

Journées Signal, Image et Tomographie

LUNDI 7 ET MARDI 8 AVRIL 2008

Institut de Mathématiques de Bordeaux, Université de Bordeaux I

Méthode algébrique exacte pour la correction d'atténuation en SPECT

ELIE NASR

Institut de Mathématiques de Bordeaux, Université de Bordeaux I

Le problème typique de reconstruction d'image en SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) est de trouver la distribution $f(x, y)$ à partir des mesures $g(\theta, s)$ données par la transformation de Radon atténuée $R_{a,\theta}f$ définie par:

$$R_{a,\theta} [f](s) = \int_{\langle(x,y), \theta\rangle=s} \exp\left(-\int_0^{+\infty} a((x,y) + t\theta^\perp) dt\right) f(x,y) d\lambda_{s,\theta}(x,y) = g(\theta, s)$$

où $f(x, y)$ est une fonction qui décrit la distribution des radionucléides injectés dans le corps du patient et $a(x, y)$ le coefficient d'atténuation du tissu biologique, avec $s \in \mathbb{R}$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ et $\theta = (\cos \varphi, \sin \varphi)$.

Premièrement, nous présentons deux méthodes classiques d'inversion de la transformation de Radon (cas simplifié de la transformation de Radon atténuée). La première méthode est une méthode analytique d'inversion nommée FBP (Filtered Back-Projection) et la deuxième est une méthode itérative basée sur des outils algébriques de résolution des systèmes linéaires et notée ART (Algebraic Reconstruction Technique).

Ensuite, nous discuterons une nouvelle méthode itérative permettant de reconstruire la distribution f à partir de ses mesures atténuées dans la présence d'un coefficient d'atténuation quelconque. Cette méthode est basée sur la méthode ART classique ; elle introduit un facteur analytique exact de correction d'atténuation dans l'algorithme de reconstruction de l'ART.

Afin de tester les capacités de notre méthode à reconstruire des images en présence d'un coefficient d'atténuation quelconque et irrégulier, on expose plusieurs exemples numériques de reconstruction réalisés avec différents fantômes. En plus, on fera des comparaisons avec des résultats de reconstruction issus des méthodes algébriques classiques.

Modélisation stochastique par décomposition de type Wold

MOHAMED NAJIM ET FLAVIUS TURCU
LAPS et ENSEIRB, Université de Bordeaux I

On présente plusieurs aspects concernant la modélisation stochastique fondée sur les décompositions de type Wold des processus stationnaires mono- et multidimensionnels. Ce type d'approche implique la représentation des composantes dans une telle décomposition par des modèles différents, adaptés aux propriétés spectrales théoriques des composantes. On illustre ces aspects à travers des applications comme la reconstruction audio (1D) ou le filtrage et la synthèse des textures 2D.

Répartition des coefficients d'un signal dans deux bases distinctes

PHILIPPE JAMING
MAPMO, Université d'Orléans

Nous allons montrer qu'un signal ne peut être décomposé dans deux bases avec des coefficients petits (par exemple, si l'une des bases est la base canonique et l'autre la base de Fourier).

Structures cohérentes en turbulence bidimensionnelle

PATRICK FISCHER
MAB, Institut de Mathématiques de Bordeaux, Université de Bordeaux I

Nous montrerons au cours de cet exposé que des méthodes de traitement du signal ou d'image telles que les décompositions en paquets d'ondelettes peuvent être utilisées pour analyser des champs turbulents. Nous verrons en particulier qu'il est possible alors d'obtenir des informations sur la physique de l'écoulement à partir de ces analyses.

Des résultats obtenus sur des simulations numériques serviront de support à cet exposé.

Reconstruction d'images médicales : application à l'IRM et au scanner RX

PASCAL DESBARATS
LABRI, Université de Bordeaux I

L'idée générale est de montrer l'influence des procédés de reconstruction de l'image sur son analyse. Dans le cadre de l'Imagerie par Résonance Magnétique, l'image est acquise directement dans le plan de Fourier. Sa reconstruction par transformée de Fourier inverse peut induire des artefacts. Le propos sera illustré par des exemples de traitement de séquences de thermométrie, (mesures de température), mais aussi d'IRM fonctionnel (visant à détecter l'activité cérébrale). Dans le cadre du scanner à rayons X, il s'agira de discuter de l'efficacité de certaines méthodes de tomographie. La transformée Mojette par exemple est une transformée discrète exacte. Son application au cas concret de reconstruction d'images tomographiques nécessite de pouvoir modéliser le cheminement des rayons au travers de l'échantillon imagé.

Nouveaux algorithmes de reconstruction pour la tomographie d'émission par collimation à trous larges et longs.

CHRISTIAN JEANGUILLAUME

CHU Angers

La tomographie d'émission par collimateur à trous larges et longs a été imaginée pour améliorer la qualité des images scintigraphiques (SPECT). Cette technique utilise: un collimateur à trous plus larges et plus longs que les collimateurs usuels, un déplacement linéaire surajouté dans la séquence d'acquisition, et un algorithme original de reconstruction des images. Des simulations utilisant un algorithme de déconvolution multicanaux (C. Berenstein) en présence de bruit poissonnien ont donné des résultats encourageants notamment à grand nombre d'angles et fort taux de comptage. Les récentes acquisitions obtenues à l'aide d'un prototype expérimental ont confirmé les résultats simulés. Cependant la qualité des images à faible taux de comptage et faible nombre d'angles méritait d'être améliorée pour établir définitivement la supériorité de cette approche comparée à la tomographie avec collimateur à trous fins (SPECT). Actuellement un algorithme de déconvolution non linéaire dit "déconvolution minimale" semble améliorer grandement le rapport signal sur bruit des images reconstruites. Cet algorithme augmente également le caractère diagonal dominant du système à résoudre.

Filtrage de type Wiener en SPECT

ROMAN NOVIKOV

Laboratoire de Mathématiques Jean-Leray, Université de Nantes

Dans ce travail nous donnons, pour des données '2D' soumises à du bruit poissonnien, des formules explicites de filtrage de type Wiener, invariant par translation et optimal pour des fenêtres de lissage soumises à certaines restrictions a priori.

Nous montrons, que sous certaines conditions géométriques naturelles, ce filtre quasi optimal de type Wiener peut être approché de façon très précise, sans aucune connaissance du spectre de l'objet à déterminer. Les résultats sont étendus à des types de bruit plus généraux.

Grâce à ces résultats :

- (a) nous expliquons et justifions l'efficacité d'une méthode de filtrage '1D' de type Wiener, utilisée en SPECT (single-photon-emission-computed tomography) et en PET (positron-emission tomography) lors de reconstructions par la méthode FBP (filtered-back-projection) classique, avec ou sans itération.
- (b) nous proposons une méthode de filtrage '2D' de type Wiener quasi optimale, invariante par translation, utilisable en SPECT lors de reconstructions opérées par l'algorithme FBP généralisé basé sur la formule d'inversion explicite pour des cartes d'atténuation non uniforme.

Nous annonçons une version non invariante par translation de ce filtrage. Des exemples numériques de simulation en SPECT illustrent le filtrage '2D' présenté. Cet exposé est basé sur le travail conjoint avec J.P. Guillement (*Inverse Problems* 24, 2008, 025001, 26 pages).

Analyse convexe et analyse harmonique pour une exploration des problèmes inverses

JALAL FADILI
GREYC-ENSICAEN

Récemment, les méthodes issues de l'analyse harmonique, en l'occurrence les représentations parcimonieuses telles que les ondelettes, se sont imposées comme un cadre offrant une grande flexibilité pour résoudre de nombreux problèmes inverses en traitement d'images, tels que le débruitage, la super-résolution l'inpainting ou l'échantillonnage compressé (compressed/ive sensing).

Cet exposé se focalise sur ces représentations ainsi que sur l'alliance subtile entre la parcimonie et la redondance pour formuler sous forme d'un problème d'optimisation nombre de problèmes inverses. L'exposé traite les divers aspects théoriques qui en découlent. En particulier, les régularisations introduites dans le cadre des représentations parcimonieuses sont souvent non-différentiables voire non-convexes. On cherchera donc à convexifier le problème mais tout en le laissant non-différentiable. Nous ferons ensuite appel aux outils de l'analyse convexe pour caractériser la solution des problèmes d'optimisation obtenus. Des algorithmes rapides de résolution sont proposés et leurs propriétés de convergence établies.

A titre d'illustration, ce exposé traitera quelques d'applications typiques en traitement d'images telles que l'approximation non-linéaire, la déconvolution ou encore le compressed sensing.

Modélisation paramétrique en traitement du signal : modèles linéaires discrets appliqués à la parole, aux communications numériques et au traitement radar

ERIC GRIVEL
ENSEIRB, Université de Bordeaux I

Dans de nombreuses applications en traitement du signal, le développement d'approches paramétriques, reposant sur une modélisation a priori du signal ou du système à traiter, se révèle souvent nécessaire.

L'objet de cet exposé est de présenter l'intérêt que revêtent les modèles linéaires discrets, en l'occurrence le modèle autorégressif (AR). Après avoir détaillé plusieurs exemples d'application, notamment en traitement de la parole, nous détaillons les techniques d'estimation des paramètres AR par bloc ou récursives ainsi que leurs limites lorsque les observations disponibles sont perturbées par un bruit additif.

Nous proposons alors différentes méthodes permettant de pallier les inconvénients des approches classiques.

Un algorithme de Schur multidimensionnel et applications

IOANA SERBAN

LAPS et ENSEIRB, Université de Bordeaux I

L'algorithme de Schur et les coefficients de Schur associés jouent un rôle très important dans le contexte des modèles autorégressifs. D'une part, les paramètres de ces modèles peuvent être estimés à travers l'algorithme de Schur et les coefficients Schur, en relation avec les polynômes orthogonaux Szegö. D'autre part, l'outil standard pour tester la stabilité BIBO de ces modèles est le critère Schur-Cohn, également basé sur les coefficients de Schur. On présente une extension de la notion de coefficients de Schur en plusieurs variables, permettant à la fois l'estimation des paramètres des modèles AR n-dimensionnels et l'extension du critère Schur-Cohn en plusieurs variables.

Utilisation de métriques Riemanniennes en vision par ordinateur et en infographie

GABRIEL PEYRÉ

CNRS et CEREMADE (Université Paris-Dauphine)

Dans cet exposé, je détaillerais diverses applications du calcul de distances et de courbes géodésiques pour une métrique Riemannienne. La construction d'une métrique adaptée permet de prendre en compte des informations importantes telles qu'une densité locale (taille de la métrique) ou une direction locale privilégiée (anisotropie de la métrique). Ces informations sont importantes pour résoudre efficacement divers problèmes en vision par ordinateur et en infographie. Je présenterais tout d'abord une application au groupement perceptuel de contours. Ce problème nécessite de relier de façon perpétuellement plausible un ensemble de courbes incomplètes distribuées dans du bruit. Une métrique Riemannienne permet d'étendre à l'ensemble de l'image l'anisotropie des courbes, et une analyse du graphe de Delaunay anisotrope permet de détecter les courbes à relier. Je présenterais ensuite une application à l'échantillonnage et au maillage de domaines plans et de surfaces. La métrique Riemannienne décrit localement la taille et la forme des triangles voulues par l'utilisateur. Un algorithme de raffinement de Delaunay géodésique permet d'ajouter progressivement des points tout en garantissant des triangles de qualité se conformant à la métrique.

Il s'agit d'un travail commun avec Laurent Cohen et Sébastien Bogleux (Ceremade, Université Paris-Dauphine).

Reconstruction et analyse d'images acquises en microtomographie par rayonnement synchrotron

ZSOLT PETER, FRANCOISE PEYRIN

CREATIS-LRMN, UMR CNRS 5220, INSERM U630, INSA, Grenoble

La microtomographie (micro-CT) par rayons X, technique d'imagerie tridimensionnelle et non destructive, connaît aujourd'hui un succès considérable dans de nombreux domaines d'applications. Couplée au rayonnement synchrotron, cette technique possède des avantages supplémentaires pour réaliser des images quantitatives aux résolutions les plus élevées.

Nous présenterons les possibilités de la micro-CT par rayonnement synchrotron comparées à celles des systèmes de micro-CT standard. Nous reviendrons sur les différentes géométries d'acquisition ainsi que sur les méthodes de reconstruction tomographiques qui leur sont associées.

Des applications à l'imagerie du tissu osseux seront présentées. Nous montrerons que la micro-CT par rayonnement synchrotron permet de quantifier simultanément la microstructure et le degré de minéralisation du tissu osseux chez l'homme ou le petit animal.

Dans l'os cortical cette technique permet de distinguer des ostéons plus faiblement minéralisés. Toutefois, compte tenu du faible contraste, nous avons été amenés à développer des méthodes de débruitage et de segmentations adaptées.