

INF01046 – Fundamentos de processamento de imagens

Aula 23 – Representação e descrição

Horacio E. Fortunato

Instituto de Informática
Universidade Federal de Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS

hefortunato@inf.ufrgs.br

Link do curso: <http://www.inf.ufrgs.br/~hefortunato/cursos/INF01046>

2º semestre de 2009



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Processamento Digital de Imagens - Nesta disciplina

Sensores e Aquisição de imagens



- Sistema visual Humano
- Modalidade de Imagens
- Câmeras Digitais

Processamento para a interpretação humana



- Realce de Imagens:
 - Processamento de histograma
 - Filtragem espacial
 - Filtragem no domínio da frequência
- Restauração de Imagens:
 - Remoção de ruído
 - Remoção de borramento
- Espaços de Cores
- Imagens em Alta Faixa Dinâmica

Percepção por máquina



- Detecção de linhas e bordas
- Limiarização
- Segmentação

Armazenamento e Comunicação



- Compressão de imagens



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Representação e Descrição

Uma vez uma imagem tenha sido segmentada em regiões, os conjuntos de pixels segmentados (objetos) são usualmente representados e descritos em um formato apropriado para o processamento subsequente.

Representação: Os objetos podem ser representados principalmente pelas características de sua fronteira ou da sua região interna.

Descrição: selecionada a forma de representação, são selecionados um conjunto de números para descrevê-la (área, largura, altura, momento de inércia, etc...)

As características selecionadas como descritores devem ser o menos afetadas o possível por variações como **mudança de tamanho, rotação e translação**.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Representação e Descrição mudanças de escala

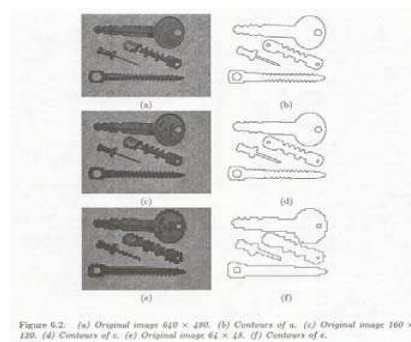


Figure 6.2: (a) Original image 610 x 480. (b) Contours of a. (c) Original image 160 x 120. (d) Contours of c. (e) Original image 64 x 48. (f) Contours of e.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Representação

Frequentemente são utilizados para representar os objetos o conjunto de seus pixels e seus valores de tom de cinza sem nenhum ou com pouco processamento adicional.

A prática mais comum é compactar estes dados em representações consideravelmente mais úteis no cálculo de descritores.

Apresentaremos a continuação uma série de abordagens para representar objetos.

- Código da cadeia
- Aproximações poligonais
- Assinaturas
- Segmentos de fronteiras
- Esqueleto



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Código da cadeia

Descreve uma fronteira como uma sequência conectada de segmentos de linha reta de determinado tamanho e direção.

- Pode utilizar-se
 - 4 - conectividade
 - 8 - conectividade

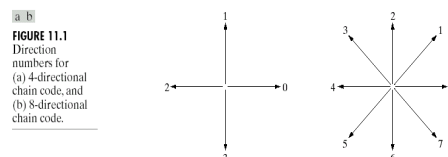


FIGURE 11.1 Direction numbers for (a) 4-directional chain code, and (b) 8-directional chain code.

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Código da cadeia

O código consiste na enumeração das direções representadas por os números 0 a 3 (direcional de 4) ou 0 a 7 (direcional de 8)

Por exemplo:

0033333232221211101101

Como o código pode iniciar de qualquer ponto, se seleciona o que resulte no menor número.

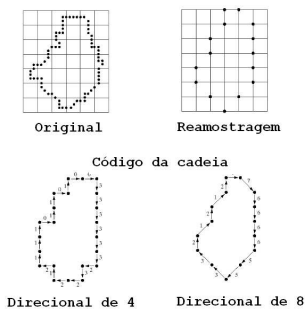


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Aproximações poligonais

Uma fronteira digital pode ser aproximada com uma precisão arbitrária por um polígono
A aproximação é exata se utilizamos todos os pontos da fronteira para determinar o polígono

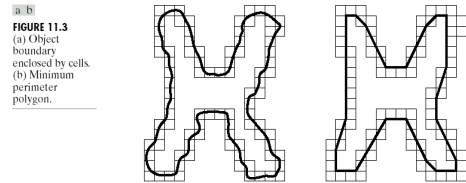


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Aproximações poligonais

Na pratica interessa uma representação com o mínimo de segmentos, obtidos por meio de algoritmos que tentam capturar as 'essência ou 'linhas principais' da fronteira

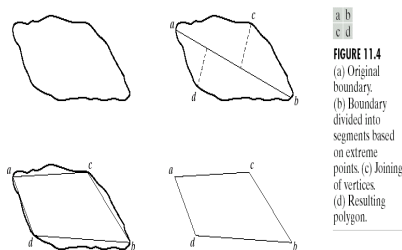


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Aproximações poligonais

Exemplo de algoritmo:

- Tomar os dois pontos mais distantes como extremos de um segmento
- Obter o ponto mais distante do segmento e subdividir o segmento
- Continuar a sub-divisão ate atingir um critério de convergência (distancia do ponto mais distante menor que certo limiar)

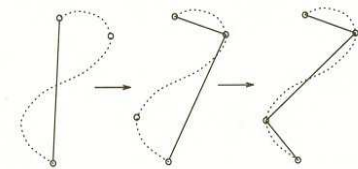


Figure 6.13: Recursive boundary splitting.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Assinaturas

Uma assinatura é uma representação funcional **unidimensional** de uma fronteira

Por exemplo a sequencia de distancias dos pontos da fronteira a seu centroide em função do angulo.

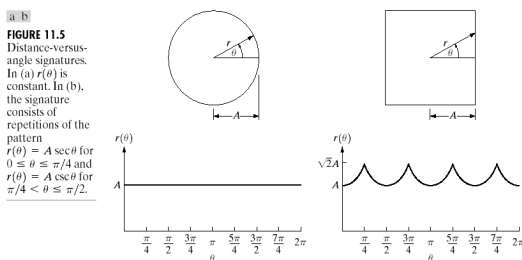


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Segmentos de fronteiras Baseados no Fecho convexo (convex hull)

A descrição de uma região pode basear-se em sua área e na área de sua 'deficiência convexa' (região em cinza da figura), o número de componentes de sua deficiência convexa, a posição relativa desses componentes etc.

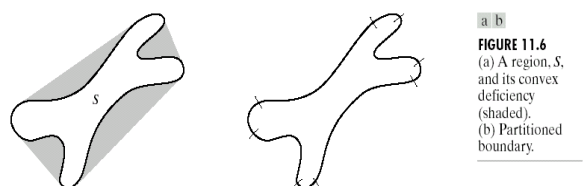


FIGURE 11.6 (a) A region, S, and its convex deficiency (shaded). (b) Partitioned boundary.

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Esqueleto de uma região

- Uma importante abordagem para a representação estrutural da forma de uma região planar consiste em reduzi-la a um grafo.
- Essa redução pode ser realizada obtendo-se o esqueleto da região
- Um método utilizado para a obtenção do esqueleto de uma região é o afinamento com restrições (remover pixels da fronteira que cumprem com certas condições)

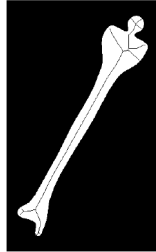


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Esqueleto de uma região

- O esqueleto pode ser definido pela transformação do eixo médio
- Os pontos do esqueletos são aqueles que possuem mais de um 'ponto mais próximo' na fronteira
- O esqueleto depende da medida de distancia utilizada (euclidiana, xadres, city-block)

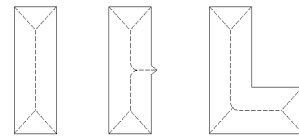


FIGURE 11.7
Medial axes
(dashed) of three
simple regions.

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

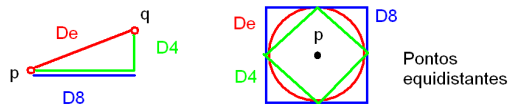
Calculo de Distancias

ponto p de coordenadas (x, y)
ponto q de coordenadas (s, t)

Distancia Euclidiana: $D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{1/2}$

4 Distancia (city block): $D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$

8 Distancia (xadres) : $D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Descrição

Apresentaremos a continuação uma serie de descritores, dividindo em

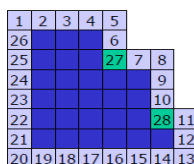
- **Descritores de Fronteiras**
 - Alguns descritores simples
 - Números de formas
 - Descritores de Fourier
 - Momentos
- **Descritores de regiões**
 - Alguns descritores simples
 - Descritores topológicos
 - Textura
 - Abordagens estatísticas
 - Abordagens estruturais
 - Abordagens espectrais
 - Momentos



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fronteiras Alguns descritores simples

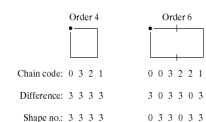
- Comprimento
- Diâmetro
- Orientação e comprimento do maior eixo (linha que conecta os dois pontos mais distantes da fronteira)



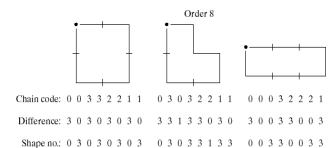
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Números de Formas

- A **primeira diferença** de um código da cadeia e a sequencia formada pelas diferenças de orientação entre segmentos adjacentes, contadas em sentido anti-horário



- O **número de forma** é definido como a **primeira diferença** obtida partindo do ponto da fronteira que da a menor magnitude



- Ordem: Número de dígitos do código da cadeia

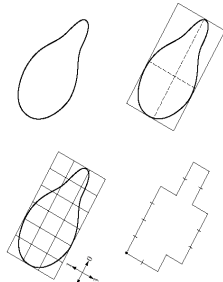
Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Números de Formas

- O maior eixo é aquele que une os dois pontos mais distantes da fronteira
- O menor eixo é perpendicular ao maior eixo
- Uma caixa que envolve a fronteira pode ser definida em função desses eixos (retângulo básico)



Chain code: 0 0 0 0 3 0 0 3 2 2 2 2 2 1 1 1
Difference: 3 0 0 3 1 0 3 3 0 1 3 0 0 3 1 3 0
Shape no.: 0 0 0 3 1 0 3 3 0 1 3 0 0 3 1 3 0 3

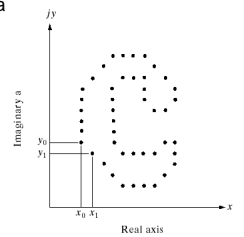
Pode utilizar-se o retângulo básico como guia para sub-samplear e obter um código da cadeia

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Descritores de Fourier

- Consideramos as coordenadas dos pontos da fronteira como uma sucessão de números complexos
- Passamos de uma descrição bi-dimensional em \mathbb{R}^2 a uma descrição unidimensional em \mathbb{C}
- Calculamos a transformada de Fourier (unidimensional)
- Os coeficientes $a(u)$ da transformada são chamados de 'descritores de Fourier'



$$a(u) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} s(k) e^{-\frac{2\pi i u k}{K}} \quad u=0, 1, \dots, K-1$$

$$s(k) = x(k) + i \cdot y(k)$$

$$(x, y) \rightarrow x + i \cdot y$$

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Descritores de Fourier

- Calculando a transformada inversa utilizando os n-primeiros coeficientes obtemos aproximações sucessivas da fronteira original

FIGURE 11.14 Examples of reconstruction from Fourier descriptors. P is the number of Fourier coefficients used in the reconstruction of the boundary.

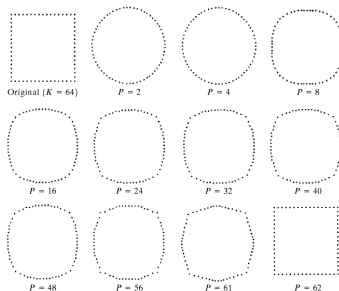


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Momentos

- Segmentos de fronteira e assinaturas podem ser descritos quantitativamente através dos momentos definidos como:

$$\mu_n = \sum_{i=1}^K (r_i - m)^n \cdot g(r_i) \quad \text{com} \quad m = \sum_{i=1}^K r_i \cdot g(r_i)$$

onde g foi normalizada antes de realizar os calculos: $1 = \sum_{i=1}^K g(r_i)$

a b

FIGURE 11.15 (a) Boundary segment. (b) Representation as a 1-D function.

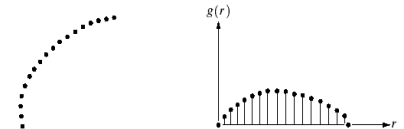


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Descritores Regionais

Alguns descritores simples

- Área da região
- Perímetro
- Compacidade ($\text{perímetro}^2 / \text{área}$)

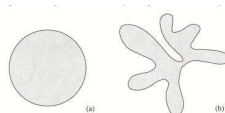


Figure 6.25: Compactness: (a) compact; (b) non-compact.

- Os eixos principais são os autovetores da matriz covariância definida para M pontos como:

$$C_x = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M x_k \cdot x_k^T - m_x \cdot m_x^T \quad \text{onde } x_k = (x_k, y_k)$$

$$m_x = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M x_k$$

A direção dos eixos e os autovalores podem ser utilizados como descritores da região

2inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Área normalizada



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

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Descritores Topológicos

A topologia é o estudo das propriedades de uma figura que não sejam afetadas por deformações 'contínuas'

- Número de buracos : H
- Número de regiões conexas: C
- Número de Euler: $E = C - H$

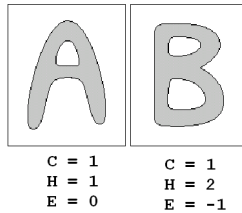


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Texturas

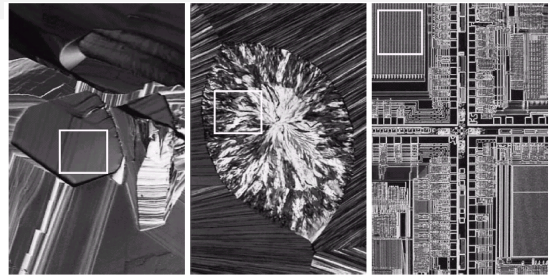


FIGURE 11.22 The white squares mark, from left to right, smooth, coarse, and regular textures. These are optical microscope images of a superconductor, human cholesterol, and a microprocessor. (Courtesy of Dr. Michael W. Davidson, Florida State University.)

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Texturas Abordagens estatísticas

Podemos descrever a textura de uma região calculando os momentos de 'ordem n' do seu histograma

$$\mu_n = \sum_{i=1}^K (z_i - m)^n \cdot p(z_i) \quad \text{com} \quad m = \sum_{i=1}^K z_i \cdot p(z_i)$$

onde K é o número de tons de cinza da imagem, z_i é um tom de cinza

e p foi normalizada antes de realizar os cálculos: $1 = \sum_{i=1}^K p(z_i)$

Cálculos utilizando o histograma ignoram relações espaciais entre pixels.

Outros descritores baseados em 'matrizes de co-ocorrência' de níveis de cinza podem ser utilizados

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Texturas Abordagens estatísticas

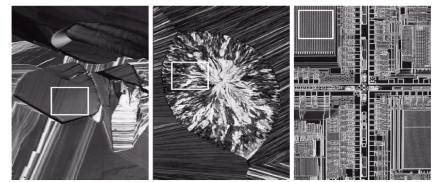


FIGURE 11.22 The white squares mark, from left to right, smooth, coarse, and regular textures. These are optical microscope images of a superconductor, human cholesterol, and a microprocessor. (Courtesy of Dr. Michael W. Davidson, Florida State University.)

TABLE 11.2

Texture measures for the subimages shown in Fig. 11.22.

| 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 |

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Texturas Abordagens estruturais

Construção de regras recursivas para a descrição de Texturas

a
b
c

FIGURE 11.23
(a) Texture primitive.
(b) Pattern generated by the rule $S \rightarrow aS$.
(c) 2-D texture pattern generated by this and other rules.

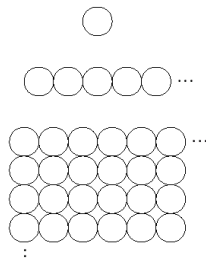


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Texturas Abordagens espectrais (Fourier)

Calcular a transformada de Fourier da Imagem e utilizar descritores da Imagem transformada

Nas imagens da direita é utilizada uma representação polar da transformada de Fourier (em ângulo e radio) para gerar somatórias da função nessas direções (projeções).

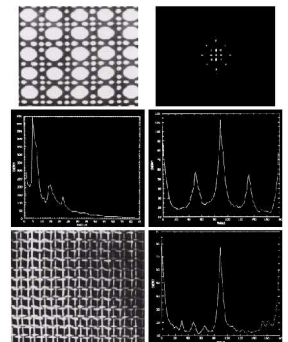


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Momentos invariantes

Os momentos de ordem (p+q) de uma função bidimensional discreta 'f' (imagem digital) é definido como:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - m_x)^p \cdot (y - m_y)^q \cdot f(x, y)$$

$$\text{onde } m_x = \frac{m_{10}}{m_{00}} \text{ e } m_y = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

Um conjunto de sete 'Momentos invariantes' pode ser definido como função destes momentos, que cumprem com a condição de serem invariantes à :

- Translação
- Rotação
- Mudanças de escala

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Momentos invariantes

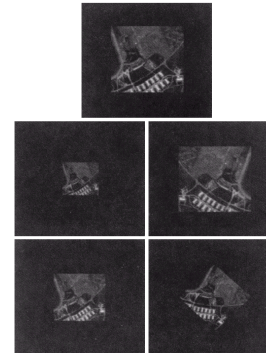


FIGURE 11.25
Images used to demonstrate properties of moment invariants (see Table 11.3).

| Invariant (Log) | Original | Half Size | Mirrored | Rotated 2° | Rotated 45° |
|-----------------|----------|-----------|----------|------------|-------------|
| ϕ_1 | 6.240 | 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 | 22.856 | 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 |

TABLE 11.3
Moment invariants for the images in Figs. 11.25(a)-(c).

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Processamento Digital de Imagens - Tarefas

Tarefas Novas:

- Leia o Capítulo 11 (aula 23) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Faça os exercícios do Capítulo 11 (aula 23) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)

Nota Importante: No livro Gonzalez, R. & Woods em português os capítulos possuem número diferente

Livro Gonzalez, R. & Woods 2ª Ed. (em Inglês):

Gonzalez, R. & Woods, R. Digital Image Processing 2ª Ed. Prentice Hall, 2002.
Link do curso: <http://www.inf.ufrgs.br/~hefortunato/cursos/INF01046>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)