
Título: Problemas de Reconstrução de Imagem em Tomografia Dinâmica com Raios X

Title: *Image Reconstruction Problems in Dynamic X-Ray Computed Tomography*

Autor/Author: Augusto Marques Ferreira da Silva

Orientador/Advisor: J. J. Pedroso de Lima e António Sousa Pereira

Data Apresentação/Acceptance Date: 19/03/99

Palavras Chave: Tomografia, Problemas Mal-postos, Transformada de Radon, Reconstrução de Imagem

Key Words: *Tomography, Ill-posed problems, Radon Transform, Image Reconstruction*

Doutoramento/Ph.D.

Resumo

Nesta dissertação, abordam-se problemas de reconstrução de imagem a partir de projecções em casos de amostragem azimutal limitada. Entre os vários cenários em que estes problemas ocorrem, destacamos as aplicações de tomografia dinâmica com raios X. De facto, o recurso a tomógrafos convencionais tendo em vista, por exemplo, estudos da fisiologia cardio-pulmonar com elevada resolução temporal, depara, inevitavelmente, com limitações electromecânicas que inviabilizam, em primeira instância, a suficiência do conjunto do projecções (sinograma) e, consequentemente, a qualidade diagnóstica, das imagens reconstruídas a partir de tal conjunto.

Partindo do estudo da falência dos algoritmos convencionais quando aplicados perante sinogramas angularmente incompletos avaliamos várias estratégias de reconstrução que minimizassem os artefactos associados a reconstruções *mal-postas*. Todas elas exploram de alguma forma o conhecimento prévio sobre o espaço das soluções dum particular problema de reconstrução. Pela sua flexibilidade e capacidade em integrar, uniformemente, muitas fontes de conhecimento associadas ao problema, merecem relevo as técnicas de reconstrução baseadas na aplicação sucessiva de operadores de projecção ortogonal em conjuntos convexos fechados. Os resultados apontam para compromissos razoáveis entre qualidade, convergência e custo computacional desde que se recorra a restrições convexas de natureza espectral, de distância ou ainda de similitude em relação a uma imagem de referência conhecida *a priori*.

Recorrendo a estas técnicas, procurámos reconstruir uma sequência de imagens correspondentes a um estudo pulmonar dinâmico com *gating* cardíaco. Desenvolveu-se uma metodologia de filtragem no espaço e no tempo capaz de atenuar significativamente os artefactos devidos à má-postura da reconstrução. A animação dos tomogramas pós-processados permite reconstituir movimentos de natureza cardiogénica, constatar a natureza pulsátil da circulação nos vasos de maior dimensão e as curvas densitométricas em função do tempo, mostram compatibilidade com estudos sobre perfusão pulmonar efectuados com métodos de imagem cintigráficos.

Abstract

In this work we deal with problems in reconstructing images from its projections due to limited azimuthal sampling. Among the applications where this type of problems arise we focus on those related with dynamic X-ray tomography. In fact, the use of conventional tomography systems to accomplish, for example, cardio-pulmonary physiological studies with high temporal resolution, faces, inevitably, electromechanical constraints making, in a first instance, the task of building a sufficient set of projections (sinogram) virtually impossible and, consequently, compromising the diagnostic usefulness of the images therefore reconstructed from such an incomplete set.

Starting with the analysis of the factors that motivate the failure of conventional algorithms when applied to incomplete data sets we aim to evaluate several reconstruction strategies attempting to minimize the artifacts associated with those *ill-posed* reconstructions. All those strategies explore, in some way, the *a priori* knowledge, that can be gathered, about the feasible solutions space for a particular reconstruction problem. Due to its flexibility and capability to provide uniform integration of many sources of knowledge, the techniques based on the successive application of orthogonal projection operators onto closed convex sets, were elected as the most appropriate regularization tools for this kind of ill-posed inverse problems. Results point to reasonable trade-offs between image quality, convergence, and computational cost whenever the application of spectral, distance and similarity convex constraints based on a prior reference image is possible.

Relying on these techniques, we attempt to build a sequence of images comprising a dynamic pulmonary study with retrospective cardiac gating. A significant improvement in the quality of the images was achieved by a new spatio-temporal filtering technique developed in order to reduce the artifacts due to the *ill-posed* tomographic reconstruction.

With the animated sequence of tomograms it is possible to track some of the macroscopic cardiogenic movements and the pulsatile nature of blood flow at the great vessels. The pulmonary density/time curves are consistent with perfusion studies otherwise performed only with scintigraphic methods.