

TITOLO: Un nuovo modello per la ricostruzione 3D di immagini di tomografia computerizzata a fascio conico preservando la sparsità dei dati.

TITLE: A New Model for Fast Sparsity Preserving Approach to 3D Cone-Beam Computed Tomography Image Reconstruction

TUTOR: Prof. Fiorella Sgallari

ABSTRACT (english):

The use of X-ray Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) scanning has become a powerful tool for medical imaging techniques. It allows medical surgeons and radiologist assistants to diagnose patients before any treatment can be taken place. However, the CBCT concepts require high demand for computer resources to reconstruct three-dimensional (3D) models from two-dimensional (2D) images. Based on this problem, recently, Iterative Image Reconstruction (IIR) algorithms, especially Compressive Sensing (CS) based ones, have been developed for X-ray CT. As is widely known, CS based IIR algorithms can provide much higher image quality than the popular Feldkamp-Davis-Kress algorithm (FDK) under sparse views. Constrained Total Variation (TV) based models and IIR methods obtain impressive results for sparse view reconstruction in CT imaging. Although theoretical researches show that IIR approaches possess great advantages over analytical ones in image quality, it is still far from being put into practical use due to the expensive computational cost, especially for CBCT. Fast image reconstruction is often required in clinical use to reduce the waiting time for the patient. Reconstruction speed is even more critical in real-time imaging applications, such as cardiac CBCT or online therapy.

Researchers in both optimization theory and hardware acceleration have made lots of progresses, aiming at developing more robust and efficient methods. The development of TV-regularized models and optimization methods indicates that the Forward-Backward (FB) approach and the Alternating Direction Method of Multipliers (ADMM) are the ones holding the highest potential.

ABSTRACT (Italiano):

La scansione Tomografica Computerizzata a raggi X di tipo Cone-Beam (CBCT) è diventata uno strumento molto potente nell'imaging medico. Tale strumento consente a chirurghi e radiologi di analizzare i pazienti e diagnosticare le patologie prima di

effettuare qualsiasi trattamento o intervento. Tuttavia, l'analisi dei dati CBCT richiede risorse computazionali notevoli per ricostruire modelli tridimensionali (3D) da immagini bidimensionali (2D). Per risolvere questo problema, recentemente, sono stati sviluppati algoritmi iterativi di ricostruzione di immagini (IIR), in particolare quelli basati sul compressed sensing (CS), per la tomografia computerizzata a raggi X (CT). Come è noto, gli algoritmi IIR basati su CS possono fornire una qualità dell'immagine molto più elevata rispetto al popolare algoritmo Feldkamp-Davis-Kress (FDK). I modelli variazionali con termine regolarizzante a variazione totale (TV) ed i metodi IIR permettono di ottenere risultati impressionanti per la ricostruzione sparsa dell'immagine CT. Sebbene le ricerche teoriche dimostrino che gli approcci di tipo IIR presentano grandi vantaggi rispetto a quelli analitici FDK in termini di qualità della ricostruzione, sono ancora lontani dall'essere utilizzati nella pratica quotidiana a causa dell'elevato costo computazionale, in particolare per CBCT. Una ricostruzione rapida è spesso necessaria in uso clinico per ridurre i tempi di attesa per il paziente. La velocità di ricostruzione è ancora più critica nelle applicazioni mediche che richiedono una risposta in tempo reale, quali, ad esempio, la CBCT cardiaca o la terapia online. I ricercatori di tecniche numeriche per l'ottimizzazione e dell'accelerazione hardware hanno fatto molti progressi, con l'obiettivo di sviluppare metodi sempre più robusti ed efficienti. Lo sviluppo di nuovi modelli basati su regolarizzazione TV e di algoritmi per la loro minimizzazione ha portato a considerare i metodi Forward-Backward (FB) e Alternating Direction Method of Multipliers (ADMM) come quelli con le maggiori potenzialità.

DESCRIZIONE:

Obiettivo del progetto è la realizzazione di algoritmi efficienti IIR basati su ADMM, FB e metodi Primali – Duali (PD) per minimizzare nuovi modelli variazionali con regolarizzazione di tipo TV spazio-variante per la ricostruzione 3D CBCT che siano in grado di adattarsi in maniera automatica alle proprietà locali dell'oggetto ricostruito. I nuovi modelli conterranno inoltre un termine di fedeltà ai dati che preveda la possibilità di considerare un rumore nei dati acquisiti di tipo misto Poisson-Gauss (MPG). Le acquisizioni tramite CBCT a basse dosi di raggi X, infatti, possono presentare un rumore che si discosta significativamente dalla distribuzione di Poisson per i dati cosiddetti *pre-log* e dalla distribuzione Gaussiana per i dati *post-log*. MPG modella le misurazioni rumorose grezze usando una distribuzione mista di tipo Poisson-Gauss sufficientemente sofisticata da poter tenere conto sia del rumore quantico che di quello elettronico.

Verranno condotti esperimenti su dati simulati e dati reali utilizzando il software Matlab e ASTRA.

DESCRIPTION:

The objective of the project is the realization of efficient IIR algorithms based on ADMM, FB and Primal-Dual (PD) approaches for the numerical solution of new variational models based on space-variant TV regularization for 3D CBCT reconstruction. Such a regularization should allow to adapt automatically its effect according to the local properties of the reconstructed 3D object.

The new models will also contain a data-fidelity term capable of taking into consideration data noise of mixed Poisson-Gaussian (MPG) type. The CBCT raw data acquired at low X-ray dose, in fact, can be affected by noise that can deviate significantly from Poisson for *pre-log* data and from Gaussian for *post-log* data. MPG models the raw noisy measurements using a mixed Poisson-Gaussian distribution which can account for both the quantum noise and the electronic noise.

Experiments on both simulated and real data will be carried out and compared using Matlab and ASTRA software.