APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS EM IMAGENS GERADAS POR ULTRA-SOM

Silva, F.J.V. e Alves, C.H.F.
Departamento de Engenharia Elétrica, CEFET/RJ
Av. Maracanã 229, 20271-110, Rio de Janeiro, RJ, Brazil
caique@cefet-rj.br e f_vargas@ig.com.br

Resumo: *O uso do ultra-som na Medicina vem crescendo nas últimas décadas tornando-o um instrumento importante para o diagnóstico de patologias. Imagens geradas pelo ultra–som têm melhorado de qualidade com auxílio de técnicas de processamento digital. Esta melhora e, o fato de ser um exame não invasivo e sem efeitos colaterais, tem contribuído para sua utilização em exames pré-natais, bem como na determinação de patologias em órgãos humanos. Uma boa visualização do contorno de um órgão, por exemplo, pode conduzir a diagnósticos como o aumento ou a diminuição de seu volume, deslocamentos, etc...*

Este trabalho baseia-se na aplicação técnicas de processamento de imagem digital, gerada por ultra-som, em rins humanos. Teve como objetivo principal destacar o contorno de imagens utilizando-se operadores conhecidos. Para realçar o contorno, a nitidez e o formato do órgão aplicou-se diretamente sobre a imagem do rim direito os detectores de bordas Robert, Sobel, Prewitt e Canny. Para comparação destes operadores a partir de uma imagem de mesma amplitude, as imagens foram equalizadas ao longo de uma escala de cinza. Concluiu-se que o operador de Canny apresentou um melhor resultado na detecção do contorno do rim do que os outros operadores.

Palavras-chave: Ultra-som, processamento digital de imagem, operadores, detectores de borda.

Introdução

O diagnóstico médico, nos últimos tempos, se tornou mais preciso a partir do momento em que a medicina passou a trabalhar integrada à outras áreas do conhecimento humano como Engenharia, Física e Matemática.

Com a melhora na qualidade das imagens geradas por ultra-som e por este ser um exame sem efeitos colaterais ele tem sido bastante utilizado para diagnósticos de patologias em órgãos do aparelho digestivo.

Com o objetivo de estudar variações em imagens geradas por ultra-som este trabalho utiliza os quatro detectores de bordas mais conhecidos e aplica-os em imagens do rim humano.

Os resultados mostraram que a técnica tem potencial para diagnosticar formas diferenciadas que por ventura apareçam em imagens conhecidas e pode ser aperfeiçoada para facilitar o trabalho médico no diagnóstico de patologias.

Detectores de Bordas

Os detectores de bordas utilizados neste trabalho (Roberts, Prewitt, Sobel e Canny) são conhecidos também como filtros por derivadas, pois é o método mais comum de diferenciação utilizado em processamento de imagem.

Uma importante função escalar é a magnitude gradiente, dada por:

$$\left(|\nabla f(x,y)|\right)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \quad (1)$$

Conforme [1], a utilização da função magnitude gradiente na detecção de bordas é computacionalmente muito cara. O que se faz na prática é aproximação da equação acima para a forma:

$$\nabla f(x,y) = \max[|f(x,y)-f(x+1,y)|+|f(x,y)-f(x,y+1)|]. \quad (2)$$

Isto é, a máxima diferença absoluta entre “pixels” vizinhos nas direções vertical e horizontal. Geralmente a gradiente magnitude é alta na borda e baixa no interior da região o que possibilita à determinação do contorno de uma imagem.

Operador de Roberts

Roberts [1] mostrou que as equações acima podem ser implementadas por máscaras de tamanho 2x2, e são chamadas de operadores cruzados de gradientes de Roberts e estão representadas na figura1.

1	0
0	-1

0	1
-1	0

Figura 1 – operadores de Roberts.

A soma de todos os coeficientes da máscara é igual a zero, como também, a soma das diagonais.
Já em regiões em que os pixels estão situados entre duas fronteiras o resultado do operador é diferente de zero, dando origem à borda ou contorno da região.

Operador de Prewitt

Conforme [1], máscaras de tamanhos pares como à de Roberts são mais difíceis de serem implementadas. O operador de Prewitt é uma máscara de tamanho 3x3, utilizada na detecção de bordas de regiões de imagem e seu princípio de detecção é o mesmo utilizado pelo operador cruzado de Roberts, ou seja, para os pixels situados no interior das regiões de valor constante o valor de R é igual a zero, nas fronteiras ou bordas da imagem o valor de R é diferente de zero.

Atuam em vizinhanças de tamanho 3x3, e podem ser utilizadas em aproximações como a mostrada na equação 3.

$$\nabla f = \left| (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \right| + \left| (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \right| . \quad (3)$$

A figura 2 mostra os operadores de Prewitt nas direções horizontal e vertical respectivamente:

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

-1	0	-1
-1	0	1
-1	0	1

Figura 2 – Operador de Prewitt.

A diferença entre a terceira e a primeira linha da região 3x3, aproxima a derivada na direção x, e a diferença entre a terceira e a primeira coluna aproxima a derivada na direção y.

Operador de Sobel

O detector de bordas de Sobel tem como objetivo destacar bordas de uma imagem no sentido horizontal e vertical. Está baseado na aproximação de Sobel para a derivada retornando a borda onde o gradiente é máximo.

A desvantagem deste método é que o deslocamento da máscara é realizado ou no eixo horizontal (eixo X) ou no eixo vertical (eixo Y), ou seja, só detecta bordas nas duas direções.

Na figura 3 apresenta-se o operador de Sobel na direção horizontal.

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

Figura 3 - operador de Sobel na direção horizontal Gx.

A figura 4 mostra o operador de Sobel na direção vertical.

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

Figura 4 – operador de Sobel na direção vertical Gy.

O princípio de atuação do operador de Sobel é semelhante aos operadores descritos anteriormente, ou seja, nas regiões onde os valores são constantes a resposta do operador no local é zero.

Operador de Canny

Em 1986, foi desenvolvido por J. Canny um algoritmo para detecção de bordas baseado na utilização de um operador gaussiano, é a técnica apontada por alguns autores como a que apresenta resultados mais consistentes na determinação de contornos de regiões.

O Operador de Canny trabalha com base em 3 critérios ótimos para localização de contornos: mínima probabilidade de detecção de múltiplas bordas; boa localização, isto é, mínima possibilidade de erro na detecção dos pontos pertencentes à borda verdadeira; e detecção de uma única borda, ou seja, se houver duas respostas uma delas é considerada falsa.

Para implementação do algoritmo são necessários 4 estágios principais que atuam sobre uma imagem segmentada:

1. suavização (*smoothing*) com o filtro gaussiano;
2. computação do gradiente;
3. não eliminação da máxima amplitude do gradiente (*non-maximum suppression*); e
4. limiarização (*thresholding*).

A seguir o operador gaussiano e sua respectiva derivada em uma dimensão:

$$G_\sigma = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{x^2/2\sigma^2} \quad (4)$$

$$G_{\sigma}^{'} = (-\frac{x}{\sigma^{2}})\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}e^{-x^{2}/2\sigma^{2}} \qquad (5).$$

Onde δ é o desvio padrão e x é representado através de coordenadas polares.

A suavização é realizada pela convolução do operador gaussiano com o sinal de entrada, conseguindo-se a redução ou atenuação das altas freqüências existentes na imagem. O filtro gaussiano tem a vantagem de atuar nas freqüências da imagem de uma forma suave.

Após a suavização, é realizada uma diferenciação e em seguida uma convolução do filtro gaussiano com a imagem de entrada, onde são determinados os gradientes de cada região e as respectivas bordas nas direções horizontal ou vertical mesmo na presença de ruídos.

A etapa seguinte no método de Canny é localizar o gradiente de maior amplitude da imagem, de forma a minimizar o número de indesejáveis bordas da região, o procedimento é feito por uma técnica chamada de "não máxima supressão" que atua reduzindo a espessura dos contornos de um pixel.

O último passo na técnica de Canny é a limiarização. Normalmente os detectores de bordas trabalham com apenas um limiar T qualquer, já o operador de Canny utiliza dois limiares, um de alta e um de baixa. Se o valor de uma borda ultrapassa o limiar de alta este é imediatamente aceito, enquanto se o valor for menor que o limiar de baixa o mesmo é rejeitado. Para os valores de bordas situados entre os dois limiares serão aceitos os pixels que estiverem conectados de forma a se obter uma boa resposta.

A vantagem deste procedimento é que mais pontos são conectados facilitando a determinação de contornos e dando maior consistência aos resultados obtidos com a técnica.

Como ao segmentar uma imagem, a mesma fica dividida em regiões (R), com características comuns, as máscaras ao percorrerem os pixels destas regiões operam com valores de uma e de outra. Nos pontos localizados no limite das regiões o valor de R é diferente de zero. Com base neste princípio os contornos ou bordas ficam delineados pelo operador.

Metodologia

O processamento das imagens teve como único objetivo destacar os contornos dos órgãos. Para isso utilizou-se dois métodos de aplicação de técnicas de processamento. No primeiro aplicou-se diretamente sobre a imagem rim direito os detectores de bordas. No segundo; sobre as imagens geradas, aplicou-se uma técnica de clareamento, para depois aplicar os detectores de bordas. Em ambos utilizou-se o software MatLab 6.5.

Resultados

A figura 5, apresenta o resultado da aplicação do operador de Roberts sobre a imagem rim direito.

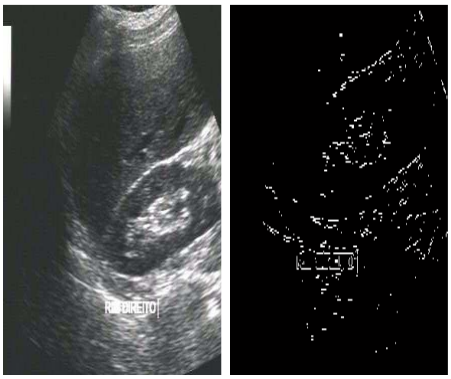

Figura 5- Rim direito e o resultado para o operador de Roberts.

Na figura 6, apresenta-se o resultado da técnica de Canny sobre a imagem rim direito.

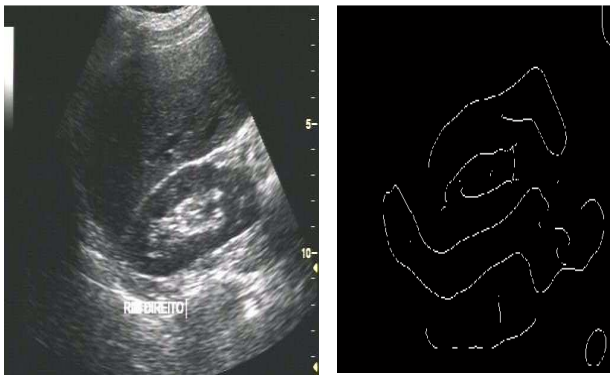

Figura 6 – Rim direito e o resultado para o operador de Canny.

Na figura 7, apresenta-se o resultado do operador de Prewitt sobre a imagem rim direito.

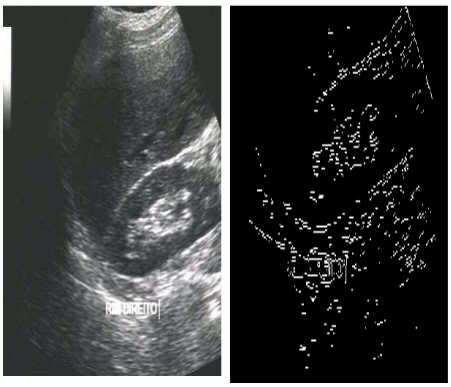

Figura 7 Rim direito e o resultado para o operador de Prewitt.

Na figura 8, apresenta-se o resultado do operador de Sobel sobre a imagem rim direito.

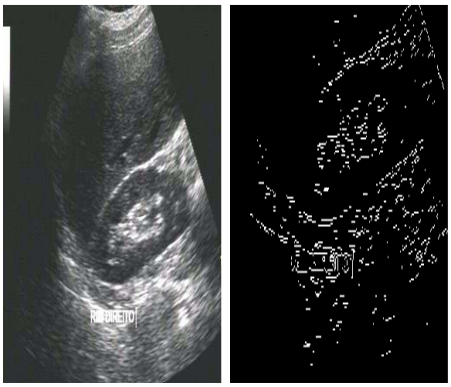

Figura 8 –Rim direito e o resultado para o operador de Sobel.

Na segunda parte compara-se os resultados obtidos para o rim direito pela aplicação dos operadores com a equalização da imagens ao longo da escala (0 a 255) Esta técnica tem por objetivo uma melhor distribuição da concentração das tonalidades de cinza. O efeito é um clareamento da mesma tornando-a mais nítida, o que a princípio implicaria numa melhor detecção das regiões que compõem a imagem. A seguir aplica-se os detectores de bordas.

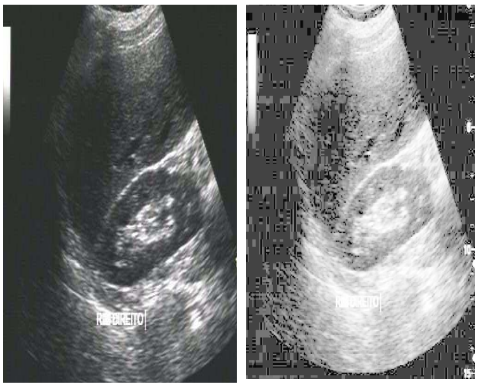

Figura 9 –Rim direito e o resultado par a equalização do histograma de cinza da imagem.

A seguir o resultado obtido com o operador de Roberts sobre a imagem rim direito.

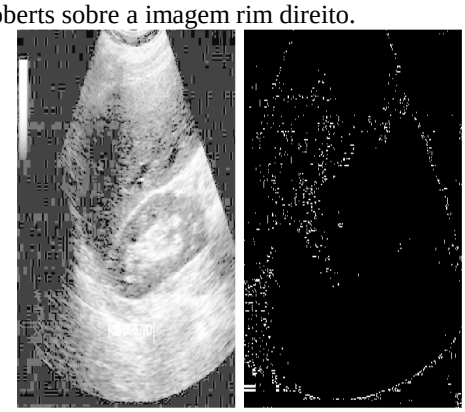

Figura 10 – **I**magem clareada e o resultado para o operador de Roberts.

A figura 11, mostra o resultado do operador de Prewitt sobre a imagem rim direito clareada.

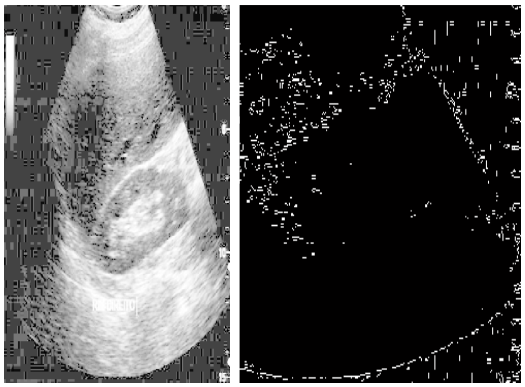

Figura 11 – **R**im direito e o resultado para o operador Prewitt sobre a imagem clareada.

A figura 12, mostra o resultado da aplicação do operador de Sobel sobre a imagem rim direito.

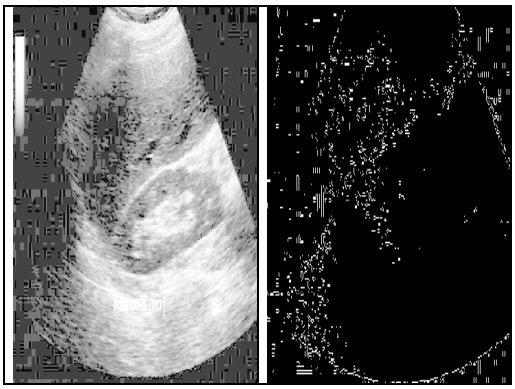

Figura 12 – Rim direito e o resultado para operador de Sobel.

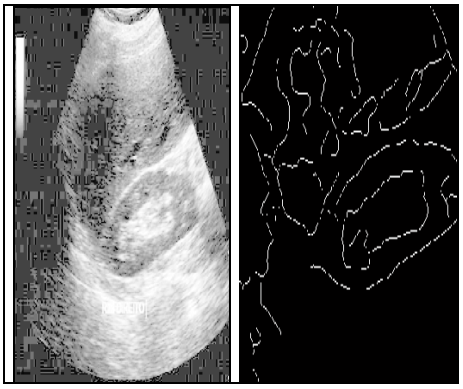

Figura 13 – **R**im direito clareado e o resultado para o operador de Canny.

A figura 13, mostra o resultado do operador de Canny sobre a imagem rim direito.

Discussão

Conforme pode-se observar para a primeira parte do trabalho o operador de Canny demonstrou melhor desempenho quando comparado com os demais (Roberts, Sobel e Prewitt).Verifica-se, nas figuras 5, 7 e 8 o aparecimento de vários pontos difusos não delimitando o contorno esperado.

Com a tentativa de realçar os contornos utilizou-se a técnica de equalização antes da aplicação dos detectores de borda.. Esperava-se um melhor desempenho para os operadores de Roberts, Sobel e Prewitt, o que não foi percebido pelas figuras 10, 11 e 12. A região da imagem onde aparecia anteriormente pontos, ficou escurecida, sem evidência de um possível contorno. Novamente o operador Canny demonstrou melhor eficiência

Conclusão

Diante dos resultados pode-se concluir:

1- o operador de Canny detecta mais pontos do que os outros operadores utilizados nesse trabalho e apresenta melhor resultado na detecção dos contornos do rim do que os outros operadores embora, não se possa garantir sempre um melhor efeito.

2- os operadores de Roberts, Sobel e Prewitt apresentam resultados similares, não implicando que sempre resultará em fracasso em termos de visualização dos contornos dos órgãos [4].

3- os operadores podem ser utilizados como ferramenta na melhoria da imagem final gerada por ultra-som, uma vez que detectam o contorno do órgão, facilitando o diagnóstico de algumas patologias.

Referências

[1] GONZALEZ, R.C. e WOODS, R.E., *Processamento De Imagens Digitais;* São Paulo (SP), Editora Edgard Blücher Ltda., 2000.

[2] CASTLEMAN, K. R.; *Digital Image Processing*, New Jérsey (USA), editora: Prentice Hall, 1996.

[3] CANNY J.; "A Computacional Approach to Edge Detection to Edge Detection"*; artigo IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Inteligence*, vol PAMI-8, pp 679-698, 1986.

[4] SILVA, F.J.V. (2005), *Aplicação de técnicas de processamento de imagem digital em imagens geradas por ultra-som.* Tese de Mestrado, Programa de Pós graduação em Tecnologia CEFET-RJ, Rio de Janeiro (RJ), 98 p.,2005