

INF01046 – Fundamentos de processamento de imagens

Aula 20 – Segmentação de imagens

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)

Análise de imagens

- Realce e Restauração produzem como resultado do processamento de uma imagem outra imagem

Imagem in → Imagem out

- As técnicas de Análise de imagens extraem informação (atributos) de uma imagem

Imagem in → Informação

- Geralmente, a primeira etapa no processo de tentar interpretar ou analisar imagens automaticamente é a segmentação



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Análise de imagens Exemplos da aplicação – Machine vision

Leitura de Códigos Impressos



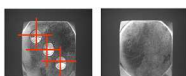
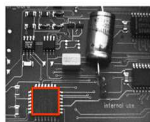
Verificação de Impressão Gráfica



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Análise de imagens Exemplos da aplicação – Machine vision

Presença e posição de componentes, furos, etc



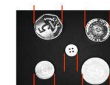
Controle de orientação de peças



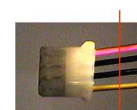
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Análise de imagens Exemplos da aplicação – Machine vision

Classificação por formas e tamanhos



Controles baseados na cor



Vermelho
Preto
Preto
Amarelo

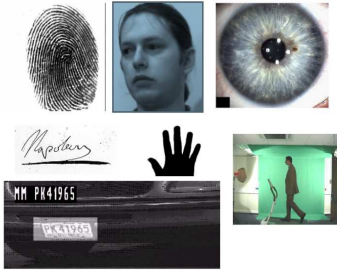
Link Video: http://www.dwfritz.com/featured_projects/bottle_inspection_system/



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Análise de imagens Exemplos da aplicação - Segurança

- Biometria:
 - Reconhecimento de impressões digitais,
 - Reconhecimento de faces
 - Reconhecimento de iris
 - Assinaturas. etc
- Leitura de placas de veículos



Link Video: <http://www.ecit.qub.ac.uk/ResearchDevelopment/Imageandvisionsystems/Videosurveillance/>



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Análise de imagens Exemplos da aplicação - Traffic monitoring



Imagem extraída do site da: The British Machine Vision Association and Society for Pattern Recognition



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Análise de imagens Exemplos da aplicação - Navegação autónoma

- Visual outdoor layout detection for autonomous vehicle.

This project is aimed at outdoors navigation for an autonomous wheelchair. The plan is to segment navigable space using color and texture criteria, then to fit the edges with "snakes", which will then be used for further processing. This is a current MSc project. (More on autonomous wheelchair)

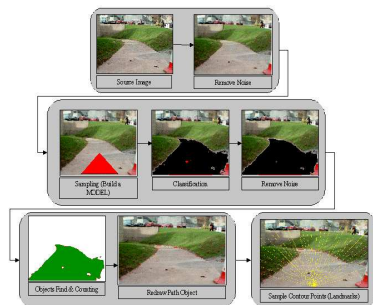


Imagem extraída do site: <http://www.tech.plym.ac.uk/soc/staff/guidbugm/avision.htm>

Robotic Intelligence Laboratory, Centre for Robotics and Intelligent Systems, School of Computing, Communications and Electronics, University of Plymouth
Contact: Dr. Guido Bugmann



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Análise de imagens Exemplos da aplicação - ROBOT FOOTBALL

FIRA ROBOT FOOTBALL
University of Plymouth FIRA Robot Football Website
The official Site of the Plymouth Mirobot and Hurobot Robot Football Team

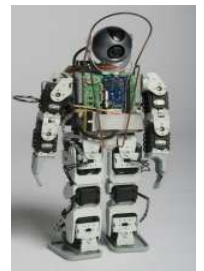
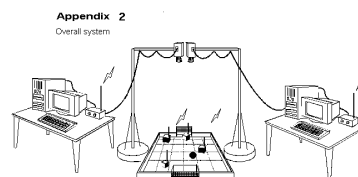


Imagem extraída do site: <http://www.tech.plym.ac.uk/robotfoot/>
University of Plymouth FIRA ROBOT FOOTBALL



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Segmentação de imagens

- Subdivide uma imagem em suas partes ou objetos constituintes
- Geralmente, a primeira etapa no processo de tentar interpretar ou analisar imagens automaticamente
- A definição de quais objetos são de interesse depende da aplicação
- Também pode ser entendido como o processo de agrupar pixels que apresentem atributos similares
- A obtenção de segmentação correta e confiável é, em geral, muito difícil de obter de forma totalmente automatizada em imagens arbitrárias. Possuindo total controle sobre o processo, (posicionamento, iluminação e universo de objetos) é possível implementar sistemas automáticos para detecção de formas, leitura de caracteres e códigos, posicionamento e classificação de objetos, controle de qualidade etc.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Algoritmos de Segmentação

Para imagens monocromáticas temos dois tipos principais de segmentação:

- Baseadas em **descontinuidades** dos tons de cinza:
 - Detecção de pontos
 - Detecção de linhas
 - Detecção de bordas
- Baseadas em **similaridades** dos tons de cinza:
 - Limiarização
 - Crescimento de regiões
 - Divisão e fusão de regiões



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Tipos de Segmentação

• Não Contextual

Pixels são agrupados com base apenas em algum atributo global como, por exemplo, o nível de tons de cinza ou cor

Exemplo: limiarização (thresholding)

• Contextual

Pixels são agrupados com base em algum atributo global e na proximidade espacial

Exemplos: conectividade de pixels, similaridade de regiões



Detecção de Descontinuidades

• Tipos básicos de descontinuidades:

- Pontos
- Linhas
- Bordas

M_1	M_2	M_3
M_4	M_5	M_6
M_7	M_8	M_9

Método mais comum para detecção de descontinuidades:

• Utilização de máscaras

• Para cada tipo de descontinuidade se utiliza um tipo de máscara que proporcione uma resposta maior nos pontos de interesse

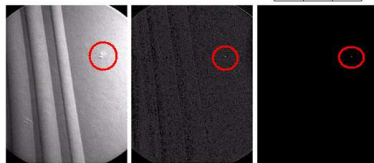
• A resposta da máscara é avaliada em cada ponto da imagem

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



Detecção de Pontos

• Para detecção de pontos isolados (pixels) pode utilizar-se uma máscara de tipo laplaciano, os pontos são determinados pela condição: $abs(R(x,y)) > T$, onde $R(x,y)$ é a resposta da máscara no ponto (x,y) e T é um limiar (positivo) de detecção



-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

FIGURE 10.2
(a) Point detection mask.
(b) X-ray image of a turbine blade with a porosity.
(c) Result of point detection.
(d) Result of using Eq. (10.1-2).
(Original image courtesy of X-TEK Systems Ltd.)

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



Detecção de Linhas

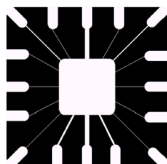
• Para detecção de linhas (de um pixel da largura) podem ser utilizadas as seguintes máscaras, cada uma com sensibilidade em uma direção específica:

-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	2	-1	2	-1	-1
2	2	2	-1	2	-1	-1	2	-1	-1	2	-1
-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2
Horizontal			+45°			Vertical			-45°		

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



Detecção de Linhas



2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

-45°

FIGURE 10.4
Illustration of line detection.
(a) Binary wire-bond mask.
(b) Absolute value of result after processing with +45° line detector.
(c) Result of thresholding image (b).

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



Detecção de Bordas

• Pontos e linhas de um pixel de largura são pouco frequentes em aplicações práticas

• Por longe, a detecção de bordas e a abordagem mais comum para detecção de descontinuidades

• Uma borda é o limite entre duas regiões com propriedades de nível de cinza diferentes, na discussão seguinte assumimos que as regiões são razoavelmente homogêneas e que a distinção entre ambas está baseada nos níveis de cinza (sem texturas)

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



Detecção de Bordas

- Modelos de bordas
- A imagem da esquerda apresenta uma idealização de borda com dois tons de cinza bem definidos e uma transição brusca entre ambos
- A imagem da direita apresenta um modelo um pouco mais realista com uma rampa de níveis de cinza, a largura da rampa proporcional ao grau de borramento da imagem

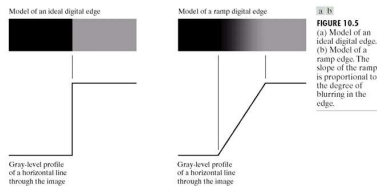


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Operadores diferenciais

- Na discussão de realce de imagens, foram apresentados os operadores diferenciais gradiente (derivada primeira) e Laplaciano (derivada segunda)
- Na figura, observamos que a derivada primeira da informação dos pixel que estão na borda, enquanto a derivada segunda sinaliza o início e fim da borda
- O Laplaciano possui um cruzamento por zero na posição de cada borda

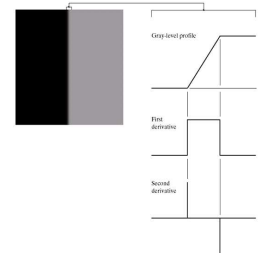


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Imagens com Ruído

Imagens com ruído podem dificultar a localização de bordas baseadas em operadores diferenciais

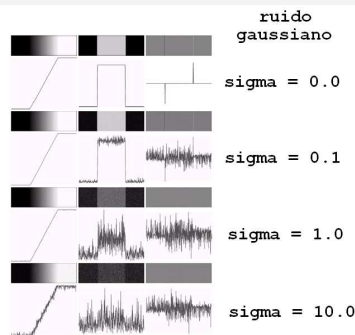


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Operador gradiente

- Mascaras para implementar o operador gradiente:
 - Roberts 2x2 direções diagonais
 - Prewitt 3x3 vertical, horizontal e diagonais
 - Sobel 3x3 idem Prewitt, da mais peso as linhas centrais

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Roberts			
-1	0	0	-1
0	1	1	0

Prewitt			
-1	-1	-1	-1
0	0	0	0
1	1	1	1

Sobel			
-1	-2	-1	-1
0	0	0	0
1	2	1	1

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

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Operador gradiente

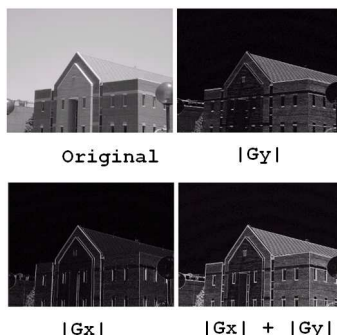


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Operador gradiente

- Idem slide anterior com imagem filtrada com mascara da media aritmética 5x5

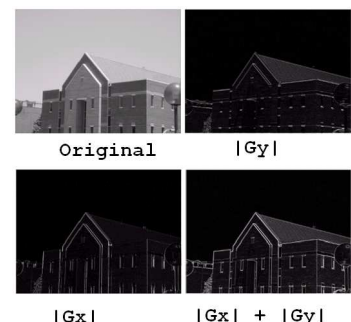


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Operador gradiente

- Aplicação do gradiente com mascaras diagonais



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

2inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Laplaciano

- Mascaras para implementar o operador Laplaciano:
 - 3x3 vertical e horizontal
 - 3x3 vertical, horizontal e diagonais

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

- Muito sensível ao ruído
- Produz bordas duplas (início e fim da borda)
- Não é direcional
- Normalmente é utilizado em combinação com outras técnicas
 - Para detectar em qual lado da borda está um pixel
 - Para detectar o ponto meio de uma borda (cruzamento por zero do Laplaciano)

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

2inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Laplaciano de uma gaussiana

- Operador Laplaciano de uma gaussiana, combina um filtro gaussiano passa baixas com um operador Laplaciano
- Filtra o ruído e depois aplica o operador Laplaciano, em uma única máscara
- Utilizado para detecção do cruze por zero do Laplaciano de uma imagem

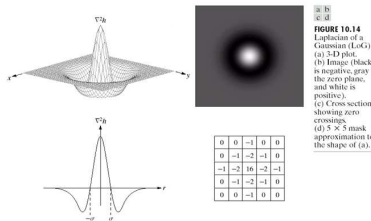


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

2inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas Cruze por zero do Laplaciano

- A) Imagem original
- B) 127 + Operador Laplaciano de uma gaussiana
- C) B Limiarizada
- D) Cruzes por zero

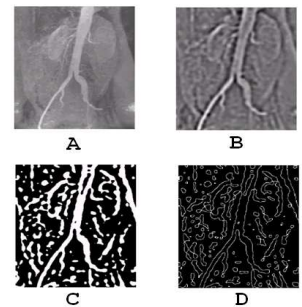


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.

2inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Detecção de Bordas

Comparação do Gradiente e o Laplaciano

- **Gradiente:**
 - Tende a funcionar bem em imagens com transições agudas de intensidade e ruído relativamente baixo
- **Laplaciano** (Cruzamento por zero do laplaciano de uma gaussiana):
 - Alternativa para bordas borradas ou muito ruído
 - Posicionamento confiável das bordas
 - Maior custo computacional

2inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Ligação de Bordas e detecção de Fronteiras

- **Fronteiras** são os limites de objetos e **bordas** são descontinuidades nas características de uma imagem
- As duas podem não coincidir por efeitos de ruído, iluminação não uniforme etc.
- A detecção de bordas é frequentemente seguida da aplicação de técnicas de ligação de bordas ou outras técnicas de detecção de fronteiras:

Exemplos:

- **Processamento local:** Os pixels classificados como pertencentes as bordas são classificados pela similitude de magnitude e direção do operador gradiente
- **Processamento global:** Transformada de Hough, técnicas baseadas em grafos

2inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Ligação de Bordas e detecção de Fronteiras

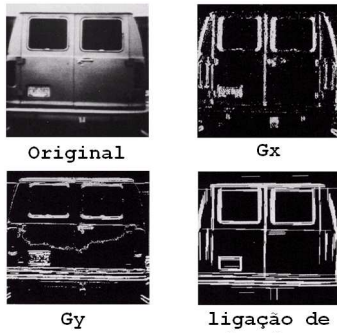


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e Woods.

3inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Transformada de Hough

- Por cada ponto da imagem passam retas de diferente inclinação $y = a \cdot x + b$
- Todas as retas que passam pelo ponto (x_i, y_i) possuem a seguinte relação entre seus parâmetros a e b $b = -a \cdot x_i + y_i$
- Então:
 - Para cada ponto na imagem podemos desenhar uma reta no espaço dos parâmetros $\rightarrow b = -a \cdot x_i + y_i$
 - Para cada ponto no espaço dos parâmetros podemos associar uma reta na imagem $\rightarrow y = a_k \cdot x + b_k$

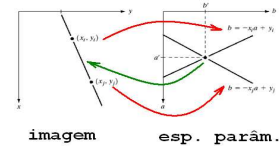


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e Woods.

3inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Transformada de Hough

- É mais conveniente trabalhar com representação normal de uma linha

$$y = a \cdot x + b \rightarrow x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta = \rho$$

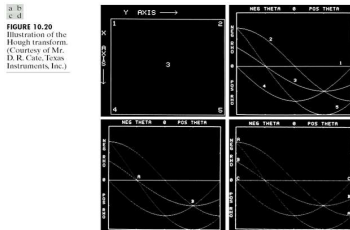


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e Woods.

3inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Transformada de Hough Exemplo

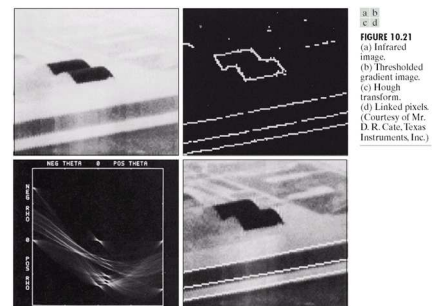


Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e Woods.

3inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Processamento Digital de Imagens - Tarefas

Tarefas Novas:

- Leia as seções 10.1 e 10.2 do Capítulo 10 (aula 20) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Faça os exercícios do Capítulo 10 (aula 20) 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>

3inf

Horacio E. Fortunato (UFRGS)