
Sujet de thèse

Laboratoire: Institut Fresnel

Directeur de thèse : Caroline FOSSATI

Email : caroline.fosati@fresnel.fr

Adresse : Institut Fresnel, Domaine Universitaire de St Jérôme, 13397 Marseille

Tel : 04.91.05.44.18

Titre : *Caractérisation d'anomalies dans des images hyperspectrales basée sur des réseaux de neurones multidimensionnels.*

Description :

Les capteurs multimodaux et/ou multidimensionnels se sont fortement développés ces dernières décennies. Les méthodes de machine learning utilisées pour le traitement des images qui en sont issues ont pris un réel essor. Des travaux menés de longue date dans l'équipe GSM de l'institut Fresnel sur le traitement d'images multidimensionnelles ont cependant montré la difficulté de détection des cibles de petites dimensions, notamment dans le cadre des thèses de A. Cailly, S. Ravel et P. Delmas : [1-3], proposant des méthodes pour y remédier. [4-6].

Au cours de ces dernières années, les avancées des méthodes issues de l'intelligence artificielle notamment le deep learning dans de nombreuses applications laissent à penser qu'elles peuvent surpasser les techniques conventionnelles pour la classification, détection et reconnaissance de formes etc... .

Nos premiers travaux [7-9] basés sur les réseaux de neurones (CNN, autoencodeur, ...) montrent à quel point leur utilisation est prometteuse dans le domaine de l'imagerie hyperspectrale qui permet de traiter de façon simultanée des images dans plusieurs bandes spectrales. Les résultats restent toutefois perfectibles pour les cibles de petite taille [9]. Il n'existe cependant pas de méthodes de deep learning développées spécifiquement pour des problématiques de détections d'anomalies (ou objets rares). Les approches existantes se basent souvent sur des réseaux initialement conçus pour de la génération ou de la compression de données (les GAN ou les CNN) qui nécessitent d'être adaptés aux spécificités du contenu de l'image.

D'autre part, si l'apprentissage supervisé permet à ces méthodes d'obtenir de bons résultats, il existe de nombreuses applications où l'information concernant les anomalies à détecter est insuffisante. L'apprentissage des paramètres des réseaux profonds nécessite en effet l'accès à des grandes bases de données étiquetées [8] qui ne sont pas souvent disponibles quand il s'agit d'images issues de ces capteurs complexes tels que les capteurs hyper spectraux. L'évolution de ces derniers en termes de résolution spatiale laisse penser que les performances seront accrues, mais les applications sont souvent confrontées à des problématiques de bruit dépendant du signal, faible contraste, ombrage... pour des cibles de petite taille [7-9].

L'objectif de la thèse sera donc dans la continuité de nos précédents travaux de développer des méthodes de détection et classification à base d'Intelligence Artificielle (IA) adaptées au cas d'objets rares, de petites tailles, en présence d'un bruit dépendant du signal.

Face au manque de données classiquement constaté en télédétection, des méthodes d'enrichissement par production de données artificielles (data augmentation) seront développées [1,2,8,10]. On s'intéressera aussi aux méthodes d'apprentissage par transfert (transfer learning) [8,11], qui permettent de compenser l'absence de données étiquetées dans un certain domaine, en tirant profit de l'information apprise dans un autre.

Une des difficultés rencontrées dans le traitement des images multidimensionnelles réside aussi dans la très grande dimension et le risque de redondance d'information qui en découle. Là aussi on s'inspirera des techniques classiquement utilisées en IA pour ce problème telles que les architectures de type autoencoder [8,9,12], réseau dont l'objectif est d'apprendre une représentation de dimension réduite d'un ensemble de données qui permette de reconstruire au mieux les entrées.

Des méthodes de détection d'anomalies par deep learning ont été proposées dans la littérature [14] et leur adaptation aux images multidimensionnelles telles que les images hyperspectrales sera envisagée : des méthodes à base de réseaux antagonistes génératifs (GAN) ou des méthodes plus courantes, à base d'autoencodeurs ou de 3D-CNN [7, 13]. Le point clé se situant dans le choix du critère permettant de déterminer les anomalies, et la bonne prise en compte et modélisation des problèmes liés à l'acquisition. En effet, avec l'évolution des capteurs et leur amélioration que ce soit en terme de résolution comme de sensibilité, le bruit photonique dépendant du signal, le faible contraste, l'ombrage.... sont devenus des composantes critiques dans ce type d'images mettant en difficulté les méthodes classiques de détection et classification. On développera donc ici des méthodes d'IA permettant d'en tenir compte par exemple dès l'apprentissage en intégrant les fluctuations spatiales entre longueurs d'onde pour distinguer ce bruit du signal dans les pixels d'intérêt.

Enfin, pour la caractérisation spatiale des cibles, nous envisageons de compléter notre approche par le développement de méthodes de segmentation utilisant des modèles de deep learning tels que U-Net et W-Net [15,16].

Les méthodes développées seront validées sur des données issues de mesures en laboratoire et des données issues du terrain par capteur aéroporté.

1. Alexis Cailly, thèse de doctorat, *Traitement du signal multidimensionnel pour les images hyperspectrales en présence d'objets de faibles dimensions spatiales*, Ecole Centrale Marseille 2012
2. Sylvain Ravel, thèse de doctorat, *Démixage d'images hyperspectrales en présence d'objets de petite taille*, Ecole centrale Marseille dec. 2017
3. Pierre Delmas , thèse de doctorat, *Détection de phases critiques dans un système industriel et d'anomalies en imagerie hyperspectrale* Ecole centrale Marseille dec. 2020

4. C. Fossati, S. Bourennane : *Improvement of Target Detection Based on Signal Dependent Noise Reduction for Hyperspectral Image*, Geoscience and remote sensing, vol.1 (1), pp. 18-27, oct. 2018
5. S. Ravel, C. Fossati, S. Bourennane : *Spectral Unmixing of Hyperspectral Images in the Presence of Small Targets*, *Remote Sensing*, vol. 7 (1), 2018
6. S. Bourennane, C. Fossati, A. Cailly: *Improvement of Target-Detection Algorithms Based on Adaptive Three-Dimensional Filtering*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing vol. 49(4), pp: 1383-1395, 2011 - DOI: 10.1109/TGRS.2010.2076288 .
7. X.Liu, C.Wang, Y. Meng, H. Wang, M. Fu & S. Bourennane ; *Target Detection Based on Spectral Derivation in HSI Shadow Region Classified by Convolutional Neural Networks*, Canadian Journal of Remote Sensing, 45:6, 782-794, DOI: 10.1080/07038992.2019.1697221
8. Q. Sun and S. Bourennane ; *Hyperspectral image classification with unsupervised feature extraction*, remote sensing letters 2020, VOL. 11, NO. 5, 475–484
9. Q Sun, X Liu, S. Bourennane and B. Liu ; *Multiscale denoising autoencoder for improvement of target detection* international journal of remote sensing 2021, VOL. 42, NO. 8, 3002–3016 <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1856960>
10. Wei Li; Chen Chen; Mengmeng Zhang; Hengchao Li *Data Augmentation for Hyperspectral Image Classification With Deep CNN IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* (Volume: 16, Issue: 4, April 2019)
11. Yao Liu, Chenchao Xiao, *Transfer learning for hyperspectral image classification using convolutional neural network* Eleventh International Symposium on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition (MIPPR2019), 2019, Wuhan, China
12. Zhu, J., Wu, L., Hao, H., Song, X., Lu, Y., June 2017a. *Auto-encoder based for high spectral dimensional data classification and visualization*. In: 2017 IEEE Second International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC). pp. 350–354.
13. Luo, Yanan, Zou, Jie ,Yao, Chengfei et al. (2018). *HSI-CNN: A Novel Convolution Neural Network for Hyperspectral Image*. 464-469.
14. L. Ruff, R. A. Vandermeulen, N. Görnitz, et al, *Deep One-Class Classification*, ICML 2018.
15. Kaili Cao, Xiaoli Zhang ; *An Improved Res-UNet Model for Tree Species Classification Using Airborne High-Resolution Images*, *Remote Sens.* 2020, 12(7),1128; <https://doi.org/10.3390/rs12071128>
16. S. Das, A. Deka, Y. Iwahori et al., *Contour-Aware Residual W-Net for Nuclei Segmentation*, *Procedia computer science*, 2019