

Alinhamento Computacional de Imagens de Pedobarografia Estática e Dinâmica

Francisco P. M. Oliveira¹, João Manuel R. S. Tavares²

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI)
francisco.oliveira@fe.up.pt

²Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec),
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI)
tavares@fe.up.pt, www.fe.up.pt/~tavares

Introdução

O alinhamento de imagens, isto é, o processo de transformação de uma imagem de modo que as estruturas representadas nessa imagem passem a estar ajustadas às estruturas homólogas representadas numa segunda imagem, é uma área de grande investigação em Visão Computacional. Na área médica, por exemplo, o alinhamento de imagens tem aplicações no auxílio ao diagnóstico, na fusão de informação contida em imagens obtidas por diferentes modalidades de imagem, monitorização temporal de órgãos e patologias, em cirurgia assistida por computador, etc.

Na área da pedobarografia, o alinhamento de imagens é uma ferramenta relevante para clínicos e investigadores. Pois, após o adequado alinhamento computacional das imagens estáticas ou dinâmicas, tarefas como análise da distribuição da pressão plantar, comparação de imagens de um dado caso clínico com as imagens de casos previamente estudados, identificação automática de regiões, entre outras, ficam facilitadas e podem ser realizadas de forma automática.

Nesta apresentação serão introduzidas três metodologias computacionais automáticas de alinhamento de imagens de pedobarografia estática (alinhamento de um par de imagens) e uma metodologia de alinhamento de sequências de imagens de pedobarografia dinâmica (associadas a passadas completa). Nos ensaios realizados envolvendo imagens de diferentes pessoas e obtidas por distintos equipamentos de pedobarografia, as referidas metodologias, descritas a seguir de forma resumida, revelaram elevada precisão e robustez, além de extrema rapidez de execução.

Metodologias para pedobarografia estática

Baseada em contornos

Esta metodologia enquadra-se no grupo das abordagens de alinhamento de imagens baseadas na extracção e correspondência das estruturas representadas. Resumidamente, esta metodologia apresenta os seguintes passos [1, 2]: 1) extracção dos contornos presentes nas imagens a alinhar; 2) construção de uma matriz de afinidade entre os contornos com base nas suas características geométricas; 3) estabelecimento de correspondências entre os pontos dos contornos; 4) determinação da transformação geométrica que melhor alinha os contornos com base nas correspondências; 5) aplicação da transformação geométrica de forma a alinhar as duas imagens.

Baseada na maximização da correlação cruzada

Esta metodologia de alinhamento é baseada no alinhamento das intensidades dos *pixels* das

imagens, sendo definida para tal, uma função que quantifica a similaridade das intensidades. Assim, o objectivo deste tipo de metodologias é determinar a transformação geométrica que otimiza a similaridade das intensidades dos pixéis correspondentes.

Na metodologia implementada [3], a correlação cruzada é usada como medida de similaridade. Na determinação da transformação geométrica que otimiza esta correlação, as imagens são convertidas para o domínio das frequências usando a transformada rápida de Fourier. Seguidamente, com base nas propriedades desta transformada e no Teorema da Convolução, a transformação geométrica que maximiza a correlação cruzada é determinada de forma directa.

Baseada num modelo híbrido

Esta metodologia apresenta dois passos fundamentais [4]: 1) estabelecimento de uma transformação geométrica inicial; 2) optimização da medida de similaridade seleccionada partindo do alinhamento inicial. Na metodologia implementada, o alinhamento inicial pode ser baseado no alinhamento dos contornos representados [1-2] ou na maximização da correlação cruzada no domínio das frequências [3]. Seguidamente, a transformação geométrica inicial é usada como entrada num algoritmo de optimização multidimensional que procura pelos parâmetros da transformação geométrica que otimiza a medida de similaridade seleccionada (por exemplo, média dos quadrados das diferenças, informação mútua ou ou-exclusivo).

Metodologia para pedobarografia dinâmica

Esta metodologia tem por objectivo o alinhamento espacial e temporal de sequências de imagens de pedobarografia dinâmica. Simplificadamente, a metodologia começa por determinar um modelo do pé representado em cada uma das sequências. Posteriormente, determina a transformação geométrica espacial que melhor alinha tais modelos. Por seu lado, o primeiro alinhamento temporal é determinado com base nos centróides temporais das sequências. A transformação geométrica que alinha os modelos dos pés e a transformação que alinha os centróides temporais são posteriormente utilizadas como entrada para um algoritmo de optimização que, partindo das transformações iniciais, procura optimizar a medida de similaridade seleccionada. A transformação espacial-temporal que otimiza a medida de similaridade seleccionada é considerada a transformação óptima, sendo esta utilizada para alinhar as duas sequências de imagens.

Resultados e Discussão

As três metodologias de alinhamento de imagens estáticas têm revelado excelente qualidade de alinhamento, robustez e elevada velocidade de processamento (na ordem dos milissegundos num vulgar *PC*). Na base de imagens usada, a metodologia baseada num modelo híbrido apresenta um desvio máximo de cerca de duas centésimas de grau para a rotação e uma centésima de píxel para a translação. Na Figura 1, podem ser observados dois exemplos de alinhamento de imagens de pedobarografia estática.

Em relação à metodologia de alinhamento de sequências de imagens de pedobarografia dinâmica, a sua precisão é também excelente, quer em termos do alinhamento espacial, quer em termos do alinhamento temporal. O desvio espacial máximo é idêntico ao apresentado pelo modelo híbrido considerado para as imagens de pedobarografia estática.

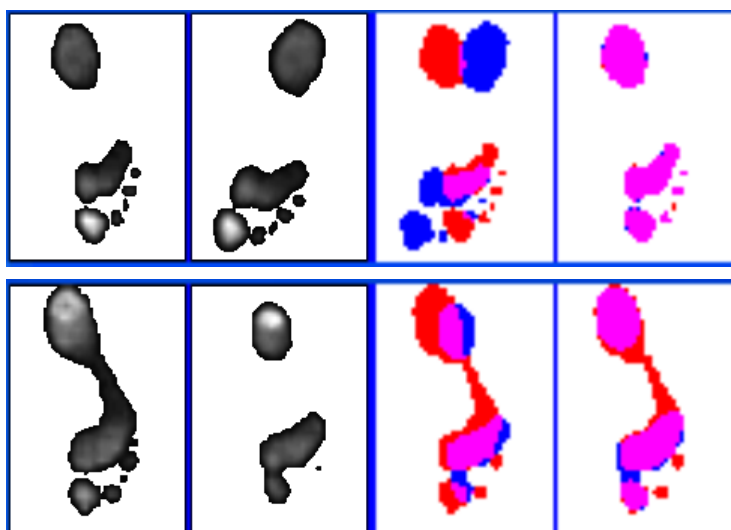


Figura 1: Alinhamento de duas imagens de pedobarografia estática de um pé (em cima) e de dois pés distintos (em baixo), da esquerda para a direita: imagem i , imagem j , imagens i e j sobrepostas antes e pós o alinhamento.

Conclusão

As metodologias computacionais resumidamente descritas podem ser usadas de forma satisfatória no alinhamento de imagens estáticas e de sequências de imagem. Relativamente a imagens de pedobarografia, quer de tapetes de pressão baseados em sensores piezoelétricos, quer de mesas ópticas baseadas no princípio da reflexão [5], as referidas metodologias revelam-se bastante promissoras, apresentando elevada exactidão, execução muito rápida e facilidade de utilização. Finalmente, deve-se notar que as metodologias computacionais apresentadas estão totalmente disponíveis para utilização e validação pela comunidade relacionada com a pedobarografia.

Agradecimento

O primeiro autor agradece à Fundação Calouste Gulbenkian a sua bolsa de Doutoramento. O trabalho apresentado tem vindo a ser desenvolvido parcialmente no âmbito dos projectos PTDC/EEA-CRO/103320/2008, UTAustin/CA/0047/2008 e UTAustin/MAT/0009/2008 financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

Referências

- [1] - F. P. M. Oliveira, J. M. R. S. Tavares (2009). Matching contours in images through the use of curvature, distance to centroid and global optimization with order-preserving constraint. *Computer Modeling in Engineering & Sciences* 43(1): 91-110.
- [2] - Oliveira, F. P. M., J. M. R. S. Tavares, T. C. Pataky (2009). Rapid pedobarographic image registration based on contour curvature and optimization. *Journal of Biomechanics* 42(15): 2620-2623.
- [3] - F. P. M. Oliveira, T. C. Pataky, J. M. R. S. Tavares (2010). Registration of pedobarographic image data in frequency domain. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering* (in press).
- [4] - F. P. M. Oliveira, J. M. R. S. Tavares (2010). Novel framework for registration of pedobarographic image data. *Medical & Biological Engineering & Computing* (submitted).
- [5] - J. M. R. S. Tavares, J. Barbosa, A. Jorge Padilha (2000). Matching Image Objects in Dynamic Pedobarography. 11th Portuguese Conference on Pattern Recognition, Porto, Portugal.