

Méthodes tensorielles pour le dématricage multispectral

Proposition de sujet de M2

Nous proposons un sujet de stage financé, qui durera 6 mois et se déroulera au laboratoire CRISAL à Lille de janvier à septembre 2024. Pour toute demande, merci de contacter clemence.prevost@univ-lille.fr.

Dans de nombreux domaines de l'imagerie, tels que la télédétection ou l'imagerie à champ proche, les images sont acquises et stockées sous la forme de tableaux multidimensionnels appelés tenseurs. Par exemple, les images couleurs possèdent trois dimensions : tandis que les deux premières encodent les deux dimensions spatiales (les pixels), la troisième dimension décrit les trois canaux spectraux correspondant au rouge, au vert et au bleu.

Préserver le formalisme tensoriel trouve de nombreux avantages en traitement des images pour la reconstruction et l'amélioration de qualité, la classification ou la séparation de sources. En effet, ces problèmes requièrent souvent l'estimation de davantage de paramètres qu'il n'y a d'observations à disposition : on parle alors de problèmes inverses mal posés. Dans ces cas, l'une des solutions possibles pour obtenir une solution unique est d'avoir recours à la régularisation. En particulier, la régularisation de rang faible tensorielle offre généralement des garanties d'unicité très flexibles. Elle peut être particulièrement avantageuse par rapport à des modèles matriciels, qui eux, requièrent l'incorporation de diversités supplémentaires au modèle pour garantir une solution unique.

Les images multispectrales étendent le concept d'images couleur en considérant des centaines de longueurs d'ondes situées dans le visible et le proche infrarouge. Elles sont largement utilisées pour la télédétection, l'analyse d'images médicales ou la restauration d'oeuvres d'art. Afin d'optimiser leur acquisition, les caméras sont fréquemment équipées d'un filtre multispectral (MultiSpectral Filter Array). Elles délivrent alors des images dites brutes, pour lesquelles chaque pixel n'est acquis que selon une seule longueur d'onde selon le motif du MSFA.

Le problème de reconstruction d'une image multispectrale à partir d'une image brute est appelé dématricage. De nombreuses approches ont déjà été proposées dans la littérature [1, 3, 5]. La majorité d'entre elles effectuent un traitement séparé pour chaque bande spectrale de l'image brute. Plus récemment, quelques approches tensorielles basées sur l'identification de sous-espaces ont été proposées.

Pour ce stage, nous proposons de résoudre le problème de dématricage en passant par des approximations tensorielles de rang faible. Nos premiers résultats montrent l'intérêt de réaliser un traitement de l'image brute entière, plutôt qu'une approche séparant les bandes spectrales. Le travail à fournir est prédéfini comme suit :

- Développer des méthodes tensorielles de dématricage basées sur des approximations de rang faible. Ces méthodes pourront être assorties d'une étape de raffinement, itérative, à l'instar de l'algorithme proposé dans [3];
- Evaluer l'impact du rang tensoriel sur les performances de dématricage;
- Comparer les résultats obtenus avec l'état de l'art, voir [4];
- Tester les performances des méthodes développées pour différents motifs MSFA non-redondants de tailles 2×2 , 3×3 , 4×4 ;
- Appliquer les méthodes développées à des bases de données réelles (comme CAVE ou HyTexila [2]).

Ce travail initiera le développement de nouveaux modèles tensoriels pour le dématricage, basés sur le modèle génératif de l'image multispectrale en radiance, en conditions contrôlées puis non-contrôlées.

Tensor methods for multispectral demosaicing

MSc internship

We propose a 6-month long MSc internship that will take place at CRISAL, in Lille between January and September 2024. For inquiries please contact clemence.prevost@univ-lille.fr.

In remote sensing or near-field imaging, the resulting images are acquired and stored under the form of multidimensional arrays called tensors. For instance, color images can be viewed as three-dimensional cubes with two spatial dimensions (the pixels) and a spectral dimension that contains the red, green and blue channels.

When solving image processing tasks, adopting the tensor formal allows one to efficiently solve problems such as quality enhancement, classification or source separation. Indeed, those problems often require to estimate more parameters than the number of available observations: they are often referred to as ill-posed inverse problems. A possible way to obtain a unique solution to such problems is to perform some sort of regularization on the model. The tensor low-rank assumption generally offers uniqueness guarantees under mild conditions. It can be advantageous when compared to matrix models that require the incorporation of additional diversities to offer unique solutions.

Multispectral images extend the notion of color images by considering hundreds of wavelengths in the visible and near-infrared electromagnetic spectrum. They are widely used in remote sensing, medical image analysis or art recovery. In order to optimize their acquisition, multispectral filter arrays (MSFAs) are often mounted on the cameras. They hence produce raw images for which only one spectral band is observed by pixel.

The task of reconstructing a full multispectral image from a raw image is called demosaicing. Numerous approaches were proposed for this problem [1, 3, 5]. Most of them operate separately on each spectral band of the raw image. More recently, a few tensor approaches were proposed, and were based on subspace identification.

In this internship, we propose to solve the demosaicing problem using low-rank tensor approximations. Our first results highlight the interest of processing the raw image as a tensor, instead of reconstructing each spectral band individually. The work plan is predefined as follows:

- Design low-rank tensor methods for demosaicing. The proposed algorithms can be followed by a refining step, similarly to [3];
- Study the influence of the tensor rank on the demosaicing performance;
- Benchmark the proposed algorithms with the state-of-the-art, see [4];
- Evaluate the performance for various non-redundant MSFA of different sizes, e.g., 2×2 , 3×3 , 4×4 ;
- Apply the proposed approaches to real images (such as CAVE or HyTexila [2]).

This work will pave the way for the design of new tensor models for multispectral demosaicing, based on the generative model of the radiance multispectral image, in the cases of controlled and non-controlled acquisition conditions.

- [1] J. Brauers and T. Aach. A color filter array based multispectral camera. In *12. Workshop Farbbildverarbeitung*, pages 5–6. Ilmenau, 2006.
- [2] H. A. Khan, S. Mihoubi, B. Mathon, J.-B. Thomas, and J. Y. Hardeberg. Hytexila: High resolution visible and near infrared hyperspectral texture images. *Sensors*, 18(7):2045, 2018.
- [3] S. Mihoubi, O. Losson, B. Mathon, and L. Macaire. Multispectral demosaicing using intensity-based spectral correlation. In *2015 International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)*, pages 461–466. IEEE, 2015.
- [4] S. Mihoubi, O. Losson, B. Mathon, and L. Macaire. Multispectral demosaicing using pseudo-panchromatic image. *IEEE Transactions on Computational Imaging*, 3(4):982–995, 2017.
- [5] J. Mizutani, S. Ogawa, K. Shinoda, M. Hasegawa, and S. Kato. Multispectral demosaicking algorithm based on inter-channel correlation. In *2014 IEEE Visual Communications and Image Processing Conference*, pages 474–477. IEEE, 2014.