eigenvectors. (c) Object rotated by using Eq. (11.4-6). The net effect is to align the object along its eigen axes.

Auto-vetores invariantes a translação e rotação
Pode ser invariante a escala: normalização pelos auto-valores

Representação da imagem multi-espectral

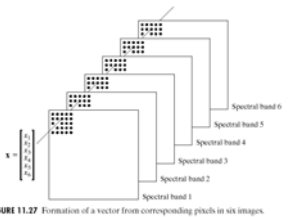


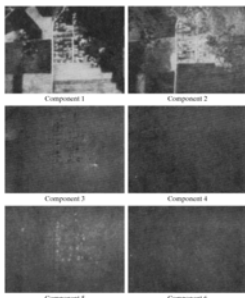
FIGURE 11.27 Formation of a vector from corresponding pixels in six images.

λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
3210	931.4	118.5	83.88	64.00	13.40

TABLE 11.5
Eigenvalues of the covariance matrix obtained from the images in Fig. 11.26.

- Sendo uma imagem multi-espectral com n bandas
- Cada pixel é representado por um vetor x de dim. $(n \times 1)$
- Calculamos a matriz de covariância C_x de dim $(n \times n)$
- Calculamos os auto-valores (λ) de C_x e os auto-vetores (λ)
- Serão n auto-valores e n auto-vetores
- Calculamos a matriz de transformação A ordenando os n auto-vetores pelo tamanho dos seus auto-valores

Transformação Componentes Principais



Resultado da transformação

Reconstrução:

FIGURE 11.28 Six principal component images computed from the data in Fig. 11.26. (Courtesy of the Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University.)