

Aplicação de Descritores de Haralick para Caracterização de Padrões Radiológicos de Doenças Pulmonares Difusas em Tomografia Computadorizada de Alta Resolução

Helder K. Shimo¹, Juliana P. Souza², Renato F. Bulcão-Neto³,
Paulo M. Azevedo-Marques⁴

¹Departamento de Física e Matemática (DFM), Universidade de São Paulo (USP)
CEP 14.040-901, Ribeirão Preto-SP, Brasil

^{2,4}Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC,
Universidade de São Paulo (USP), CEP 13.566-590, São Carlos-SP, Brasil

³Innolusion Sistemas de Informática Ltda., CEP 14.051-140, Ribeirão Preto-SP, Brasil

³Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG),
CEP 74.001-970, Goiânia-GO, Brasil

shimo.ken@gmail.com, jupsouza@usp.br, renato@inf.ufg.br,
pmarques@fmrp.usp.br

Abstract. *This paper describes an ongoing work on the usage of Haralick's statistical attributes for the characterization of radiological patterns of diffuse lung diseases in High Resolution Computed Tomography. Initial results indicate that Haralick features have good potential to separate normal and abnormal radiological patterns, which suggests the applicability for detection and segmentation of suspect lung regions.*

Resumo. *Este artigo descreve um trabalho em andamento sobre a aplicação de atributos estatísticos de Haralick para a caracterização de padrões radiológicos de lesões difusas de pulmão em Tomografia Computadorizada de Alta Resolução. Após a análise dos resultados obtidos, conclui-se que os descritores de Haralick apresentam bom potencial para a separação dos padrões radiológicos normal e não-normal, o que sugere aplicabilidade para a detecção e segmentação de regiões pulmonares suspeitas.*

1. Introdução

Atualmente, mais de cento e cinquenta doenças podem ser englobadas no grupo das Doenças Pulmonares Difusas (DPDs) com características clínicas, radiológicas e funcionais muito semelhantes [Depeursinge et al. 2007]. Pesquisas no desenvolvimento de sistemas de apoio ao diagnóstico para a classificação de DPDs, como em Azevedo-Marques et al. [2006] e Kim et al. [2009], frequentemente utilizam atributos de textura para caracterizar as imagens devido ao seu caráter difuso [Pessotti 2008].

Duas classes de exames são geralmente utilizadas para diagnosticar DPDs: Raio-X e Tomografia Computadorizada de Alta Resolução (TCAR). O exame de Raio-X, embora tenha as vantagens de baixo custo e baixa exposição do paciente a radiação ionizante, comparado ao TCAR, apresenta diversas limitações como interferência de

estruturas de fundo (e.g. ossos da caixa torácica), ou baixa sensibilidade a variações sutis entre os padrões [Azevedo-Marques et al. 2006]. Em decorrência disto o TCAR é mais indicado para diagnosticar DPDs [Mathieson et al. 1989; Grenier et al. 1991]. Porém, este gera uma quantidade muito grande de imagens (cortes) que devem ser analisadas pelo radiologista no processo de avaliação e tomada de decisão diagnóstica.

Para a manipulação de grandes quantidades de informação, é conveniente a aplicação de sistemas computacionais que permitem seu processamento em um tempo relativamente curto. O processo diagnóstico apoiado por um sistema computacional é chamado Diagnóstico Auxiliado por Computador (*Computer Aided Diagnosis – CAD*).

Uma abordagem que abrange o CAD é a recuperação de imagens baseada em conteúdo (*Content-Based Image Retrieval – CBIR*) que utiliza uma representação de imagens baseada em medidas de propriedades inerentes, como cor, textura e forma, e busca automatizar o processo de indexação e recuperação em uma base de imagens, fornecendo assim, aquelas relacionadas à imagem de busca ou referência, através dos atributos extraídos das imagens [Müller et al. 2004]. Contudo, apesar dos esforços em pesquisas, a precisão da recuperação dos algoritmos CBIR atuais é limitada.

Neste contexto, o presente artigo apresenta resultados iniciais de uma pesquisa voltado para o desenvolvimento de um sistema CBIR que utiliza atributos de textura baseados no método de *Haralick* [Haralick et al. 1973] para caracterização automatizada de regiões pulmonares suspeitas de conter lesões difusas em imagens de TCAR.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho se apóia em um sistema CBIR que se encontra em estágio de contínuo desenvolvimento. A execução deste sistema inclui quatro etapas distintas: coleta, pré-processamento, indexação e processamento, e consulta.

Na primeira, imagens podem ser coletadas a partir de repositórios locais e remotos, incluindo servidores PACS (*Picture Archiving and Communication Systems*) [Marsh 1997]. Estas imagens podem seguir o padrão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), ou os tradicionais formatos de imagens, como o JPEG e PNG. Para cada imagem coletada e armazenada em banco de dados, a etapa de pré-processamento realiza a extração de características de textura, denominadas descritores de *Haralick*. Foram utilizados cinco descritores, a saber: entropia, contraste, variância, correlação e homogeneidade [Haralick et al. 1973].

Em seguida, a etapa de indexação e processamento indexa os vetores de características calculados na etapa anterior em uma estrutura de método de acesso métrico, denominado *SlimTree* [Traina Júnior et al. 2000]. Nesta etapa, é calculado também o grau de similaridade entre as características extraídas através da função de *Distância Euclidiana*, função mais comum para medir a distância entre dois pontos em espaços multidimensionais [Qian et al. 2004]. Por fim, a etapa de consulta se baseia em *Abrangência* [Ciaccia et al. 1997], o que permite que o usuário forneça parâmetros para a realização da busca por similaridade, como a imagem de busca/referência e o valor do raio de abrangência.

O experimento relatado neste trabalho apresenta os resultados das consultas geradas pelo CBIR, através de uma base de 147 imagens de doenças pulmonares difusas

classificadas em *honeycombing*, *emphysematous*, *ground-glass*, *consolidation*, *micronodules*, *normal* e *reticular-linear*. Apesar do número de amostras ser pequeno, elas foram selecionadas por um médico radiologista especialista no assunto para garantir a representatividade dos padrões radiológicos existentes nas lesões difusas de pulmão.

O experimento foi realizado em três etapas: inicialmente, foi definido o melhor valor do raio de abrangência para cada classe de imagem; o melhor raio considerado é aquele que retorna de 15 a 20 imagens (dados utilizados na prática clínica). A segunda etapa consistiu em integrar as imagens referentes às classes de lesões em uma única classe de anormalidade (não-normal), e avaliações foram feitas sobre as classes normal e não-normal. Por fim, realizou-se uma coleta de amostras da classe definida como não-normal, para que ambas (normal e não-normal) tivessem a mesma quantidade de imagens. Conseqüentemente, novas consultas e avaliações foram feitas. Para estas avaliações, utilizou-se a medida de precisão [Shang e Li 2002], que é definida como a porcentagem de imagens relevantes recuperadas, isto é, de mesma classe da imagem de busca/referência.

3. Resultados

Como resultados positivos, a segunda etapa do experimento apresenta que a classe não-normal pode ser entendida como a indicação de um bom potencial para a detecção automatizada de regiões pulmonares suspeitas de conter lesões difusas em imagens de TCAR de tórax, dado que a média de precisão da classe foi de 85,9% com desvio padrão de 13,06%. A Tabela 1 apresenta os resultados dessa etapa.

Tabela 1. Resultados da segunda etapa do experimento.

Classe	Média	Desvio Padrão	Quantidade de Imagens
normal	42,2%	21,9%	27
não-normal	85,9%	13,6%	120

Para diminuir um possível viés no desempenho do sistema em função do desbalanceamento da quantidade de imagens nas classes normal e não-normal da base exibido na Tabela 1, a terceira etapa do experimento foi conduzida a partir de uma base balanceada em relação ao número de amostras das classes normal e não-normal, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da terceira etapa do experimento.

Classe	Média	Desvio Padrão	Quantidade de Imagens
normal	42,2%	21,9%	27
não-normal	86,2%	15,7%	27

Pelos resultados da Tabela 2, conclui-se que o desbalanceamento do número de amostras não interferiu de forma significativa no processamento do sistema. Isto se deve provavelmente ao fato das amostras da base serem realmente representativas dos padrões radiológicos, o que possibilita a generalização dos resultados obtidos de forma independente do número de amostras testado.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Foram apresentados os resultados iniciais de um trabalho em desenvolvimento voltado para a caracterização de lesões difusas de pulmão em imagens de tomografia computadorizada de alta resolução, dentro do escopo de implementação de um sistema

de CBIR. Os atributos de textura mostraram-se eficientes para a separação de regiões normais de regiões não-normais (apresentando padrões radiológicos associados às doenças pulmonares difusas) com bom potencial para possibilitar a detecção e segmentação automática de regiões pulmonares suspeitas.

Embora o acerto da classe normal tenha sido somente de 42,2% em média, o acerto da classe não-normal foi de 85,9% em média. Isso mostra que os atributos de texturas têm alta sensibilidade para reconhecimento de regiões suspeitas (não-normais), porém, com baixa especificidade. Entretanto, no diagnóstico médico o erro crítico é o falso negativo, ou seja, o mais importante a priori é garantir uma alta sensibilidade para reconhecimento de anormalidades. A limitação com relação à baixa sensibilidade pode ser solucionada incluindo-se mais uma etapa de classificação que utilize regras de classificação específica para redução do número de falso positivo.

Como trabalhos futuros, pretende-se implementar novos extratores de textura, incluindo atributos espectrais para possibilitar a diferenciação entre os padrões da classe não-normal, bem como implementar um algoritmo de detecção e segmentação de regiões suspeitas com base nos extratores descritos nesse trabalho.

Agradecimentos

Às agências CAPES, CNPq (557976/2008-1) e FAPESP (05/60038-5, 06/58984-2).

Referências

- Azevedo-Marques, P. M., Tahoces, P., Iglesias, I. (2006) "Automated characterization of interstitial lung disease on poster-anterior chest radiographs". *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, p. 350-352.
- Ciaccia, P., Patella, M. and P. Zezula. (1997) "M-tree: An Efficient Access Method for Similarity Search in Metric Spaces". In: *23rd International Conference on Very Large Data Bases*, p. 426-435.
- Depeursinge, A., Müller, H. and Hidki, A. (2007) "Image-based Diagnostic Aid for Interstitial Lung Disease with Secondary Data Integration", *Progress in Biomedical Optics and Imaging*, p. 1-12.
- Grenier, P., Valeyre, D. and Cluzel, P. (1991) "Chronic Diffuse Interstitial Lung Disease: Diagnostic Value of Chest Radiography and High-resolution CT", *Radiology*, HighWire Press, p. 123-132.
- Haralick R. M., Shanmugam K. and Dinstein I. (1973) "Textural Features for Image Classification", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, IEEE Press, p. 610-621.
- Kim, N., Seo, J. B. and Lee, Y. (2009) "Development of an Automatic Classification System for Differentiation of Obstructive Lung Disease using HRCT", *Journal of Digital Imaging*, p. 136-148.
- Marsh, A. (1997) "Euromed – The Creation of a Telemedical Information Society". In: *10th IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems*, p. 86-91.
- Mathieson, J. R., Mayo, J. R. and Staples, C. A. (1989) "Chronic Diffuse Infiltrative Lung Disease: Comparison of Diagnostic Accuracy of CT and Chest Radiography", *Radiology*, HighWire Press, p. 111-116.
- Müller H., Michoux N., Bandon D. and Geissbuhler A. (2004) "A Review of Content-based Image Retrieval Systems in Medical Applications – Clinical Benefits and Future Directions", *International Journal of Medical Informatics*, p. 1-23.
- Pessotti, H. C. (2008) "Desenvolvimento de um Framework para Classificação de Doenças Pulmonares Difusas Apoiado por Técnicas de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo e Recuperação de Informação Textual", *Monografia de Conclusão de Curso*, Universidade de São Paulo.
- Qian, G., Sural, S., Gu, Y. and Pramanik, S. (2004) "Similarity between Euclidean and Cosine Angle Distance for Nearest Neighbor Queries". In: *2004 ACM Symposium on Applied Computing*, p. 1232-1237.
- Shang, Y. and Li, L. (2002) "Precision Evaluation of Search Engines", *World Wide Web Journal*, Kluwer Academic Publishers, p. 159-173.
- Traina Júnior, C., Traina, A. J. M., Seeger, B. and Faloutsos, C. (2000) "Slim-Tree: High Performance Metric Trees Minimizing Overlap Between Nodes". In: *International Conference on Extending Database Technology*, p. 51-65.