
Apport de la fusion multi/hyperspectrale en comparaison au pan-sharpening hyperspectral pour les zones hétérogènes

Sacha Neiger^{*}, Sophie Fabre¹, Thomas Colin², and Xavier Briottet¹

¹ONERA / DOTA, Université de Toulouse [Toulouse] – ONERA, PRES Université de Toulouse – France

²Airbus [France] – Airbus Defense and Space – France

Résumé

La télédétection optique désigne l'ensemble des méthodes d'analyse et d'observation à distance d'un objet, grâce à ses propriétés d'émission et de réflexion. Elle est utilisée dans des domaines variés tels que le suivi des cultures, la caractérisation des forêts, mais aussi de milieux maritimes et urbains. Ces observations exploitent trois types d'information : la géométrie (c'est-à-dire la forme et la structure des objets de la scène étudiée), le spectre (afin d'étudier les matériaux et leurs états) et la date (afin de comparer et de mettre en valeur une évolution). Ces grandeurs sont complémentaires mais, à ce jour, il n'existe pas d'instrument permettant d'acquérir des images combinant une haute résolution spatiale (de la dizaine de centimètres à quelques mètres) et une haute résolution spectrale (une dizaine de nm) sur un large domaine spectral (0.4 - 2.4 μm).

Fusionner une image panchromatique (PAN) de haute résolution spatiale avec une image hyperspectrale (HS) ou multispectrale (MS) de haute résolution spectrale (mais de résolution spatiale plus faible), grâce au pansharpening, permet de lever partiellement cette barrière.

Une des limitations principales de ces méthodes porte sur la mauvaise restitution des transitions (entre matériaux ou zones éclairées/ombrées) tout particulièrement dans les milieux urbains qui se caractérisent par de très fortes hétérogénéités spatiale et spectrale. La méthode CONDOR fut développée lors de la thèse de Y. Constans en 2022 avec une étape de démixage spectral (1). Cette étape permet de correctement reconstruire une scène dont les pixels HS sont dits "mixtes", c'est-à-dire dont la signature spectrale n'est pas celle d'un unique matériau, en comparaison à une méthode de référence comme Gain (2). La méthode CONDOR a permis d'améliorer les performances de la fusion mais reste limitée en particulier sur les zones de transition (1). Une autre méthode explorée est NNDiffuse, qui est inspirée de la formule de diffusion anisotrope et montre de bons résultats pour des scènes urbaines si l'image PAN est fortement contrastée (3).

Une piste pour améliorer la qualité de l'image fusionnée est de combiner une image multispectrale avec une image hyperspectrale. En effet, l'utilisation de plusieurs bandes spectrales de Haute Résolution spatiale (HR) va permettre une fusion plus fine sur les domaines que chacune recouvre. Pour les domaines non recouverts par les bandes MS, nous pouvons aussi nous attendre à de meilleures performances grâce à la combinaison de bandes plus précises

^{*}Intervenant

et proches spectralement (utiliser une bande NIR pour le domaine SWIR plutôt que l'image PAN qui correspond généralement au domaine visible ou VNIR).

L'objectif de cette présentation est d'analyser l'amélioration de la qualité des images fusionnées lorsque l'on passe de fusions PAN+HS à MS+HS. Pour cela, la méthode Gain (2) est utilisée et modifiée afin d'intégrer en entrée des bandes multispectrales en remplacement de la bande PAN (appelée Gain-MS). Trois méthodes différentes d'intégration sont proposées :

Sur le domaine visible, nous construisons autant de matrices Gain que de bande MS. Nous construisons les domaines d'application de ces matrices en étendant les domaines de chaque bande MS, ce qui implique un choix d'une bande ou une autre là où l'on trouve des superpositions ou des trous entre deux bandes MS (Gain-MS classique).

Une autre possibilité est de calculer le facteur gain comme une somme pondérée des matrices Gain mentionnées précédemment. La pondération suit une interpolation sur les domaines couverts par plusieurs bandes MS ou entre deux bandes (Gain-MS interpolation).

Pour le domaine SWIR nous testons l'utilisation de différentes bandes MS pour calculer le coefficient de Gain.

Nous travaillons sur des images de HR-HS acquises avec l'instrument aéroporté HySpex Odin avec une Résolution Spatiale (RS) 0.5m sur trois zones : Canjuers, Toulon et Gardanne en France (4). En suivant le protocole de Wald et avec les domaines du système Pléiades, nous synthétisons à partir des images HR-HS, une image de Faible Résolution spatiale (LR) HS, une image HR-MS ainsi qu'une image HR-PAN. Plusieurs métriques sont utilisées pour comparer les résultats des fusions : critères spectraux (SAM), spatiaux (CC) et globaux (RMSE, ERGAS, NRMSE, ENM, UIQI) (1).

Les trois méthodes Gain-MS proposées sont comparées aux trois méthodes de référence PAN+MS. Les résultats obtenus montrent des améliorations significatives dans les domaines visibles et proche infrarouge en particulier aux zones de transitions où l'on note jusqu'à un facteur 2 d'amélioration pour des critères tels que RMSE. Pour la méthode Gain MS, l'étude du choix de la bande MS pour appliquer la méthode Gain dans le domaine SWIR montre que la bande verte (0.51 - 0.59 μm) permet de mieux visualiser certains éléments en particulier les routes par rapport à l'utilisation d'une bande NIR (0.775-0,915 μm), comme on peut le remarquer sur la figure 3.

Références

- (1) Constans, Yohann. 'Fusion de données hyperspectrales et panchromatiques dans le domaine réflectif'. Université de Toulouse, 2022.
- (2) Vivone, Gemine, Luciano Alparone, Jocelyn Chanussot, Mauro Dalla Mura, Andrea Garzelli, Giorgio A. Licciardi, Rocco Restaino, and Lucien Wald. 'A Critical Comparison Among Pansharpening Algorithms'. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 53, no. 5 (May 2015): 2565–86. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2014.2361734>.
- (3) Sun, Weihua, Bin Chen, and David Messinger. 'Nearest-Neighbor Diffusion-Based Pansharpening Algorithm for Spectral Images'. *Optical Engineering* 53, no. 1 (January 2014): 013107. <https://doi.org/10.1117/1.OE.53.1.013107>.
- (4) Søren Blaaberg, Trond Løke, Ivar Baarstad, Andrei Fridman et Pesal Koirala. " HySpex ODIN-1024 : a new high-resolution airborne HSI system ". In : *Infrared Technology and Applications XL*. T. 9070. International Society for Optics et Photonics. 2014, p. 90700L (cf. p. 30, 152).