

Décomposition conjointe de spectres dans des images astronomiques

Sujet

L'étude de la cinématique interne des galaxies est l'une des clés pour comprendre l'histoire et l'évolution de l'Univers. Pour cela, le spectre des galaxies est mesuré afin d'y détecter le décalage des raies du spectre induit par l'effet Doppler. Les télescopes actuels sont capables de fournir des images multispectrales, c'est-à-dire des images 3D dont la troisième dimension correspond à la longueur d'onde. Ainsi, chaque pixel de l'image multispectrale est un spectre de raies.

L'analyse des observations est, encore maintenant, effectuée visuellement ou en utilisant des procédures bas niveau. Une analyse plus fine et moins fastidieuse requiert des algorithmes performants de traitement d'image.

Le problème revient à considérer les spectres en chaque pixel comme une somme de raies paramétriques dont on cherche à estimer les paramètres (typiquement, la longueur d'onde, l'amplitude et la largeur). Les décalages des raies étant différents mais proches entre deux pixels voisins, les paramètres des raies évoluent lentement. Par ailleurs, le rapport signal-sur-bruit des images astronomiques est très faible. Pour ces raisons, il est important d'utiliser la redondance spatiale afin d'obtenir des résultats pertinents et robustes au bruit. En d'autres termes, la décomposition doit être effectuée conjointement sur tous les spectres.

La décomposition spectroscopique sera considérée comme un problème inverse. Cela ne revient pas pour autant à un problème de séparation de sources car les raies se déplacent et se déforment d'un pixel à l'autre. Un grand nombre d'études se concentrent sur la décomposition d'un unique spectre [1, 2], mais aucune approche actuelle ne permet d'effectuer la décomposition conjointe de spectres tout en prenant en compte correctement l'information spatiale. Nous avons développé depuis quelques années des approches pour décomposer conjointement une séquence de spectres de photo-électrons [3, 4] : la séquence est temporelle et donc unidimensionnelle.

Les objectifs de ce stage de deuxième année de master sont donc d'étendre les méthodes développées au contexte astronomique et aux images (séquences bidimensionnelles). Le problème sera établi dans un cadre bayésien ; l'évolution spatiale lente des raies sera modélisée à l'aide d'a priori markoviens. L'estimation sera obtenue à l'aide de méthodes MCMC (*Monte Carlo Markov chain*) comme l'échantillonneur de Gibbs [6] ou l'algorithme de Monte Carlo hybride (appelé aussi hamiltonien) [5]. L'utilisation de telles méthodes permettra d'obtenir les incertitudes sur l'estimation, ce qui demandera l'utilisation de méthodes de *label switching* [7].

Ce stage sera financé par l'Agence nationale de la recherche dans le cadre du projet DSIM (dsim.unistra.fr) ; il est susceptible de conduire à une thèse de doctorat dans le cadre du même projet.

Compétences requises

Le candidat devra avoir des connaissances solides en mathématiques et en traitement du signal et des images. La connaissance des approches bayésiennes et des méthodes MCMC sera appréciée.

Veuillez fournir un CV, une lettre de motivation et les résultats universitaires des dernières années (avec classements, le cas échéant).

Gratification

Le candidat sera gratifié suivant la réglementation en vigueur (environ 400 €/mois).

Lieu du stage

ICube (équipe MIV)
300 Bd. Sébastien Brant
CS 10413, 67412 Illkirch Cedex
France

Encadrants et contact

Vincent MAZET, Sylvain FAISAN
Tél. : 03 68 85 44 91
Mél : vincent.mazet@unistra.fr
Site web : miv.u-strasbg.fr/mazet/

Références

- [1] R. Fischer, V. Dose. Analysis of mixtures in physical spectra. Bayesian methods, p. 145–154, 2001.
- [2] S. Gulam Razul, W.J. Fitzgerald, C. Andrieu. Bayesian model selection and parameter estimation of nuclear emission spectra using RJMCMC. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, p. 492–510, 2003.
- [3] V. Mazet. « Joint Bayesian Decomposition of a Spectroscopic Signal Sequence » *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 18, n°3, pp.191-184, mars 2011.
- [4] V. Mazet, S. Faisan, A. Masson, M.-A. Gaveau, L. Poisson, J.-M. Mestdagh, « Approche bayésienne pour la décomposition conjointe d’une séquence de spectres de photo-électrons », *Traitement du signal*, vol. 30, p. 9–34, 2013.
- [5] R.M. Neal, « MCMC Using Hamiltonian Dynamics », In S. Brooks, A. Gelman, G.L. Jones, X.-L. Meng, *Handbook of Markov Chain Monte Carlo* (chapitre 5), Chapman and Hall/CRC, 2011.
- [6] C.P. Robert, G. Casella, *Monte Carlo Statistical Methods*, Springer-Verlag, 2004.
- [7] M. Stephens, « Dealing with label switching in mixture models », *Journal of the Royal Statistical Society B*, vol. 62, p. 795–809, 2000.