

Algoritmos de Detecção de Bordas em Imagens Radiográficas

Adilson Gonzaga¹; Celso Aparecido de França²

¹EESC-USP - Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia Elétrica
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465, São Carlos, SP, Brasil
e-mail: adilson@sel.eesc.sc.usp.br

²IFSC-SC- Instituto de Física de São Carlos, Departamento de Física e Informática
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465, São Carlos, SP, Brasil
e-mail: cafranca@sel.eesc.sc.usp.br

Resumo - A proposta deste trabalho é a apresentação de técnicas para a detecção de bordas em imagens digitalizadas de radiografias odontológicas. Alguns algoritmos são testados e a imagem obtida é mostrada visando um melhor realce de contornos ou detalhes. Um algoritmo por nós proposto é aplicado nas imagens previamente processadas para aumentar o contraste e os resultados são discutidos.

Abstract - The aim of this work is to discuss edge detecting techniques applied to radiographic digital images. Some algorithms have been implemented and the results are displayed to enhance boundary or hide details. We propose one algorithm applied in a pre processed image with contrast enhanced and we discuss the results.

Introdução

A etapa fundamental do processamento de imagens a nível básico é a determinação de bordas dos objetos da cena. A detecção de bordas em imagens digitalizadas de maneira rápida e eficiente contribuirá para a otimização dos algoritmos de identificação a nível mais elevado.

A proposta deste trabalho é discutir alguns algoritmos de reconhecimento de bordas em imagens radiográficas utilizadas em odontologia e digitalizadas por um "Scanner" de mesa de baixo custo, facilmente instalável em qualquer consultório. Estas imagens em escala de cinza são descompactadas, permitindo assim, a implantação de algoritmos de detecção de bordas em um microcomputador compatível com PC.

Nessas imagens qualquer tipo de estrutura significativa aparece como descontinuidade na intensidade luminosa da cena. Uma imagem obtida do mundo real apresenta uma grande quantidade de informação entre dados relevantes e ruídos, que devem ser reduzidos para uma maior eficiência dos algoritmos de reconhecimento e classificação.

As bordas de uma imagem são o resultado de mudanças em alguma propriedade física ou espacial dos objetos submetidos à radiografia. A maioria das técnicas de detecção de bordas empregam operadores diferenciais de primeira ou de segunda ordem. Tais operadores ressaltam os contornos das bordas mas também amplificam o ruído.

O nosso trabalho discute alguns algoritmos de detecção de bordas, propõe um outro, e a imagem obtida é mostrada em um terminal de vídeo VGA.

Metodologia

A maioria das técnicas de detecção de bordas emprega operadores diferenciais¹ de primeira ou de segunda ordem. Alguns trabalhos discutem comparativamente alguns destes operadores mais conhecidos^{2,3}. Grande parte dos operadores de borda utilizam algum tipo de suavização da imagem antes da operação diferencial. O operador de Marr utiliza uma máscara Gaussiana convoluída com a imagem. Isso pode atenuar as bordas fracas, onde o contraste é pequeno.

A imagem original, digitalizada através de um "Scanner" diretamente da radiografia, é mostrada na Fig.1.

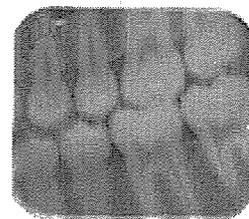


Fig. 1 - Imagem Original

Um dos detectores mais populares é o detector de borda de Sobel, que pode ser expresso na seguinte equação matemática:

$A(i,j)$ = matriz de imagem de $m \times m$ elementos $a(i,j)$

$$B_x(i,j) = a(i+1,j-1) + 2.a(i+1,j) + a(i+1,j+1) - a(i-1,j-1) - 2.a(i-1,j) - a(i-1,j+1)$$

$$B_y(i,j) = a(i-1,j+1) + 2.a(i,j+1) + a(i+1,j+1) - a(i-1,j-1) - 2.a(i,j-1) - a(i+1,j-1)$$

$B(i,j)$ = Matriz de bordas,
 $e B(i,j) = \sqrt{(B_x^2 + B_y^2)}$

Resultados

A imagem vista na Fig.2 é uma imagem de bordas detectadas por Sobel, aplicando-se um nível de "threshold" arbitrário. Pode-se observar que o ruído proveniente de variações no nível de cinza do fundo é ressaltado e as regiões de baixa iluminação, com bordas fracas, não são detectadas. Shu sugere⁴ após a aplicação de Sobel um "threshold" diferenciado e uma busca heurística para detecção de bordas de um pixel. A Fig.3 apresenta a imagem processada de acordo com a sugestão de Shu, com um "threshold" aplicado em:

$$T = \{ \max[E(i,j)] - \min[E(i,j)] \} / 2 \quad e \quad E(i,j) \neq 0$$

onde, $E(i,j) = \sqrt{(E_x^2 + E_y^2)}$

$$E_x(i,j) = B(i-1,j) + B(i,j) + B(i+1,j); \text{ se } B(i,j) \geq B(i+1,j)$$

$$E_x(i,j) = 0; \text{ caso contrário}$$

e

$$E_y(i,j) = B(i,j-1) + B(i,j) + B(i,j+1); \text{ se } B(i,j) \geq B(i,j+1)$$

$$E_y(i,j) = 0; \text{ caso contrário}$$

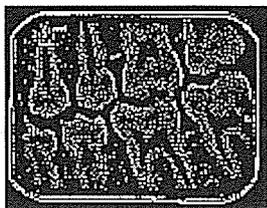


Fig. 2 - Detector de Sobel

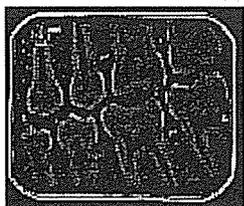


Fig. 3 - Algoritmo de Shu.

O resultado em imagens radiográficas é melhor, mas apresenta ainda perda de informação de bordas relevantes.

O algoritmo proposto neste trabalho, leva em consideração imagens pré-processadas aumentando-se o contraste através da aplicação de funções não uniformes⁵. A imagem é então binarizada através da aplicação de um nível de "threshold" calculado através do vale do histograma, aplicando-se OU-Exclusivo nas linhas e colunas, bit a bit, da imagem binária. A borda é detectada onde existe variação de bit "zero" para bit "um" ou vice-versa, permanecendo constante e igual a "zero" em partes toda branca ou toda preta da imagem. A Fig.4 mostra uma imagem de bordas detectadas através de:

$$b_{(i,j)} = (a_{(i,j)} \otimes a_{(i,j+1)}) \cdot (a_{(i,j)} \otimes a_{(i+1,j)})$$

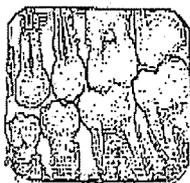


Fig. 4 - Algoritmo proposto

Conclusões

Os resultados obtidos mostram que com um sistema de baixo custo, instalável em qualquer microcomputador do tipo PC com VGA e um "scanner" de mesa, pode-se processar imagens radiológicas e segmentar regiões de interesse para auxílio a diagnóstico. Essas imagens originalmente de baixo contraste, são melhoradas e as bordas dos objetos (no caso, dentes) ou patologias existentes são ressaltadas, podendo ser utilizadas como imagens de entrada para processamento de mais alto nível.

Os detectores de bordas aplicados neste trabalho nos permitem concluir que a melhor técnica a ser aplicada em cada caso em particular, deva ser avaliada pelo profissional de odontologia, conforme suas necessidades de diagnóstico.

Imagens de baixo contraste devem ter suas bordas realçadas para permitir um melhor desempenho de detectores de bordas, tanto convencionais como pelo proposto neste trabalho. A grande dificuldade, no entanto, é a determinação, em todos os casos, de níveis de "threshold" que realmente contribuam para a segmentação de partes de interesse sem degradar a imagem final. Esforços devem ser realizados no sentido de se obter métodos de determinação de "threshold" de maneira dinâmica e adaptativa para se aplicar às imagens radiológicas de baixo grau de contraste.

É viável, no entanto, a implementação a baixos custos de software e hardware de processamento de imagens radiológicas em odontologia, onde macro características devam ser observadas como ferramenta de auxílio na determinação de parâmetros.

Referências

- 1 Pratt, W.K. (1978) - "Digital Image Processing", John Wiley and Sons, New York.
- 2 Peli, T. and Malah, D. (1982) - "A study of edge detection algorithms", Computer Graphics and Image Processing 20, p.1-21.
- 3 Abdou, I.E. and Pratt, W.K. (1979) - "Quantitative design and evaluation of enhancement/thresholding edge detectors", Proc. of IEEE, 67(5), p. 753-763.
- 4 Shu, J.S.P. (1989) - "One-Pixel-Wide Edge Detection", Pattern Recognition 22 (6), p.665-673.
- 5 Costa, J.A.F. e Gonzaga, A. - "Realce de Bordas em Imagens Digitais: Uma Abordagem por Funções.", Anais do Workshop sobre Visão Cibernética, Instituto de Física de São Carlos, USP, São Carlos, Agosto 1994, p.80.