

Estudo Comparativo das Técnicas de Segmentação de Microcalcificações em Imagens Mamográficas

Ricardo Luiz Villela, Annie France Frere Slaets; Paulo M. Azevedo Marques; Homero Schiabel, Rogério Volpon Florian, Ricardo José Ferrari

Depto. De Engenharia Elétrica - EESC/USP
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - 13560-250 - São Carlos (SP)
E-mail: rvillela@peterpan.sel.eesc.sc.usp.br

Resumo - No intuito de comparar os resultados apresentados na literatura de várias técnicas de segmentação de microcalcificações mamográficas, selecionamos as técnicas que aparentemente apresentavam os melhores resultados a saber: 'threshold', crescimento de região e filtros gaussianos combinados com operadores morfológicos. Processamos as imagens, de um mesmo banco de dados, digitalizadas com o mesmo dispositivo e comparamos os resultados obtidos. Além disso baseados nesta comparação desenvolvemos um algoritmo híbrido que aproveita partes das técnicas mais eficientes apresentadas, para segmentar as microcalcificações com um desempenho superior.

Abstract - To compare the results of various mammographic microcalcifications segmentation techniques presented in the literature, we selected which apparently provide the best results: threshold, region growing and gaussian filters combined with morphological operators. We processed the digitized images of the same data base and compared the achieved results. Furthermore, based in this comparison, we developed one hybrid algorithm that takes advantage of parts of the more efficient techniques presented, to segment the microcalcifications with a superior performance.

Introdução

A detecção das microcalcificações, indício importante para o diagnóstico do câncer mamário, é baseada, na maioria das vezes, nas técnicas de segmentação que separam os objetos a serem processados das demais estruturas presentes nos mamogramas. Entretanto é muito difícil avaliar o desempenho de cada método já que os próprios autores reconhecem ser difícil comparar os resultados alcançados por suas pesquisas com as demais devido ao emprego tanto de equipamentos e procedimentos diversos para digitalizar e armazenar os mamogramas quanto de base de dados diferentes. Portanto, no intuito de comparar os resultados obtidos e apresentados isoladamente na literatura, selecionamos as técnicas que aparentemente apresentavam os melhores resultados a saber: 'threshold', crescimento de região e filtros gaussianos combinados com operadores morfológicos. Processamos as imagens, de um mesmo banco de dados, digitalizadas com a mesma técnica e comparamos os resultados obtidos.

Além disso baseados nesta comparação desenvolvemos um algoritmo híbrido que aproveita partes das técnicas mais eficientes apresentadas, para segmentar as microcalcificações com um desempenho superior.

Metodologia

Três métodos para segmentação foram avaliados neste trabalho. O primeiro, proposto por Nishikawa e outros¹, é composto de quatro estágios: um pré-processamento inicial denominado imagem diferença com o objetivo de incrementar a relação sinal ruído da imagem; um 'threshold' global para eliminar as estruturas de fundo seguido por um conjunto de operadores morfológicos que rejeitam sinais menores que três pixels e, por último, um 'threshold' local baseado no contraste dos sinais em relação a sua vizinhança para eliminar os sinais falso-positivos remanescentes.

O segundo método foi apresentado por Shen e outros² e é baseado em uma técnica de crescimento de região que emprega um fator de tolerância para decidir quais pixels devem ser adicionados a esta. Inicialmente os autores calculam o valor médio da imagem inteira e selecionam os pixels cujos valores são muito maiores que esta média. Estes pixels são empregados como sementes. Para cada semente efetua-se o crescimento de região com diversos valores de tolerância variando de 0.01 a 0.40 utilizando um passo dado pelo inverso do valor do pixel semente. Um conjunto de características incluindo solidez, centro de gravidade e tamanho é calculado para cada região obtida com cada valor de tolerância. A distância normalizada entre os conjuntos de características das regiões obtidas com sucessivos valores de tolerância é determinada. O conjunto que apresentar a menor distância é

selecionado como conjunto final. As regiões obtidas somente foram consideradas pelos autores como sinais verdadeiros quando apresentavam uma área entre 5 e 2500 pixels e contraste em relação a vizinhança maior que 0.20.

O último método foi proposto por Dengler e outros³. Ele possui três etapas. Na primeira os sinais são detectados através do emprego de dois filtros gaussianos, sendo que o primeiro elimina as estruturas de fundo do mamograma, enquanto o segundo efetua a detecção dos sinais através da diferença ponderada de dois filtros Gaussianos. Nesta fase os sinais são detectados porém a sua forma original é distorcida por esta operação. Por isso na segunda etapa os autores empregam uma operação morfológica denominada transformação 'TopHat' para obter a forma dos sinais. Na última fase os resultados dos dois passos acima são combinados através de uma outra operação morfológica denominada 'CThickening'.

Implementamos portanto as técnicas acima descritas e digitalizamos um conjunto de mamogramas e radiografias de 'phantoms' empregando um digitalizador UMAX modelo UC 1260, com uma resolução de 600 DPI e 256 níveis de cinza. Processamos estas imagens e comparamos os resultados. Desta comparação observamos que o método de pré-processamento desenvolvido por Nishikawa e outros¹ apresentava o melhor desempenho e o método de segmentação de Shen e outros² preservava melhor as microcalcificações. Portanto resolvemos implementar um sistema híbrido que realiza o pré-processamento com a técnica da imagem diferença¹, a segmentação com o método de crescimento de região multitolerância² e uma operação morfológica de erosão, e comparar os resultados obtidos por ele com os demais.

Resultados e Discussão

Escolhemos imagens que apresentavam uma baixa relação sinal ruído e os primeiros resultados obtidos foram piores que os apresentados nas publicações. Portanto ajustamos os parâmetros dos métodos baseados em 'threshold'¹ e crescimento de região² para as imagens com menos contraste. Para o algoritmo baseado em filtros gaussianos e morfologia matemática os dados, fornecidos pelos autores, foram insuficientes para realizar uma adaptação adequada.

Provavelmente por isso este método apresentado por Dengler e outros³ mostrou a menor taxa de detecção, 34.52% com 0.33 sinais falso-positivos por imagem. O algoritmo proposto por Shen e outros² alcançou uma taxa de detecção de 52.95% e 3.44 sinais falso-positivos por imagem. O primeiro método, desenvolvido por Nishikawa e outros¹, obteve uma detecção de 67.59% contra

uma taxa falso-positiva de 3.93 sinais por imagem. O novo algoritmo proposto neste trabalho atingiu uma detecção de 89.97%, e uma taxa de 7.44 sinais falso-positivos por imagem.

Conclusão

Pela observação dos resultados obtidos com a nossa base de dados podemos concluir que dos métodos apresentados na literatura o baseado em 'threshold'¹ permite detectar uma porcentagem maior de microcalcificações embora com uma taxa de sinais falso-positivos superior. O novo método proposto apresenta uma detecção de microcalcificações superior, entretanto o número de falso-positivos é mais alto. Isto indica que estes dois últimos métodos são mais adequados para imagens de baixo contraste, como é o caso de muitos mamogramas obtidos no Brasil.

Além disso, métodos com alta sensibilidade podem ter sua eficiência incrementada com a adição de técnicas para eliminação de sinais falso positivos, tornando-os definitivamente melhores que os métodos de baixa sensibilidade.

Agradecimentos

Este projeto teve apoio financeiro de CAPES, FAPESP e PADCT.

Referências

¹NISHIKAWA, R.M.; JIANG, Y.; GIGER, M.L.; DOI, K.; VYBORNÝ, C.J.; SCHMIDT, R.A. **Computer-aided detection of clustered microcalcifications.** Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (Chicago), p. 1375-1378, 1992.

²SHEN, L.; RANGAYAN, R.M.; DESAUTELS, J.E.L. **Detection and classification of mammographic calcifications.** International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, v. 7(6), p. 1403-1416, 1993.

³DENGLER, J.; BEHRENS, S.; DESAGA, J.F. **Segmentation of microcalcifications in mammograms.** IEEE MI, v. 12(4), p. 634-642, 1993