
Génie ontologique et raisonneurs : application aux images satellitaires

Samuel Andrés

UMR 228 ESPACE-DEV (IRD - UM2)

Maison de la Télédétection

500 rue Jean-François Breton-34093 Montpellier Cedex 5

samuel.andres@ird.fr

RÉSUMÉ. Dans les systèmes d'information environnementaux, les observations effectuées à partir de capteurs de natures diverses constituent le socle de l'information. Les avancées technologiques et la mise à disposition des images satellitaires permettent aujourd'hui de traiter une grande quantité d'information à des échelles très différentes. Cependant, la connaissance humaine nécessaire à leur exploitation n'est pas issue du monde binaire et dépend d'une expérience, d'un contexte, d'un domaine et comporte des ambiguïtés. Dans le contexte de la télédétection, les recherches les plus récentes s'appuient sur une approche dite « orientée objet ». En informatique, la formalisation de la connaissance proposée par le génie ontologique permet l'expression de la connaissance thématique. Rapprocher ces deux domaines est l'un des principaux objectifs du projet CARTAM-SAT dans lequel s'inscrit mon travail de thèse.

ABSTRACT. In environmental information systems, the observations from sensors of various types are the foundation of information. Technological advances and the provision of satellite images now allow to process a large amount of information at very different scales. However, human knowledge necessary for their exploitation is not end of binary world and depends on experience, context, domain and contains ambiguities. In the context of Remote Sensing, the latest research rely on an "object-based" called approach. In computing sciences, the knowledge formalization proposed by the ontological engineering allows the expression of thematic knowledge. Bringing these two domains closer is one of the main objectives of the CARTAM-SAT project my thesis work is inscribed in.

MOTS-CLÉS : Ontologies, télédétection, observation de la terre, images satellitaires.

KEYWORDS: Ontologies, remote sensing, earth observation, satellite images.

1. Introduction

L'évolution actuelle des systèmes d'information dans le domaine environnemental trouve des applications pratiques en observation de la terre, suivi de dynamiques environnementales ou de l'impact de l'évolution climatique, etc. Ces problématiques à déclinaison géographique font appel à des données globales et locales. Les images satellitaires d'observation de la terre constituent une source d'information importante et complémentaire des données terrain. La difficulté majeure à laquelle on se trouve alors confronté, consiste à extraire de ces images les « objets » permettant de conforter ou infirmer (et donc de ce fait enrichir) les connaissances des experts du domaine. Les recherches actuelles en télédétection proposent, moyennant des prétraitements de calibration géométrique et radiométrique, des interprétations basées sur des caractéristiques physiques (réflectance, température) porteuses de sens.

Cette première sémantique physique que l'on peut qualifier de « bas niveau » est encore très éloignée des concepts thématiques que les experts manipulent dans leur raisonnement sur la biodiversité, les problématiques sanitaires ou l'aménagement du territoire. Se pose dès lors le problème de l'utilisation de la connaissance experte dans l'exploitation des images pour extraire des informations de plus haut niveau que des mesures physiques. D'après (Smeulders *et al.*, 2000), un **fossé sémantique**, ou « manque de concordance entre l'information que l'on peut extraire des données visuelles et l'interprétation que l'on peut en faire dans une situation donnée » sépare ces deux domaines. Notre objectif est de réduire ce fossé à l'aide des ontologies.

Une première réponse à ce constat relève de la classification¹ et consiste à étiqueter chaque pixel² en utilisant les signatures spectrales propres à différentes natures de surfaces. Très intéressante, elle a donné lieu à des travaux permettant son automatisation (Baraldi *et al.*, 2006) et on constatera qu'elle passe déjà par une formalisation de la connaissance (dans l'algorithme).

Cet article rappelle le contexte de la recherche en section 2 avant d'effectuer un tour d'horizon des approches combinant images et ontologies (3). Ensuite, nous définissons en section 4 le fil directeur de la réflexion menée avant d'évoquer les questions qui restent posées. Nous détaillons pour finir quelques perspectives offertes.

2. Contexte

Les travaux relatés dans cet article s'effectuent au sein de l'UMR ESPACE-DEV qui allie des chercheurs thématiques, télédéTECTEURS et informaticiens et s'inscrivent dans le cadre du projet CARTAM-SAT dont l'objectif est d'assurer la chaîne complète de traitements permettant d'aller du capteur à l'acteur. Nous visons l'élaboration d'une

1. Attribution d'une classe à un élément.

2. Chaque pixel de l'image possède une caractéristique spatiale (les dimensions de la zone couverte au sol) et une caractéristique spectrale : l'intensité de la luminance mesurée dans la bande spectrale, exprimée en compte numérique.

approche innovante pour l'interprétation des images satellitaires en guidant celle-ci par la connaissance thématique.

Les logiciels commerciaux d'assistance à l'interprétation d'images satellitaires sont aujourd'hui performants et permettent au télédéacteur d'appliquer et de combiner de nombreuses techniques de traitement d'images qui sont actuellement :

- Ou bien centrées sur la classification des pixels (comme évoqué en introduction) et principalement basées sur la radiométrie ;

- Ou bien dites *orientées objet*. Dans ce cas, il s'agit de commencer par regrouper les pixels en *segments d'image* (segmentation), de manière à se rapprocher le plus possible d'*objets de l'image* significatifs pour l'observateur (Castilla *et al.*, 2008). La classification de ces objets peut s'appuyer sur des critères de texture ou de forme en complément de la radiométrie.

La démarche d'exploitation des images est souvent empirique et le résultat dépend généralement d'un processus d'ajustement (essai/erreur), en particulier jusqu'à obtenir une segmentation satisfaisante. Ces logiciels ne favorisent donc pas la capitalisation de la connaissance experte par son expression formelle, mais au contraire sa personnalisation et son adaptation à des contextes particuliers.

Formaliser la connaissance des télédéacteurs relative aux caractéristiques intrinsèques à la *nature* des objets observables sur les images satellitaires permettrait de séparer la connaissance experte du traitement d'image pour mieux les associer et réduire ainsi le fossé sémantique. Cela pourrait contribuer au passage d'un raisonnement assisté à un début d'automatisation.

3. État de l'art

Une ontologie est une spécification explicite et partagée de la conceptualisation d'un domaine (Gruber, 1995). Les ontologies sont utilisables de manière très souple et leur articulation avec les images est prise en particulier des formes diverses.

L'emploi du génie ontologique est proposé pour structurer l'annotation manuelle d'images (Hyvönen *et al.*, n.d.), malgré les inconvénients de cette technique fastidieuse et subjective (Schober *et al.*, 2004). Dans (Hassan *et al.*, 2009) les ontologies servent de guide à l'étape de segmentation. Elles contiennent les paramètres de l'algorithme de segmentation et les concepts relevant de l'expertise humaine attribuables aux régions. La segmentation initiale est ensuite affinée de manière à rapprocher les segments des concepts décrits dans l'ontologie, en particulier grâce à leurs caractéristiques de forme. Les travaux de (Hudelot *et al.*, 2008) utilisent une ontologie basée sur la réification des relations spatiales en imagerie médicale. Toutefois, ce type d'ontologie ne peut être utilisé directement dans le cas des images satellitaires.

En télédétection, les ontologies servent en premier lieu à représenter la connaissance experte (Boussaid *et al.*, 2006). Le rapprochement entre les concepts issus de cette connaissance et les objets de l'image s'opère via leurs caractéristiques dans

l'image (spectrales, spatiales, contextuelles...), soit dans le sens d'un apprentissage (Puissant *et al.*, n.d.), soit en utilisant un algorithme d'appariement (Durand *et al.*, 2007).

Les logiques de description, liées à la structuration de la connaissance, peuvent aussi jouer un rôle en ouvrant la porte au raisonnement automatique, comme le montre (Schober *et al.*, 2004) sur des photographies de paysage.

Nous pensons également que le génie ontologique peut se révéler utile dans l'exploitation des images satellitaires. Il ne s'agit ni de révolutionner les paradigmes d'appréhension de l'image par pixel ou par objet, ni de revisiter fondamentalement les algorithmes de segmentation mais d'exploiter les points forts de chaque approche en explicitant la connaissance experte.

4. Description automatique d'une image segmentée

Le fil directeur de notre réflexion consiste à considérer le génie ontologique comme un terrain intermédiaire entre le monde de l'image satellitale et le monde de la connaissance experte.

4.1. Méthodologie et outils

La thèse a débuté classiquement par une appropriation du domaine, c'est-à-dire une analyse des méthodes de traitement de l'image satellitale, des problèmes rencontrés lors de l'interprétation de ces images par les télédéTECTEURS. Nous avons aussi investigué le domaine de la représentation des connaissances (formalismes et outils du génie ontologique).

Cette étape passée, nous avons tenté de proposer les premières solutions au problème du fossé sémantique. La méthodologie que nous avons choisie consiste à utiliser la formalisation de la connaissance experte des télédéTECTEURS via deux ontologies afin que celle-ci devienne numérique et exploitable directement par les machines.

Pour nous, le monde numérique correspond aux données manipulées par l'outil de traitement des images satellitaires que nous avons choisi. Entre autres, *Orfeo Toolbox* (OTB) s'est avéré adapté à nos besoins. Il s'agit d'une bibliothèque logicielle développée par le Centre National d'Études Spatiales (CNES) français sous licence libre³. Il est ainsi possible de garder l'entière maîtrise du travail de recherche sans crainte de subir des modifications effectuées par l'éditeur. OTB permet de réaliser des opérations telles que l'extraction de bandes spectrales, le calcul d'indices et de textures, des segmentations ou des classifications.

3. http://smc.cnes.fr/PLEIADES/Fr/lien3_vm.htm

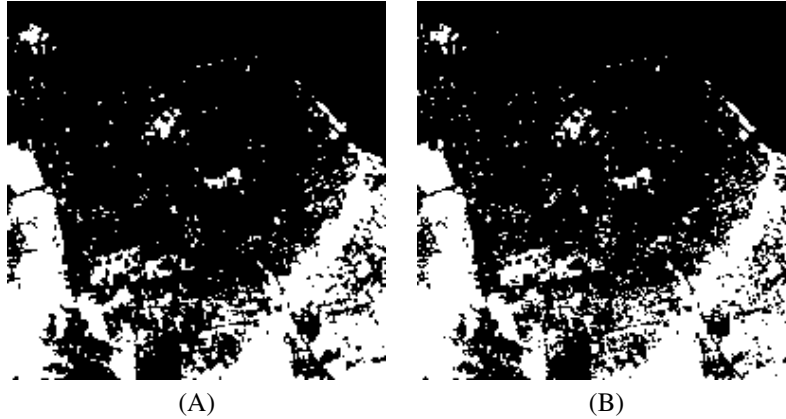


Figure 2. En (A), les segments considérés comme végétaux sont en blanc. Le résultat est proche de l'analyse des pixels sur laquelle les pixels dont l'indice de végétation est compris entre 0,3 et 0,8 apparaissent en blanc (B).

comme ayant une moyenne caractéristique d'indice de végétation comprise entre 0,3 et 0,8 (Derivaux *et al.*, 2008). C'est à partir de cet exemple que nous avons réalisé les premiers essais.

Une fois la connaissance image et la connaissance experte explicitées et formalisées il devient possible d'utiliser la puissance des logiques de descriptions sous-jacentes pour inférer une sémantique des segments. Le raisonnement peut-être appliqué de manière automatique par des raisonneurs disponibles au travers d'interfaces de programmation ou bien intégrés dans des logiciels. C'est ce que nous avons commencé à faire avec la définition du segment végétal, de manière à valider le principe de notre approche (voir figure 2).

Il est important de remarquer que les concepts de la connaissance experte sont issus des concepts de l'image : ce sont pour la plupart des spécialisations du concept de *segment d'image* et non pas des concepts de terrain. Il ne s'agit pas de donner une description de la *forêt comme environnement* mais bien du *morceau d'image qui représente de la forêt*. Naturellement, à un niveau supérieur, le concept de *segment d'image représentant de la forêt* et celui de *forêt sur le terrain* sont liés. Mais ils ne sont pas équivalents et leur nature est même radicalement différente.

5. Verrous

Au fur et à mesure de nos travaux de recherche nous sommes confrontés à plusieurs verrous, techniques ou plus fondamentaux.

Les méthodes d'exploitation les plus robustes sont basées sur les données (classification par pixel...). Les méthodes guidées par la connaissance (analyse orientée objets) le sont moins. Le verrou essentiel réside dans l'élaboration d'une classification à la fois robuste et guidée par la connaissance.

Les premiers essais de raisonnement automatique découlant de la combinaison des concepts de l'image et de la connaissance experte se sont révélés encourageants et nous confortent dans notre méthodologie. Cependant, la complexification de l'expression de la connaissance, l'augmentation du nombre de segments et de leurs caractéristiques nous amène aux limites actuelles des raisonneurs (passage à l'échelle). Nous envisageons pour cela de réduire les caractéristiques des segments en remplaçant les descriptions spectrales et pseudo-spectrales par la classe du segment issue de la classification préalable à la segmentation. Dans cette hypothèse, la classification initiale jouerait donc un rôle important et il serait intéressant de creuser la piste de son paramétrage par une ontologie de manière à séparer la connaissance experte du traitement.

6. Conclusion et perspectives

6.1. Rattachement à l'ontologie SWEET

Pour le moment, les concepts primitifs de l'image sont posés isolément. Nous envisageons de consolider prochainement ce travail en rattachant l'ontologie de l'image à une ontologie de haut niveau. L'ontologie SWEET, développée par la NASA pourrait servir de support à la conceptualisation d'une connaissance thématique environnementale⁵. À cet égard, elle représente un candidat intéressant dans la perspective de rapprocher les concepts de télédétection et les thématiques environnementales.

6.2. Les objets dans leur contexte (relations spatiales et temporelles)

L'utilisation de critères spectraux et pseudo-spectraux devrait être affinée par une connaissance à l'échelle de l'objet comme la forme. Il serait intéressant de prendre encore davantage de recul en intégrant une connaissance sur le contexte spatial et temporel de l'objet.

Concernant le contexte spatial, nous envisageons entre autres pistes, d'explorer les possibilités offertes par QGis pour déterminer les relations topologiques entre les segments. Les relations spatiales dépendent du domaine d'application et il n'est pas certain que les pistes explorées dans le domaine médical (Hudelot *et al.*, 2008) soient directement transposables en imagerie satellitaire. Des travaux sont en cours concer-

5. Il s'agit de thématiques liées aux habitats et à la biodiversité développées dans le cadre du projet BIO-SOS

nant la modélisation de la connaissance spatiale qui nous permettrait de l'intégrer dans la base de connaissance experte.

Concernant les relations temporelles, de nombreuses questions se posent quant à la comparaison de deux images. En particulier : le même objet (au sens de l'identité) peut-il se retrouver sur deux images à des moments différents ? Cela peut poser des problèmes en cas de mouvement ou de changement de nature. D'autres travaux nourrissent notre réflexion sur le sujet qui reste pour le moment à l'état de perspective.

7. Bibliographie

- Baraldi A., Puzzolo V., Blonda P., Bruzzone L., « Automatic spectral rule-based Preliminary Mapping of calibrated Landsat TM and ETM+ images », *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, vol. 44, n° 9, p. 2563 - 2586, september, 2006.
- Boussaid O., Sheeren D., Puissant A., Gañarski P., « Développement d'une ontologie pour la classification d'images en télédétection », *Actes SAGEO 2006*, 2006.
- Castilla G., Hay G. J., *Object-based image analysis : spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications*, Springer, chapter Image objects and geographic objects, p. 91-110, 2008.
- Derivaux S., Forestier G., Wemmert C., Lefevre S., « Extraction de détecteurs d'objets urbains à partir d'une ontologie », *Atelier Extraction de Connaissance à partir d'Images (ECOI), Journées Francophones Extraction et Gestion des Connaissances (EGC 2008)*, Sophia Antipolis, France, p. 71-81, Jan, 2008.
- Durand N., Derivaux S., Forestier G., Wemmert C., Gañarski P., Boussaïd O., Puissant A., « Ontology-based object recognition for remote sensing image interpretation », *19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, vol. 19, p. 472 - 479, October, 2007.
- Gruber T. R., « Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing », *International Journal of human Computer Studies*, vol. 43, p. 907-928, 1995.
- Hassan S., Hétyroy F., Palombi O., « Segmentation de maillages guidée par une ontologie », *22èmes journées de l'association francophone d'informatique graphique*, Arles, 2009.
- Hudelot C., Atif J., Bloch I., « Fuzzy spatial relation ontology for image interpretation », 2008.
- Hyvönen E., Styrman A., Saarela S., « Ontology-Based Image Retrieval », n.d., University of Helsinki.
- Puissant A., Sheeren D., Weber C., Wemmert C., Gañarski P., « Amélioration des connaissances sur l'environnement urbain : intérêt de l'intégration de règles dans les procédures de classification », n.d., Interactions Nature-Société, analyse et modèles. UMR6554 LETG, La Baule 2006.
- Schober J.-P., Hermes T., Herzog O., « Content-based image retrieval by ontology-based object recognition », in *KI-2004 Workshop on Applications of Description Logics*, p. 61-67, 2004.
- Smeulders A. W. N., Worring M., Santini S., Gupta A., Jain R., « Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years », *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, vol. 22, n° 12, p. 1349-1380, December, 2000.