HAL
open science

# Extraction de connaissances pour la description d'images satellitaires à très haute résolution spatiale

Erick Lopez-Ornelas, Florence Sèdes

## To cite this version:

Erick Lopez-Ornelas, Florence Sèdes. Extraction de connaissances pour la description d'images satellitaires à très haute résolution spatiale. Revue des Nouvelles Technologies de l'Information, 2005, AEGC 2005, RNTI-E-5, pp.365-370. hal-03783522

**HAL Id: hal-03783522**

**https://hal.science/hal-03783522v1**

Submitted on 27 Sep 2022

**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.

# Extraction de connaissances pour la description d'images satellitaires à très haute résolution spatiale

Erick Lopez-Ornelas*, Florence Sèdes **

* LTHR, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 4, erick.lopez@cesbio.cnes.fr
** IRIT, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 4, sedes@irit.fr

**Résumé.** L'arrivée des images de télédétection à très haute résolution spatiale impose de reconsidérer les méthodes de description des surfaces représentées dans les images satellites. Dans ce qui suit, nous proposons une approche de segmentation morphologique auto-adaptative d'images satellitaires à très haute résolution spatiale. La segmentation est associée à l'exploitation des données élicitées tout au long du processus, dans l'objectif de collecter, modéliser et homogénéiser ces données au sein de descripteurs. Exploiter l'information ainsi disponible sur les objets implique la prise en compte des relations spatiales, décrivant les relations entre les objets, et leurs caractéristiques. La modélisation et la génération de descripteurs proposées rendent une telle approche opérationnelle originale dans le contexte des méthodes de télédétection.

## 1 Introduction

L'imagerie spatiale à très haute résolution fait évoluer actuellement la perception que l'on avait de la Terre, en donnant une vision proche de celle qui est délivrée par les images aériennes. Aujourd'hui, la résolution des images d'observation civile atteint les niveaux métriques et infra métriques : les satellites SPOT5 (Cnes, France), ALOS (Nasda, Japon), IKONOS (Space Imaging, Etats-Unis), QUICKBIRD (DigitalGlobe, Etats-Unis) fournissent des images entre 2.5 m et 0.6 m de résolution. Ces progrès ont été réalisés en un laps de temps très court et les techniques de traitement d'images (Cocquerez et al., 1995), utilisées, dans ce contexte précis, en télédétection n'ont pas évolué aussi vite que les technologies d'acquisition, laissant d'énormes volumes de données stockées inexploitées.

L'amélioration de la perception permet de visualiser et d'analyser des objets jamais vus auparavant en télédétection (voitures, bâtiments, arbres, etc.) ce qui génère des images très hétérogènes. Il devient dès lors nécessaire de développer de nouvelles méthodes d'exploitation de cette imagerie pour en permettre une exploitation exhaustive. Dans cette perspective, la segmentation des images d'observation de la Terre est un domaine dans lequel de nombreux travaux sont indispensables, compte tenu de la faible utilisation actuelle de ce type d'approche en télédétection, afin de parvenir à des processus d'analyse et d'enrichissement *via* l'extraction et la modélisation de connaissances élicitées, avec comme objectif une recherche d'information a posteriori.

L'enjeu de ces travaux est de rechercher une stratégie de segmentation permettant de traiter le plus grand nombre de situations possibles, et c'est dans ce but que nous avons choisi d'utiliser une description par des graphes et des opérateurs de morphologie

mathématique (Serra, 1982). Les opérateurs morphologiques permettent une approximation de la fonction image comme par un échantillonnage quelconque. Ils permettent également d'exploiter leur non linéarité bien adaptée au traitement d'images variées sur lesquelles on ne peut faire aucune hypothèse *a priori* de distribution de la variabilité spatiale.

La description par les graphes permet de disposer d'une information sur les relations spatiales entre les objets pendant le processus de segmentation. L'approche proposée associe ce processus de segmentation de l'image et la construction des descripteurs d'objets correspondants, basée sur l'élicitation des caractéristiques de l'image, qui permettront leur exploitation par une interrogation *ad hoc*.

## 2 Processus de segmentation

Rappelons que la segmentation consiste à diviser l'ensemble des pixels de l'image en régions connexes, homogènes et différentes de leurs voisines (Gonzalez et al., 1993 ; Pal et al., 1993 ; Zucker, 1976). La première phase du processus de segmentation consiste à calculer une approximation de la fonction image par un échantillonnage quelconque en forme et en taille. L'intérêt est l'obtention d'une sur-segmentation auto-adaptée à la fonction image à laquelle un processus de croissance de régions est appliqué. Des processus de quantification et d'échantillonnage peuvent être appliqués afin de réduire le bruit ou les variabilités locales du signal non significatives. Un tel pré-traitement réalise la première agrégation de pixels, et il réduira la scène désirée en un ensemble de petites entités qui forment une première approximation de l'image. Cela permet ensuite une convergence plus rapide du traitement d'agrégation dans la suite du processus. Cette étape de pré-traitement est facultative et son utilisation dépend de la finesse de segmentation désirée.

Cette phase de pré-traitement peut être effectuée par le calcul de la Ligne de Partage des Eaux (*LPE*) appliquée au gradient de l'image filtrée et/ou échantillonnée. Cette méthode est basée sur un processus simulé "d'inondation" des différentes zones. L'idée de cette partition est la suivante (Vincent et al., 1991) : (i) action d'inondation à partir des niveaux de gris plus bas ; (ii) quand une rencontre de propagations se produit depuis deux zones différentes, nous obtenons un segment (un «barrage») qui sera maintenu jusqu'à la convergence de l'algorithme (et l'inondation des niveaux de gris plus élevés sera poursuivie) ; (iii) les entités obtenues forment la ligne de partage des eaux (*LPE*) finale, qui sera constituée par les contours fermés des objets contenus dans l'image. A l'issue du processus, dont l'itération conduit à l'agrégation des régions adjacentes et « proches » en terme de niveaux de gris, cette image est sur-segmentée et constituée par des régions considérées dès lors comme iso-photométriques $R_i=\{r_{i1},r_{i2},...,r_{in}\}$ de tailles et de formes différentes. Elle constitue donc une sorte d'échantillonnage quelconque qui est le point de départ pour effectuer la suite du traitement, qui va constituer en la construction du graphe.

Afin d'appliquer le traitement morphologique qui suit, les régions issues du pré-traitement (*LPE*) sont considérées comme des cellules de Voronoï. En effet, l'ensemble des régions formant l'image, est identifié à un diagramme de Voronoï $Vor(P)$ quelconque auto-adapté à la fonction image. De façon duale, la triangulation de Delaunay est obtenue à partir du diagramme de Voronoï comme : $DT(p)=(P,A)$, où $P$ est l'ensemble de sommets, et $A$ est l'ensemble d'arêtes défini comme : $A = \left\{(p, p_1) \in P^2, Vor(p) \cap Vor(p_1) \neq \varnothing\right\}$

Ce processus permet de représenter le graphe en utilisant une triangulation de Delaunay (*DT*). Ainsi, l'image est décrite par le graphe *DT* où un sommet $p_i$ représente un polygone iso-photométrique $r_i$ et est relié à un autre sommet $p_j$ de $r_j$ par un arête, si et seulement si, il existe entre $r_i$ et $r_j$ une frontière commune. Une arête relie un couple de sommets ($p_i$, $p_j$) en une paire s'il existe dans le graphe une suite de points adjacents commençant à $p_i$ et se terminant à $p_j$.

Nous utilisons ensuite une technique de segmentation basée sur la morphologie mathématique (Serra, 1982). Le principe du processus de segmentation proposé repose sur l'application des opérations morphologiques appliquées dans le graphe *G* issu de la triangulation de Delaunay (Flouzat et al., 1997). La segmentation commence par une application du processus à la partition de l'image *I* en régions iso-photométriques réalisant la première approximation et où les contours des régions $R_i$ constituent le premier graphe de Voronoï. L'ensemble des centres de gravité des cellules de Voronoï constitue les sommets de la triangulation de Delaunay auxquels sont associées les valeurs du graphe décimal modifiées par les transformées morphologiques.

Dans les images, ces sommets (*p*) constituent une trame quelconque découlant uniquement des voisinages des polygones $r_i$ de l'image *I* et sont affectés de la valeur radiométrique correspondante : le graphe est alors un graphe décimal où $G(p_i)$ est la valeur de $p_i$ dans le graphe décimal. C'est donc sur celui-ci, et non plus sur l'image elle-même, que sont appliquées les opérations morphologiques qui génèrent la segmentation en appliquant les transformations successives à l'ensemble de $Vor(P)$.

Le principe physique de la croissance de régions consiste à transformer la valeur $G(p)$ en lui affectant la valeur radiométrique $val(p_i)$ la plus «proche» et présente en fonction des règles d'ordonnancement générées par les filtres morphologiques. Comme $val(p_j) = val(p_i) \Rightarrow val(r_i) = val(r_j)$, le processus de croissance vient de l'union $r_i \cup r_j = r_n$. Le segment $r_n$ est donc le résultat de la croissance de régions.

Le processus de croissance et d'agrégation des régions iso-photométriques doit impérativement être contrôlé par un ensemble de paramètres qui servira à segmenter les entités désirées. Trois catégories de paramètres sont alors accessibles : i) ceux qui agissent sur l'image initiale une seul fois, avant le processus de segmentation, et qui génèrent une nouvelle image à segmenter (*LPE*), ii) ceux qui prennent en compte les caractéristiques spatiales lors du processus d'agrégation des régions (comparaison de surface et longueur de contact entre les régions) et iii) ceux qui tiennent en compte des valeurs iso-photométriques des régions lors du processus d'agrégation (ouverture et fermeture). La qualité de la segmentation est fortement liée au choix des «bons» paramètres. Une boucle est alors requise afin d'alterner les filtres utilisés en mettant à jour le graphe décimal et de continuer à agréger les régions en appliquant les mêmes opérations morphologiques, et en vérifiant l'ensemble des paramètres jusqu'à atteindre la stabilité correspondant à la paramétrisation de la segmentation. La segmentation est alors arrivée à son terme et les régions correspondant aux objets à détecter identifiées.

# 3 Construction des descripteurs

L'extraction des informations sur les régions est réalisée tout au long du processus, essentiellement à partir de l'étape générant les graphes de fin de segmentation. Le descripteur concerne le deuxième niveau de description symbolique de l'image (après la

segmentation) qui conduit à une structure de données décrivant la région et donnant accès à l'ensemble de ses caractéristiques, intrinsèques ou spatiales. Les caractéristiques intrinsèques découlent directement de la segmentation, comme la superficie, le périmètre, la compacité, la valeur numérique moyenne de la région, le rectangle englobant *REM*, le centre de gravité *grav*.

Les caractéristiques spatiales sont calculées à partir du centre de gravité *grav* de chaque région $r_i$ et traduisent les relations entre $r_i$ et ses voisines. La triangulation de Delaunay nous permet d'identifier l'ensemble des régions voisines (au sens de l'adjacence) de $r_i$ que nous représenterons dans ce qui suit par la notation formelle $Voisin(r_i)$. Compte tenu du contexte d'application de l'approche, nous avons choisi de ne représenter dans un premier temps que trois types de relations spatiales entre régions : relation métrique (distance entre les centres de gravité $grav(r_i)$ et $grav(r_j)$ de ces deux régions), cardinale (angle entre $grav(r_i)$ et $grav(r_j)$) et topologique entre $r_i$ et chacune de ses voisines $r_j$ , $r_j \in Voisin(r_i)$, traduisant la position relative de ces deux régions selon (Egenhofer, 1989). D'autres caractéristiques intrinsèques peuvent, dès lors, être intégrées dans les descripteurs, selon la méthode implémentée en amont, et les résultats fournis, comme la forme de la région, sa texture, etc. (Amous et al., 2002).

Les caractéristiques sur chaque région ainsi que sur ses relations spatiales avec ses voisines sont stockées dans un descripteur indépendamment de l'image (Ma et al., 1999 ; Gong, 1999 ; Picard et al., 1995). Un tel descripteur regroupe donc des métadonnées (Chrisment et al., 2002 ; Martinez, 2002 ; Vakali, 2004) qui sont alors disponibles *via* un nombre minimum d'opérations sans nécessiter forcément d'accès à l'image proprement dite, du moins pour évaluer les prédicats et conditions exprimés. Cette indépendance entre le descripteur et l'image présente l'avantage essentiel de faciliter le traitement final des images sans se focaliser sur l'image elle-même.

# 4 Conclusion

Notre but ici est de montrer comment le principe d'une approche d'extraction d'objets à partir d'images THR spatiales a été adapté pour intégrer la construction de descripteurs associant les caractéristiques (métadonnées) aux objets identifiés. Dans la méthode décrite ici, la segmentation morphologique permet d'extraire les objets et de calculer leurs relations spatiales. L'architecture globale est donc fondée sur le module de segmentation, qui produit les segments et les liens vers les caractéristiques (données réelles) de l'image. Après le traitement de l'image d'entrée, sont extraites les caractéristiques des objets, caractéristiques intrinsèques et relations spatiales, intégrées dans un processus de modélisation basé sur des descripteurs semi-structurés. Pratiquement, la description des objets permet de les traiter sans accéder à l'image initiale, seulement en manipulant les métadonnées (Smith et al., 1999). La flexibilité et la souplesse de modélisation des données semi-structurées prennent ici toute leur importance, *via* des descripteurs XML.

# Références

Amous, I., Jedidi, A., Sèdes, F. (2002) A contribution to multimedia document modeling and organizing. 8th OOIS'02, LNCS n° 2425, p. 434-444.

Chrisment, C., Sèdes, F. (2002) Multimedia Mining, Multimedia Systems and Applications Series, Kluwer Academic Publisher, Vol. 22, ISBN 1-4020-7247-3, 245, Oct.
Cocquerez, J.P., Philipp, S. (1995), Analyse d'images : filtrage et segmentation, Masson.
Egenhofer, M. (1989) A formal definition of binary topological relationships. LNCS 367, p. 457-472.
Flouzat G., Amram O. (1997) Segmentation d'images satellitaires par analyse morphologique spatiale et spectrale, Acta Stereologica, Vol. 16, p. 267-274.
Gong, Y. (1999) Advancing content-based image retrieval by exploiting image colours and regions features, Multimedia Systems, Vol. 7, no 6, p. 449-457, Nov.
Gonzalez, R. and Woods, R. (1993) Digital Image Processing, Addison-Wesley.
Ma, W-Y., Majunath, B. S. (1999) NeTra: A toolbox for navigating large image databases, Multimedia Systems, Vol. 7(3), May, p. 184-198.
Martinez, J. (2002) Overview of MPEG-7 Description tools. IEEE Multimedia. Vol. 9(3), p. 83-93.
Pal, S. K. et al. (1993) A review on image segmentation techniques. Pattern Recognition, Vol. 29, p. 1277-1294.
Picard, R., Minka, T. (1995) Vision Texture for Annotation, Multimedia Systems, Vol. 3(3), p. 3-14.
Serra, J. (1982) Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, London.
Smith, J. R., Chang, S-F. (1999) Integrated spatial and feature image query, Multimedia Systems Vol. 7(2), March, p. 129-140.
Vakali, A., Hacid, M., Elmagarmid, A. (2004) MPEG-7 based description schemes for multi-level video content classification, Image and Vision Computing, Vol. 22 , p. 367-378.
Vincent, L., Soille, P. (1991) Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm based on Immersion simulations. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, p. 583-598.
Zucker, S. (1976) Region growing: childhood and adolescence, Computer Graphics and Image Processing, Vol. 5, p. 382-399.

## Summary

The availability of very high spatial resolution images implies to reconsider methods of description of the surfaces in remote sensing images. In this chapter, we describe an approach of self-adaptive morphological segmentation for this new type of images. We associate to the segmentation approach the exploitation of data elicited from the process, aiming at collecting, modeling and homogenizing these data within descriptors, in order to query the segmented images. This information about the identified objects implies to take into account spatial relations, in order to describe the relations between the objects, and their characteristics. Modeling and generating such descriptors makes this approach original in the context of processing remote sensing images.