

Avant-propos

**Abdourrahmane M. ATTO¹, Francesca BOVOLO²
et Lorenzo BRUZZONE³**

¹ *Université Savoie Mont Blanc, Annecy, France*

² *Fondazione Bruno Kessler, Trento, Italie*

³ *Université de Trento, Trento, Italie*

Cet ouvrage fait partie de l'Encyclopédie SCIENCES ISTE et appartient au domaine « Image » du département « Ingénierie et Systèmes ». Le domaine « Image » couvre l'ensemble de la chaîne de traitement, de l'acquisition à l'interprétation, en analysant les données fournies par divers systèmes d'imagerie. Ce domaine est divisé en sept thèmes qui incluent l'*imagerie de télédétection* (ITD). Les responsables de ce thème sont Emmanuel Trouvé et Avik Bhattacharya. Dans ce thème, nous proposons une série de livres qui illustrent de façons diverses et exhaustives les aspects avancés des images de télédétection et de leur application à l'*observation de la Terre* (OT). Il existe une demande croissante pour la surveillance et la prédiction de l'évolution de notre planète à l'échelle locale, régionale et mondiale. C'est pourquoi, au cours des quelques décennies écoulées, des plates-formes aériennes, spatiales et terrestres dotées de capteurs actifs et passifs ont acquis des images qui mesurent plusieurs caractéristiques à des résolutions spatiales et temporelles diverses.

L'ITD est devenue un large champ multidisciplinaire qui attire des scientifiques issus de domaines variés de la science et de l'ingénierie. Le but des ouvrages proposés dans cette série ITD est de présenter l'état de l'art et les connaissances scientifiques disponibles concernant les principales sources d'images acquises par des capteurs optiques et radars. Les livres couvrent les méthodes de traitement développées par la

communauté du traitement des signaux et images afin d'extraire des informations utiles aux usagers dans une vaste gamme d'applications d'OT pour les ressources naturelles.

Dans ce projet, chaque ouvrage d'ITD se focalise sur des sujets généraux comme la détection de changements, la mesure des déplacements de surface, la détection de cibles, l'inversion de modèles et l'assimilation de données. Ce premier livre de la série ITD est dédié à la *détection de changements* et à l'*analyse de séries chronologiques d'images*. Il présente des méthodes développées pour détecter des changements et analyser leurs évolutions temporelles à l'aide d'images optiques et/ou radars à synthèse d'ouverture (SAR) dans des contextes divers (par exemple paires d'images, séries chronologiques d'images). En se basant sur les nombreux travaux et applications dans ce domaine, le présent ouvrage est divisé en deux volumes dédiés respectivement aux approches *non supervisées* et *supervisées*. Les méthodes non supervisées nécessitent peu ou pas d'informations émanant d'experts pour résoudre un problème, contrairement aux méthodes supervisées, en particulier au sens de la mise à disposition d'une grande quantité de données d'apprentissage étiquetées à la méthode avant de tester ladite méthode.

Volume 1 : méthodes non supervisées

Une partie significative du présent ouvrage est dédiée à une large gamme de méthodes non supervisées. Le premier chapitre donne un aperçu des motivations de ce choix et introduit deux approches non supervisées pour la détection de changements multiples dans des images multispectrales bitemporelles. Les chapitres 2 et 3 introduisent le concept de détection de changements dans les séries chronologiques et le situent dans le contexte de l'analyse statistique de matrices de covariance. Le premier de ces chapitres se concentre sur une analyse directionnelle pour la détection de changements multiples et des tests sur une série chronologique de données polarimétriques de SAR. Le second se focalise sur une analyse locale pour la détection de changements binaires et propose plusieurs estimateurs de matrices de covariance et les mesures en théorie de l'information qui leur correspondent pour des données SAR multivariées. Les quatre derniers chapitres portent davantage sur des applications. Le chapitre 4 aborde les représentations fonctionnelles (ondelettes et filtres à réseaux de neurones à convolution) pour l'extraction d'attributs dans une approche non supervisée. Il propose une détection d'anomalies et un *clustering* d'évolution fonctionnelle issus de ce cadre en utilisant l'information d'entropie relative extraite d'une décomposition de données SAR. Le chapitre 5 traite de la sélection de métriques qui sont sensibles à la variation de l'état de la neige dans le contexte de la cryosphère en mettant l'accent sur les zones montagneuses. Des métriques comme les rapports de corrélation croisée et la distance de Hausdorff sont analysées par rapport à des images de référence optimales afin d'identifier des stratégies optimales de seuillage pour la détection de la

neige mouillée en utilisant des séries chronologiques d'images de Sentinel-1. Le chapitre 6 présente l'analyse des séries chronologiques dans le contexte de la prévision et de la surveillance spatio-temporelles d'évènements météorologiques se déplaçant rapidement tels les cyclones. L'application bénéficie de la fusion de données de télédétection sous l'hypothèse de champ dynamique fractionnaire sur le comportement des cyclones. Le chapitre 7 propose une analyse basée sur des points caractéristiques pour la modélisation de textures par la théorie des graphes. Une telle approche surmonte les difficultés dues à des voisinages denses de grande taille qui affectent les approches basées sur un contexte spatial. L'application proposée dans ce chapitre concerne la mesure de l'écoulement de glaciers dans des images bi-temporelles. Le chapitre 8 se focalise sur la détection de nouveaux types d'occupation des sols par une détection de changements basée sur une classification ou une détection de changements basée sur les attributs/pixels. La surveillance de la construction de nouveaux bâtiments dans des scénarios urbains et suburbains sur une grande échelle régionale au moyen d'images de Sentinel-1 et -2 est envisagée comme application. Le chapitre 9 se concentre sur la modélisation statistique de classes dans l'image dite des différences et élabore de bout en bout un modèle multiclasse pour celle-ci dans le contexte de l'analyse des vecteurs de changements.

Volume 2 : méthodes supervisées

Le second volume de cet ouvrage est dédié aux méthodes supervisées. Le chapitre 1 de ce volume traite de la fusion de données multicauteurs, multirésolutions et multitemporelles. Ce chapitre passe en revue les progrès récents dans la littérature et propose deux solutions supervisées basées sur des champs aléatoires de Markov : l'une s'appuie sur un arbre quaternaire et la seconde est conçue spécifiquement pour traiter des séries chronologiques multitemps, multifréquences et multirésolutions. Le chapitre 2 offre un aperçu des méthodes basées sur les pixels pour la classification de séries chronologiques, depuis les plus anciennes méthodes d'apprentissage peu profond jusqu'aux approches les plus récentes basées sur l'apprentissage profond. Ce chapitre inclut également de bonnes pratiques pour la préparation et la gestion des données de référence qui sont des tâches cruciales dans les méthodes supervisées. Le chapitre 3 se concentre sur les séries chronologiques de données à très haute résolution spatiale et l'utilisation d'informations sémantiques pour modéliser des schémas d'évolution spatio-temporelle. Le chapitre 4 se focalise sur les défis de l'analyse de séries chronologiques denses, notamment les aspects de prétraitement et une taxonomie des méthodologies existantes. Enfin, étant donné que l'évaluation d'un système d'apprentissage se prête à de multiples considérations, les chapitres 5 et 6 proposent des évaluations extensives des méthodologies utilisées pour produire des cartes de changements induits par les tremblements de terre, en mettant l'accent sur leurs forces et leurs carences (chapitre 5), et les systèmes d'apprentissage profond dans le contexte

de la classification multiclass multi-étiquette de changements d'état sur des observations de glaciers (chapitre 6).

Cet ouvrage couvre à la fois des aspects méthodologiques et applicatifs. Du point de vue méthodologique, des contributions sont apportées par rapport à l'extraction d'attributs et un grand nombre de métriques d'évaluation pour les problèmes de détection de changements, de classification et de prédiction. Une analyse a été réalisée à la fois sur des images bi-temporelles et des séries chronologiques, illustrant des méthodes tant non supervisées que supervisées et prenant en considération aussi bien des sorties binaires que multiclass. Plusieurs applications sont mentionnées dans les chapitres incluant entre autres l'agriculture, les zones urbaines et l'analyse de la cryosphère. Le présent ouvrage donne une appréciation en profondeur de l'évolution de la détection de changements et de l'analyse des séries chronologiques dans l'état actuel de la technique, ainsi qu'un aperçu des plus récents développements.