
Ecole doctorale: Mathématiques Télécommunications Informatique Signal Système Electronique (MATISSE)

Sujet de thèse : Réduction de la dimensionnalité et classification en imagerie hyperspectrale

L'exploitation de l'imagerie hyperspectrale pour l'aide à la décision va connaître dans la prochaine décennie un développement spectaculaire grâce à l'évolution rapide des moyens technologiques et aux besoins croissants suscités par de nombreux domaines applicatifs. La génération actuelle de capteurs d'imagerie hyperspectrale présente un intérêt scientifique, technique et économique indéniable, car elle fournit de grandes quantités d'information précise sur la nature et l'évolution spatio-temporelle des zones à analyser.

Cette technologie mature et accessible permettant d'aborder de nouvelles applications dans les domaines de l'agronomie, de l'environnement, de la sécurité militaire et civile, de la sécurité industrielle et sanitaire, etc.

En télédétection, elle permet de produire instantanément et à distance, une grande quantité d'information relative à la composition des matériaux imagés avec une grande précision à la fois spectrale et spatiale. Embarquée sur un avion, un capteur hyperspectral fonctionnant dans le domaine visible-proche infrarouge (400-1000 nm) peut enregistrer simultanément plusieurs dizaines, voire centaines de bandes spectrales de faible largeur.

Les volumes de données (cubes de données) acquises atteignent souvent le gigaoctet pour une seule et même scène observée. De ce fait, leur exploitation avec des méthodes classiques développées pour des images monochrome ou couleur devient limitée. Les nombreuses difficultés d'exploitation de ces cubes de données présentent un intérêt à la fois sur les aspects théoriques (recherche amont) et sur les aspects thématiques (retombées environnementales et économiques).

Pour rendre facilement exploitables ces données et répondre rapidement aux besoins suscités par les différentes applications potentielles, des méthodes d'extraction parcimonieuse de l'information doivent être développées pour réaliser le meilleur compromis entre la réduction et la préservation de la quantité d'information acquise.

L'exploitation de ces données soulève néanmoins de nombreux problèmes, car notamment il devient difficile de déterminer, pour une scène imagée, les caractéristiques spectrales (ou au moins le nombre de ces caractéristiques) les plus pertinentes pour la discrimination des objets. En réalité, deux constats s'affrontent : mieux discriminer deux objets requiert plus de dimensions de représentation, alors que la précision de l'estimation statistique diminue avec ce nombre de dimensions. Appelé phénomène de Hughes ou « malédiction de la dimension », ce problème est à l'origine de la recherche sur la réduction de l'information en imagerie hyperspectrale.

Plusieurs approches existent, comme celles basées sur la projection (linéaire ou non-linéaire) des données de grandes dimensions sur des sous-espaces de représentation bien choisis (Analyse en Composantes Principales, Minimum Noise Fraction, Analyse en Composantes Curvilignes, Analyse Canonique, etc.), sur la séparation de sources (Analyse en Composantes Indépendantes) ou sur les techniques de sélection de bandes spectrales exploitant des critères de complémentarité-redondance d'information (entropie, contraste, rapport de corrélation, information mutuelle), ou bien encore sur la pondération des bandes spectrales (Spectrally Weighted Kernels). Toutefois, nombreuses sont celles qui s'appuient sur une vérité de terrain (qui est en général imparfaite, voire absente), ou bien encore qui ne permettent pas de mettre en évidence un comportement spectral différencié à un niveau très local.

La thématique de la thèse s'inscrit dans le cadre général de développement de méthodes de traitement et d'analyses des images hyperspectrales pour l'aide à la décision. Il s'agira de proposer de nouvelles voies dans la réduction et la sélection de l'information hyperspectrale qui permettraient de s'affranchir ou de limiter l'emploi d'une vérité de terrain. Les approches recherchées devront donc être adaptatives et ne nécessiter qu'un minimum de connaissance a priori. Les critères décisionnels ou métriques devront permettre une réduction optimale tout en préservant la totalité de l'information complémentaire apportée par la technologie hyperspectrale. De nouveaux critères de décision du choix des composantes spectrales pertinentes seront introduits en intégrant conjointement les informations spatiales et spectrales. Des critères d'évaluation adaptés à ce type de données seront également élaborés et porteront aussi bien sur l'efficacité et la robustesse que sur la précision des résultats obtenus.

L'évaluation des approches issues de cette recherche sera menée sur des données synthétiques afin d'en examiner les limites, mais aussi et surtout sur des données réelles d'imagerie hyperspectrale acquises récemment ou bien à venir. Cette évaluation sera guidée par la pertinence de la classification des données réduites, étape ultime de la chaîne de traitement et d'analyse de données.

Les résultats attendus de ce travail devront compléter notre panoplie d'outils logiciels d'aide à la décision et optimiser l'exploitation de notre plate-forme d'acquisition hyperspectrale aéroportée.

Mots clés : Imagerie hyperspectrale, réduction dimensionnalité, critères décisionnels, analyse spectrale et spatiale, classification non supervisée, plate-forme, acquisition aérienne.

Les connaissances et compétences requises :

Bonne formation en mathématiques appliquées pour le traitement du signal et de l'image (probabilités, statistiques, théorie de la décision, modélisation de phénomènes physiques). Maîtrise de l'outil de programmation C++.

Financement : Département des Côtes d'ARMOR et Région Bretagne

Directeur de thèse : Prof. K. Chehdi : (33 02 96 46 90 36) Kacem.chehdi@univ-rennes1.fr

Co-encadrant : C. Cariou