

Apport de l'analyse des séries temporelles d'images satellites RSO pour le suivi des évolutions d'une scène

Encadrant : Sofiane Hachicha, MA ISIMG

Etudiant(e) :

Structure d'accueil : Centre de Recherche en Numérique de Sfax

I- Problématique

Les techniques de télédétection fournissent aux utilisateurs finaux de grands volumes, toujours croissants, de données. En effet, la résolution des acquisitions ne cesse de s'améliorer et les taux d'acquisition ont augmenté au cours des dernières années. Il est donc possible de recueillir une grande série d'images pour une zone géographique donnée. Avec ce développement technologique que connaît l'imagerie satellite, plusieurs disciplines et techniques se sont vues bénéficier de plus de facilités et de meilleurs moyens pour profiter du grand flux d'images.

Parmi les outils du traitement d'images, plusieurs techniques d'analyse peuvent caractériser l'évolution temporelle de changements dans les images Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO). Ces techniques soulèvent de nouveaux défis en tant que volumes de données traités qui est énorme, la nature du capteur et les dimensions temporelles et spatiales qui devraient être considérées.

Dans la littérature, plusieurs travaux concernant la détection du changement entre deux images satellites ont été rapportés et rivalisent pour assurer le meilleur résultat possible.

Les techniques permettant de détecter les changements dans une scène donnée entre des acquisitions de dates différentes peuvent représenter des outils d'analyse de données efficaces pour les applications telles que le contrôle de l'environnement et la gestion des désastres. L'importance de ces applications est soulignée par le fait que, beaucoup d'établissements publics et privés, cherche une connaissance précise de la dynamique spécifique de changement.

Dans le domaine de l'imagerie optique, cette technique a été largement utilisée mais le handicap majeur reste la dépendance entre les acquisitions d'images et les conditions météorologiques (nuages, soleil, brouillard, etc.).

Les Radars à Synthèse d'Ouverture ont été moins exploités que les capteurs optiques dans le cadre de la détection de changement. Ceci est dû au fait que les images RSO souffrent de la présence du bruit de chatoiement (speckle) qui rend difficile l'analyse de telles données. En dépit de la présence du speckle, l'utilisation des capteurs RSO dans la détection de changement est potentiellement attrayante, et définitivement stimulante, du point de vue opérationnel. Les capteurs RSO présentent l'avantage (à la différence de l'optique) qu'ils sont indépendants des conditions atmosphériques et de la lumière du soleil. Ceci permet de prévoir et assurer la surveillance d'une région avec la synchronisation anticipée selon des exigences de l'utilisateur.

Comme on l'a mentionné au début du paragraphe précédent, plusieurs travaux sont menés autour de la détection de changements entre deux images satellitaires. Cependant, l'axe temporel de détection de changements à partir des séries d'images RSO reste encore un axe non suffisamment exploré.

II- Description du sujet

Autour de l'analyse multi-temporelle des séries d'images de télédétection, le problème de la détection de changement a été abordé avec une focalisation sur les différents aspects [4, 6, 7, 8, 10] qui incluent: les techniques de filtrage des images, le choix de la mesure de similarité pour comparer, deux à deux, la base multi-temporelle d'images et la méthode de classification de l'évolution temporelle des différentes zones de la scène considérée.

L'approche proposée comprend trois phases :

- La première phase de prétraitement consiste à corriger géométriquement les images RSO pour pouvoir les filtrer par la suite afin de réduire le bruit affectant l'information spatiale et aussi temporelle.
- La deuxième phase assure la génération des masques de changements entre deux images données à l'aide des mesures de similarités les plus adéquates.
- La dernière phase sert à classifier convenablement l'évolution temporelle de changements dans la scène.

Dans un premier temps, les images RSO seront corrigées des effets radiométriques et atmosphériques qui perturbent le signal. Une correction géométrique des images ou recalage sera envisagée puisque ces images ont été acquises avec des géométries différentes.

L'ensemble de ces corrections sont indispensables pour comparer les images prises sur une même zone d'étude à des dates différentes.

Durant la première phase, nous proposons également de mener une étude comparative entre les différentes méthodes de filtrage adaptées au cas des images satellites. On s'intéressera plus particulièrement au filtre à moyennes non-locales de Buades et al. [1], ou filtre NLmeans, fondé sur l'hypothèse qu'il existe des structures répétitives dans l'image. Ce filtre permet de considérer la similarité entre deux pixels en fonction de leur contexte spatial, prenant ainsi parti de la redondance structurelle de l'information. L'adaptation de ce filtre dans les séries temporelles d'images radar demande donc un plus grand raffinement [2, 3, 11]. L'idée est de définir un cadre théorique plus général que celui des NLmeans pour en extraire une méthode de débruitage adaptée à l'imagerie radar.

Pour la génération des masques de changements accomplie lors de la seconde phase, nous avons besoin d'un critère qui nous permet de classifier et de répertorier nos pixels en deux classes : la classe "changement" et celle "pas de changement". Un problème récurrent en imagerie est de trouver ce critère de similarité qui doit être robuste en présence de bruit.

Les mesures de similarité sont des opérateurs mathématiques permettant de quantifier la ressemblance entre deux images homogènes afin de déduire les changements significatifs. Ceci fût le point d'entrée de cette phase qui consiste à dégager les mesures de similarités les plus performantes et selon quel contexte.

Une fois les mesures de similarité sont décrites, nous pouvons dès lors commencer l'étude comparative entre ces différentes mesures pour évaluer leurs performances et observer leurs comportements et adaptation vis-à-vis des images considérées [5].

Une fois cette phase est réalisée, nous proposons, enfin, de développer une approche supervisée pour la classification de l'évolution temporelle des régions à partir des images de télédétection à l'aide de la méthode des séparateurs à vastes marges (SVM) en y appliquant un noyau basé sur les graphes. Ces graphes sont basés sur l'évaluation temporelle des changements des régions issues des cartes de changements obtenues précédemment. Le choix de cette méthode s'explique par le fait que cette dernière a été bien exploitée pour tous types d'images satellites [9].

Dans le cas des séries temporelles d'images de télédétection, l'objectif principal est d'identifier automatiquement pour chaque séquence d'entrée sa classe ou sa catégorie correspondante. Par conséquent, on parle d'une série temporelle d'objets et les classes correspondent aux différents comportements temporels de ces séquences. A titre d'exemple, un comportement peut être stable, périodique, abrupt, progressif, etc.

Cette approche sera appliquée sur des images saisonnières afin de suivre l'évolution des scènes à travers des cartes de changement intermédiaires (entre saisons).

Ces cartes, peuvent être exploitées pour la distinction entre les cartes de changement temporelles des zones qui sont en évolution continue ou irrégulière, ou des zones qui sont toujours stables dans le temps. Elles sont capables ainsi de nous livrer une information riche et fiable sur l'évolution temporelle des différentes zones de notre scène.

III- Etapes du travail

- ✓ Première Etape :
 - Comprendre le principe de l'imagerie satellitaire. Une connaissance des caractéristiques propres aux images radar s'avère nécessaire et primordiale.
 - Le candidat doit maîtriser la modélisation statistique des images radar.
 - Concevoir et simuler des séries temporelles d'images radar.
 - Se Familiariser avec les méthodes de filtrage : adaptatif, anisotrope, homomorphique, régularisation Markovienne, etc. En particulier, le candidat doit développer un algorithme de filtrage par moyennes non-locales en tenant compte du balayage spatio-temporel des séries d'images radar.
 - Le candidat doit se familiariser et développer des mesures de similarité.

- ✓ Deuxième Etape :
 - Proposer des améliorations de la méthode de filtrage spatio-temporel afin d'optimiser le temps de calcul et la mémoire nécessaire.
 - Mettre en place un protocole qui permet de faire un jugement objectif sur les performances et les comportements des différentes mesures de similarité.
 - Traiter la classification de l'évolution temporelle des différentes régions de la scène.

- ✓ Troisième Etape :
 - Validation de l'approche proposée.
 - Rédaction d'un article scientifique.
 - Rédaction du mémoire de Mastère.

IV- Bibliographie

- [1] A. Buades, B. Coll, and J.-M. Morel. A non-local algorithm for image denoising. In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), pages 60–65, 2005.
- [2] C.-A. Deledalle, L. Denis and F. Tupin. Iterative weighted maximum likelihood denoising with probabilistic patch based weights. IEEE Transactions on Image Processing, vol. 18, no. 12, pages 2661–2672, 2009.
- [3] S. Hachicha, C. Deledalle, F. Chaabane and F. Tupin. Multi-temporal SAR classification according to change detection operators. IEEE International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images (MultiTemp 2011), pages 133-136, 2011.
- [4] S. Hachicha and F. Chaabane. Multi-temporal SAR change detection and monitoring. Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS 2012), pages 293–298, 2012.
- [5] S. Hachicha and F. Chaabane. On the SAR change detection review and optimal decision. International Journal of Remote Sensing, vol. 35, no. 5, pages 1693–1714, 2014.
- [6] T. T. Lê, A. M. Atto, E. Trouve, A. Solikhin and V. Pinel. Change detection matrix for multitemporal filtering and change analysis of SAR and PolSAR image time series. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 107, pages 64–76, 2015.
- [7] S. Lobry, L. Denis and F. Tupin. Multi-temporal SAR image decomposition into strong scatterers, background, and speckle, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 9, no. 8, pages 3419–3429, 2016.
- [8] G. Quin, B. Pinel-Puysegur, J. M. Nicolas and Ph. Loreaux. MIMOSA: An Automatic Change Detection Method for SAR Time Series. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 52, no. 9, pages 5349–5363, 2014.
- [9] S. Réjichi, F. Chaabane and F. Tupin. Expert Knowledge-Based Method for Satellite Image Time Series Analysis and Interpretation. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 8, no. 5, pages 2138–2150, 2015.
- [10] X. Su, C.-A. Deledalle, F. Tupin and H. Sun. NORCAMA: Change Analysis in SAR Time Series by Likelihood Ratio Change Matrix Clustering. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 101, pages 247–261, 2015.
- [11] X. Su, C.-A. Deledalle, F. Tupin and H. Sun. Two-Step Multitemporal Nonlocal Means for Synthetic Aperture Radar Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 52, no. 10, pages 61817–6196, 2014.