



Université Lille Nord de France
Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur

Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur Lille Nord-de-France - 072



Titre : Démélange des spectres de type de végétation par factorisation matricielle. Application à la surveillance des cultures agricoles par imagerie hyperspectrale.

Financement prévu : PMCO

Cofinancement éventuel : ULCO

(Co)-Directeur de thèse : Gilles ROUSSEL

E-mail : gilles.rousseau@univ-littoral.fr

Encadrants : Gilles DELMAIRE

E-mail : gilles.delmaire@univ-littoral.fr

Laboratoire : LISIC (Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale, EA 4491)

Equipe : SPeciFI

Descriptif :

L'agriculture de précision subit un essor important grâce aux nouvelles technologies d'acquisition numérique et l'avènement de capteurs intelligents. Afin d'évaluer l'état de stress d'une culture, son exposition aux maladies fongiques ou ses besoins en eau, le recours à l'imagerie hyperspectrale mobile en proximité des parcelles de terrain à diagnostiquer s'avère un choix très pertinent [12,13].

L'usage d'un drone ou d'un avion [11] embarquant une caméra de type hyperspectrale produit des images sur des centaines de canaux décrivant une scène en lumière visible, en InfraRouge ou moyen InfraRouge. Parcourir une surface agricole avec un tel dispositif permet de fournir des images hyperspectrales de réflectance sous forme de "cube de données", dont le déploiement procure une matrice (positions x longueur d'ondes).

Typiquement, chaque pixel observé est traité comme un mélange des différents types de végétation ou de différents états d'une même végétation et du sol. Cette matrice est donc assimilée à un mélange linéaire entre les différents spectres purs représentés par les sols, les feuilles saines et les feuilles malades ou stressées de la culture étudiée. Retrouver la part de chaque spectre pur revient à effectuer un démélange en spectres purs.

Les méthodes de factorisation matricielles non négatives (NMF) assimilent les données à une combinaison linéaire de facteurs latents non négatifs. Un des facteurs représente les différentes signatures présentes dans la scène (spectres purs), alors que l'autre facteur représente la description de la contribution de chaque spectre pur pour chaque pixel. Ces méthodes sont extrêmement utilisées en traitement du signal et en apprentissage. Elles présentent l'intérêt de fournir des décompositions dont l'interprétation physique est compatible avec le caractère non-négatif des décompositions.

En imagerie hyperspectrale, une contrainte spécifique supplémentaire de la décomposition exprime la somme à 1 des abondances relatives liées aux différents spectres à reconstituer [8, 9]. Cette contrainte de somme à 1 a par ailleurs été utilisée dans nos travaux antérieurs appliqués aux séparations des sources d'émission de particules aérosols à partir des caractérisations chimiques d'échantillons issus de prélèvements dans l'air. Cette contrainte pourra être intégrée à nouveau dans la méthode de NMF informée envisagée pour effectuer cette description spectrale.

La décomposition de type NMF informée est par ailleurs perturbée par la variabilité des spectres purs et les éventuelles conditions lumineuses. Nous avons développé depuis une dizaine d'années des méthodes robustes [1-5] permettant de prendre en compte les possibles aberrations dans les données et nous comptons exploiter ces techniques afin que les estimations soient robustes à ces variations [7,10]. Au delà de cette modélisation du problème, il convient également d'adapter les algorithmes pour un traitement rapide d'une telle quantité de données [6], pour permettre une analyse en léger temps différé.

L'intérêt majeur pour la communauté agricole est d'être capable d'estimer et de localiser de manière précoce le taux de végétation malade dans un champ afin d'envisager les traitements fongiques adaptés et éviter la propagation des maladies aux zones saines.



Références :

- [1] **R. Chreiky** , Informed Non-Negative Matrix Factorization for Source Apportionment, Phd thesis defended on December 20th 2017.
- [2] **A. Limem, G. Delmaire, M. Puigt, G. Roussel, D. Courcot.** Non-negative matrix factorization under equality constraints - a study of industrial source identification. Elsevier Applied Numerical Mathematics, Volume 85, November 2014, Pages 1–15.
- [3] **A. Limem, M. Puigt, G. Delmaire, G. Roussel, D. Courcot.** Bound constrained weighted NMF for industrial source apportionment. Proceedings of the 24th IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP 2014), Reims, France, September 21-24, 2014.
- [4] **R. Chreiky, G. Delmaire, M. Puigt, G. Roussel, A. Abche,** Informed split gradient non-negative matrix factorization using Huber cost function for source apportionment, Proceedings of the 16th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT 2016), Limassol, Cyprus, December 12-14, 2016.
- [5] **R. Chreiky, G. Delmaire, C. Dorffer, M. Puigt, G. Roussel, A. Abche,** Robust informed split gradient NMF using Alpha Beta-divergence for source apportionment, Proceedings of the 26th IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP 2016), Vietri Sul Mare, Salerno, Italy, September 13-16, 2016.
- [6] **C. Dorffer, M. Puigt, G. Delmaire, G. Roussel,** *Fast nonnegative matrix factorization and completion using Nesterov iterations*, Proceedings of the 13th International Conference on Latent Variable Analysis and Signal Separation (LVA/ICA 2017), Springer International Publishing AG, vol. LNCS 10179, pp. 26-35, Grenoble, France, February 21-24, 2017.
- [7] Charlotte Revel, Yannick Deville, Véronique Achard, Xavier Briottet. A method based on nonnegative matrix factorization dealing with intra-class variability for unsupervised hyperspectral unmixing. [WHISPERS 2015](#): 1-4.
- [8] M. Puigt, G. Delmaire, G. Roussel, Environmental signal processing : new trends and applications, Proceedings of the 25th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning (ESANN 2017), Bruges, Belgium, April 26-28, 2017.
- Article d'introduction à la session spéciale organisée par G. Delmaire, M. Puigt et G. Roussel à cette conférence.**
- [9] José M. Bioucas Dias, Blind Hyperspectral Unmixing. 13th International Conference on Latent Variable Analysis and Signal Separation, February 2017, Grenoble, France.
- [10] P. A. Thouvenin, Modeling spatial and temporal variabilities in hyperspectral image unmixing. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 17 octobre 2017.
- [11] J. Franke, T. Mewes, G. Menz, Airborne hyperspectral imaging for the detection of powdery mildew in wheat. Imaging Spectrometry XIII, Proc Spie, Vol. 7086, doi: 10.1117/12.795040, 2008.
- [12] Youssef Es-saady, Ismail El Massi, Mostafa El Yassa, Driss Mammass, Abdeslam Benazoun, Détection précoce des maladies des plantes par la technique d'imagerie hyperspectrale, 5^{ème} édition Colloque Groupe Hyperspectral SFPT-GH 9 - 11 MAI 2017, Ifremer – Centre de Bretagne.
- [13] Chuanqi Xie, Yongni Shao, Xiaoli Li & Yong He, Detection of early blight and late blight diseases on tomato leaves using hyperspectral imaging . [Nature.com](#) , Scientific Reports | 5:16564 | DOI: 10.1038/srep16564.

Mots clés : Factorisation en Matrices Non-négatives (NMF) ; Données de grande dimension ; Robustesse; Imagerie Hyperspectrale.