

Optimisation de la méthode de débruitage Non Local Bayes pour les images satellites optiques à très haute résolution spatiale : applications dans le contexte des missions Pléiades et Spot World Heritage

Antoine Masse, Sébastien Lefèvre, Romain Dambreville, Gwendoline Blanchet, J M Delvit, Christophe Latry, C. Thiébaut, Simon Baillarin

▶ **To cite this version:**

Antoine Masse, Sébastien Lefèvre, Romain Dambreville, Gwendoline Blanchet, J M Delvit, et al.. Optimisation de la méthode de débruitage Non Local Bayes pour les images satellites optiques à très haute résolution spatiale : applications dans le contexte des missions Pléiades et Spot World Heritage. Conférence Française de Photogrammétrie et de Télédétection (CFPT), 2018, Marne-La-Vallée, France. hal-01969048

HAL Id: hal-01969048
https://hal.science/hal-01969048

Submitted on 3 Jan 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Optimisation de la méthode de débruitage Non Local Bayes pour les images satellites optiques à très haute résolution spatiale : applications dans le contexte des missions Pléiades et Spot World Heritage

A. Masse[1] S. Lefèvre[2] R. Dambreville[2] G. Blanchet[1] J.M. Delvit[1]
C. Latry[1] C. Thiebaut[1] S. Baillarin[1]

[1] Centre National d'Études Spatiales, Toulouse, France
[2] Université Bretagne Sud, UMR 6074, IRISA, Vannes, France

antoine.masse@cnes.fr

1 Introduction

En télédétection optique, les images satellites à très haute résolution spatiale sont sujettes au bruit instrumental, ce qui nécessite l'application de processus de restauration après acquisition. Afin d'améliorer la qualité de la restauration et donc du produit final, il est nécessaire de retirer ce bruit instrumental tout en conservant les informations importantes contenues dans l'image telles que les textures, les discontinuités ou encore les zones homogènes. Dans les cas d'application réels des chaînes opérationnelles développées par le Centre National d'Études Spatiales (CNES) pour les missions Pléiades [2] et Spot 5 THR [5], de nouvelles techniques innovantes de restauration ont été introduites et validées. Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur la partie débruitage de ce processus de restauration, entre l'étape de restauration du bruit instrumental et l'étape de déconvolution. Le bruit instrumental de ces données a une variance dépendante au signal. Une première étape de stabilisation de la variance grâce à la transformée de Anscombe [1] nous permet de transformer ce bruit instrumental en bruit gaussien de moyenne nulle et de variance égale à un. Dans ce contexte de suppression de bruit blanc, plusieurs méthodes issues de l'état de l'art ont été étudiées [11] et la meilleure méthode identifiée est la méthode Non Local Bayes développée par Lebrun [7] en 2013. Cette méthode est une évolution de deux autres méthodes issues de l'état de l'art que sont Non Local Means (NLM) [3] et Block Matching and 3D filtering (BM3D) [6]. Comme nous le verrons dans nos expérimentations, cette méthode s'applique bien au domaine des images satellites optiques. NLB fournit les meilleurs résultats en termes de qualité de débruitage mais également de performance calculatoire. Dans un contexte de production massive de données satellitaires, le temps de calcul est un facteur primordial. Ainsi, dans le cadre de la chaîne Pléiades mais également celle de l'initiative CNES Spot World Heritage (SWH) [13] visant à retraiter toutes les données Spot 1 à 5, le coût de calcul prohibitif d'une méthode peut empêcher son utilisation en milieu opérationnel. Il convient ainsi de sélectionner la meilleure méthode et ses améliorations afin d'obtenir des résultats de qualité tout en minimisant le temps de calcul.

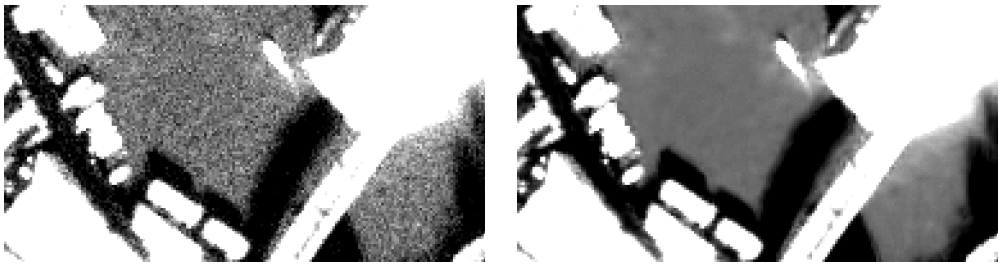
2 La méthode Non Local Bayes et ses améliorations

NLB est un algorithme à plusieurs itérations, chaque itération étant composée des 3 mêmes étapes. Pour chaque patch dans une image à débruiter, la première étape consiste à trouver N autres patchs similaires dans un voisinage proche. Dans un second temps, ce groupe de N patchs est utilisé pour calculer le patch de valeur moyenne et sa matrice de covariance associée. Ces statistiques sont ensuite utilisées pour débruiter les N patchs. Comme ces N patchs peuvent se superposer, une troisième étape d'agrégation et de pondération est effectuée. Deux itérations sont en général appliquées, la première servant à améliorer la recherche des patchs similaires lors de la seconde, ce qui entraîne une meilleure significativité des statistiques calculées et donc une meilleure qualité de l'estimation de débruitage.

Notre implémentation de cet algorithme est basée sur l'implémentation faite par Lebrun [9] et reprend les cinq paramètres utilisés pour chaque étape que sont la taille d'un patch w, la taille de la fenêtre de recherche k, le nombre de patchs similaires N, le paramètre d'atténuation du bruit β et le paramètre de seuillage sur la similarité des patchs à chercher (τ, généralement uniquement utilisé lors de la dernière étape). Une précédente étude [12] sur la complexité algorithmique de l'algorithme NLB nous a permis d'identifier deux pistes importantes afin de réduire les temps de calcul tout en conservant un important gain de qualité lors de la restauration. Ces améliorations concernent l'ajout de deux paramètres permettant d'une part de paramétrer le masquage des patchs déjà débruités et ainsi de réduire la surestimation, et d'autre part de modifier la métrique servant à définir la forme de la fenêtre de recherche.

TABLE 1 – Comparaison des résultats de débruitage des méthodes issues de l'état de l'art et des optimisations apportées à la méthode NLB.

	Spot 5 THR (extrait 2K par 2K)				Pléiades Panchro (extrait 2K par 2K)			
	Paris, France		Istanbul, Turquie		Venise, Italie		Islande	
Méthode	PSNR(dB)	Pixels.s^{-1}	PSNR(dB)	Pixels.s^{-1}	PSNR(dB)	Pixels.s^{-1}	PSNR(dB)	Pixels.s^{-1}
Sans débruitage	48, 17		48, 16		72, 25		72, 24	
BLS-GSM	45, 91	26 376	48, 96	26 591	39, 17	26 673	30, 85	26 224
BM3D	50, 45	25 505	50, 00	26 471	72, 91	32 004	72, 45	34 077
K-SVD	50, 86	15 866	50, 53	12 650	72, 87	7 033	68, 84	7 377
NLB	50, 90	52 958	50, 61	53 604	73, 14	60 042	72, 58	57 506
NLM	48, 42	48 483	48, 08	49 751	72, 47	49 261	72, 23	49 680
NLB Opt	50, 89	77 783	50, 60	76 332	73, 14	85 458	72, 58	73 848
NLB Opt Fast	50, 80	207 948	50, 51	210 642	73, 10	202 721	72, 53	207 228



(a) Avant débruitage (b) Après débruitage NLB

FIGURE 1 – Illustration de l'impact du débruitage NLB sur une image panchromatique Pléiades 1A au dessus de Venise, Italie.

3 Expérimentations

Avec un objectif opérationnel de 200K pixels à débruiter par seconde, nous avons expérimenté les différentes méthodes identifiées dans l'état de l'art sur les deux cas d'application précédemment introduits, Pléiades et Spot 5 THR. Nous avons également appliqué des techniques d'optimisation de la méthode NLB [12] afin de réduire drastiquement la complexité algorithmique et de rendre les temps de calcul acceptables dans des conditions réelles de production. Nous avons utilisé quatre jeux de données, 2 images issues de la bande panchromatique du satellite Pléiades 1A (0,7 mètre de résolution) et deux images issues du produit Supermode du satellite Spot 5 [5] (2,5 mètres de résolution). Nous avons utilisé une architecture de type High Performance Computing (HPC) basée sur des processeurs Intel Xeon E5-2650 (2,2-2,9 Ghz). Les implémentations et les paramètres optimaux pour chaque méthode ont été extraits de la base IPOL (ipol.im) et notés NLB [9], NLM [4], BLS-GSM [14], BM3D [8] and K-SVD [10].

L'évaluation des résultats a été réalisée à l'aide du nombre de pixels traités par seconde pour l'évaluation de l'efficience et du Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) pour l'évaluation de la qualité du débruitage (l'évaluation de la qualité se fait en comparaison avec une référence correspondant, pour chaque image, à une image considérée comme sans bruit par un panel d'experts). La comparaison avec les méthodes issues de l'état de l'art montre que les méthodes NLB, K-SVD et BM3D fournissent les meilleures qualités de débruitage en terme de PSNR, avec un avantage notable pour la méthode NLB concernant le nombre de pixels traités par seconde (voir tableau 1). Un exemple de débruitage est présenté en figure 1.

Nous avons également comparé la méthode NLB originale avec sa version optimisée qui inclue un nouveau paramètre de masquage et un nouveau paramètre de définition de la forme de la fenêtre de recherche. Une étude de sensibilité sur ces deux nouveaux paramètres [12] nous a permis d'extraire deux scénarios de paramétrisation que nous avons nommés NLB Optimal et NLB Optimal Fast. A l'issue de cette expérimentation, nous observons que la version NLB Optimal produit des résultats de qualité équivalente à la méthode originale avec une réduction du temps de calcul (facteur 2). La version NLB Optimal Fast dégrade très légèrement les résultats mais réduit drastiquement les temps de calcul (facteur 4) et permet d'atteindre l'objectif des 200K pixels débruités par seconde.

4 Travaux en cours

Nous travaillons actuellement sur l'évaluation de l'impact du processus complet de restauration, dont fait partie le débruitage, sur les traitements en aval tels que la génération de modèle numérique de terrain, la classification ou la détection d'objet. Ces travaux fournissent des premiers résultats très prometteurs notamment sur la génération de modèle numérique de terrain à partir de couples stéréoscopiques Pléiades avec une amélioration significative de la précision du modèle. Une présentation plus détaillée des derniers résultats obtenus sera donnée dans la version finale du résumé et lors de la conférence CFPT 2018.

5 Conclusion et perspectives

Les optimisations apportées à l'algorithme Non Local Bayes ont permis une réduction importante des temps de calculs tout en conservant une excellente qualité de restauration. Grâce aux améliorations apportées à l'algorithme NLB, cette nouvelle méthode est désormais utilisable dans les chaînes de production en continu de type Pléiades (plusieurs centaines de produits par jour) ou le retraitement massif d'archives comme Spot 5 THR (environ 415K produits) dans le cadre de l'initiative CNES Spot World Heritage (SWH). Nous travaillons également sur l'évaluation et la quantification de l'apport de cette nouvelle méthode de restauration sur les applications avales telles que la génération de modèles numériques de terrain, de cartographie d'occupation du sol ou de détection d'objet. Les premiers résultats sont encourageants et montrent une augmentation de la qualité des résultats.

Remerciements

Ce travail a été partiellement financé par le CNES dans le cadre d'une bourse de recherche postdoctorale.

Références

[1] Francis J Anscombe. The transformation of Poisson, binomial and negative-binomial data. *Biometrika*, 35(3/4) :246–254, 1948.

[2] Simon Baillarin, Chantal Panem, Laurent Lebegue, and François Bignalet-Cazalet. Pleiades-HR imaging system : ground processing and products performances, few months before launch. In *ISPRS Advancing Remote Sensing Science*, volume XXXVIII, pages 51–55, Vienna, Austria, 2010. W. Wagner, B. Székely.

[3] A. Buades, B. Coll, and J. M. Morel. A Review of Image Denoising Algorithms, with a New One. *Multiscale Modeling & Simulation*, 4(2) :490–530, 2005.

[4] Antoni Buades, Bartomeu Coll, and Jean-Michel Morel. Non-Local Means Denoising. *Image Processing On Line*, 1 :208–212, 2011.

[5] Bernard Rouge Christophe Latry. In-flight commissioning of SPOT5 THR quincunx sampling mode. In *Proc. SPIE 4881, Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites VI*, volume 4881, pages 4881 – 4892, Crete, Greece, 2003.

[6] K. Dabov, A. Foi, V. Katkovnik, and K. Egiazarian. Image Denoising by Sparse 3-D Transform-Domain Collaborative Filtering. *IEEE Transactions on Image Processing*, 16(8) :2080–2095, August 2007.

[7] M. Lebrun, A. Buades, and J. M. Morel. A Nonlocal Bayesian Image Denoising Algorithm. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 6(3) :1665–1688, 2013.

[8] Marc Lebrun. An Analysis and Implementation of the BM3d Image Denoising Method. *Image Processing On Line*, 2 :175–213, 2012.

[9] Marc Lebrun, Antoni Buades, and Jean-Michel Morel. Implementation of the "Non-Local Bayes" (NL-Bayes) Image Denoising Algorithm. *Image Processing On Line*, 3 :1–42, 2013.

[10] Marc Lebrun and Arthur Leclaire. An Implementation and Detailed Analysis of the K-SVD Image Denoising Algorithm. *Image Processing On Line*, 2 :96–133, 2012.

[11] A. Masse, S. Lefevre, R. Binet, S. Artigues, P. Lassalle, G. Blanchet, and S. Baillarin. Fast and accurate denoising method applied to very high resolution optical remote sensing images. In *Proc. SPIE. 10427, Image and Signal Processing for Remote Sensing XXIII*, volume 10427, page 20, Varsaw, Poland, 2017.

[12] A. Masse, S. Lefèvre, R. Binet, S. Artigues, G. Blanchet, and S. Baillarin. Denoising very high resolution optical remote sensing images : Application and optimization of nonlocal bayes method. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(3) :691–700, March 2018.

[13] Julien Nosavan, Agathe Moreau, Antoine Masse, Benoît Chausserie-Laprée, and Claire Caillet. Spot World Heritage : Spot 1-5 data curation and valorization with new enhanced SWH products. In *Proc. of the 2017 conference on Big Data from Space (BiDS'17)*, pages 225–228, Toulouse, France, November 2017.

[14] Boshra Rajaei. An Analysis and Improvement of the BLS-GSM Denoising Method. *Image Processing On Line*, 4 :44–70, 2014.