

PRESENTATION D'UN MODELE D'ORGANISATION ET D'ANALYSE DE LA STRUCTURE DES INFORMATIONS SPATIALISEES : OASIS

GIRARD M.- C.¹, MOUGENOT B.², RANAIVOSON A.³

RESUME

Les classifications les plus fréquemment utilisées en traitement des données de télédétection opèrent sur chaque pixel, Indépendamment de ceux qui jouxtent. Ce n'est qu'à l'issue du traitement qu'on analyse, sur l'écran, les voisinages et leur signification.

Pour le thématicien. la proximité des pixels semblables, ou ordonné, a un sens en matière spatiale. Il a donc lieu de rechercher des traitements prenant en compte la notion de connexité.

Le modèle " OASIS " prend en compte, lors de la classification, la composition vectorielle d'une fenêtre de convolution:

$$\vec{Vn^2} = n_1 \vec{V}_1 + \dots + n_i \vec{V}_i + \dots + N \vec{V}_C$$

avec

$$n^2_1 = n_i \dots n + \dots N$$

$\vec{Vn^2}$: Vecteur multidensité pour la fenêtre de taille n

\vec{V}_i Classe radiométrique, ou classe issue du traitement

La classification se fait pour le pixel central de la fenêtre en le remplaçant par son vecteur multidensité \vec{V}_p . On définit la composition de "Vecteurs-noyaux", soit numériquement en définissant les N paramètres, soit à partir d'une image sur l'écran. On compare chaque vecteur \vec{V}_p aux vecteurs noyaux en utilisant la notion de Distance Minimum de TRI (DIMITRI).

¹INA PG

²ORSTOM

³Paris5-INA PG

On peut réitérer le processus. On obtient des vecteurs multidensité de Référence, définis par une composition donnée des classes de départ. Toutes les plages cartographiques obtenues ont la même composition.

Les classes de départ peuvent être définies à partir des données brutes d'un ou trois canaux, ou bien à partir d'un pseudocanal résultat d'une classification (par exemple, maximum de vraisemblance) ou encore à partir d'images diachroniques ou de toute autre combinaison de trois plans.

Il est possible de faire varier les tailles de fenêtres de 3 à 31 pixels, et d'étudier ainsi la variabilité du voisinage d'un pixel selon la surface prise en compte. On peut alors définir la variabilité interne d'une zone, et la taille optimale de la fenêtre correspondante.

On dispose ainsi d'une méthode d'étude de la structure spatiale des images (satellites ou autres).

INTRODUCTION

Dans un Système d'Information Géographique, la comparaison des diverses cartes nécessite que la quantité d'information de chacune soit du même ordre de grandeur. Les images satellitaires présentent la plupart du temps beaucoup plus d'information que les autres cartes. C'est ainsi, par exemple, qu'on dispose de 27 millions de données, codées sur 8 bits sur une image SPOT.

On peut diminuer la quantité de données en utilisant les classifications classiques (ACP, Maximum de Vraisemblance...). Ces traitements de données de télédétection sont basés sur la reconnaissance d'objets définis par des caractéristiques spectrales. Les classifications donnent alors des classes dont les objets sont à peu près semblables et définis par une même texture (GIRARD M-C et GIRARD C-M 1989).

Dans ces méthodes chaque pixel est classé individuellement, sans prendre en compte son voisinage. Cela n'est pas satisfaisant, car on sait que la grille constituée par le positionnement des pixels sur le terrain, est entièrement arbitraire. C'est la raison pour laquelle il existe de nombreux pixels (des mixels!) dont le comportement spectral est intermédiaire entre différents objets. Cela entraîne une difficulté de définition de certaines limites, même si ces limites entre deux objets, au sol, sont nettes.

Il est donc nécessaire, pour cette première raison, de prendre en compte le voisinage des pixels. Mais une deuxième raison vient du fait qu'il existe des entités qui se caractérisent par un ensemble d'objets qui ont des relations entre eux, et qui présentent une organisation spatiale. C'est ainsi qu'on peut définir une vallée par un ensemble de plages d'eau, de plages d'arbres le long de l'eau, un ensemble de prairies proches des zones d'eau, des cultures plus éloignées des plages d'eau, des routes qui passent sur des ponts, etc... Cette unité "vallée" ne peut pas se définir par un seul objet, mais nécessite la caractérisation d'un ensemble d'objets. Cependant le plus souvent ces objets présentent une organisation qui se répète. La «vallée» peut, par exemple, se caractériser en allant du bord de la rivière vers

les terres plus hautes, définissant ainsi un motif, qui se répète tout au long de la vallée.

OBJECTIF

L'objectif de OASIS est de définir spatialement des ensembles caractérisés par des motifs répétitifs. Il est fréquent de déterminer sur une image satellitaire des dizaines de motifs, tous basés sur quelques objets seulement. OASIS permet de différencier des groupes, chacun se rapportant à un motif déterminé.

Ainsi, après une analyse texturale (classifications classiques), on passe à une analyse structurale (fig.1). On définit spectralement des objets T1 et T2. Sur l'image ainsi analysée, on constate qu'il existe deux ensembles structuraux S1 et S2, tous les deux composés d'objets T1 et T2, mais dans des proportions différentes. OASIS permet de rechercher sur l'image, ces deux ensembles S1 et S2. On peut ultérieurement redéfinir des ensembles à partir de S1-S2 et de S1-S3. OASIS permet encore de différencier ces deux structures. Au fur et à mesure de ces étapes, il y a modification du comportement spectral des structures S1, S2, S3. Concomitamment, la connexité spatiale se modifie pour donner des plages cartographiques plus compactes et plus grandes.

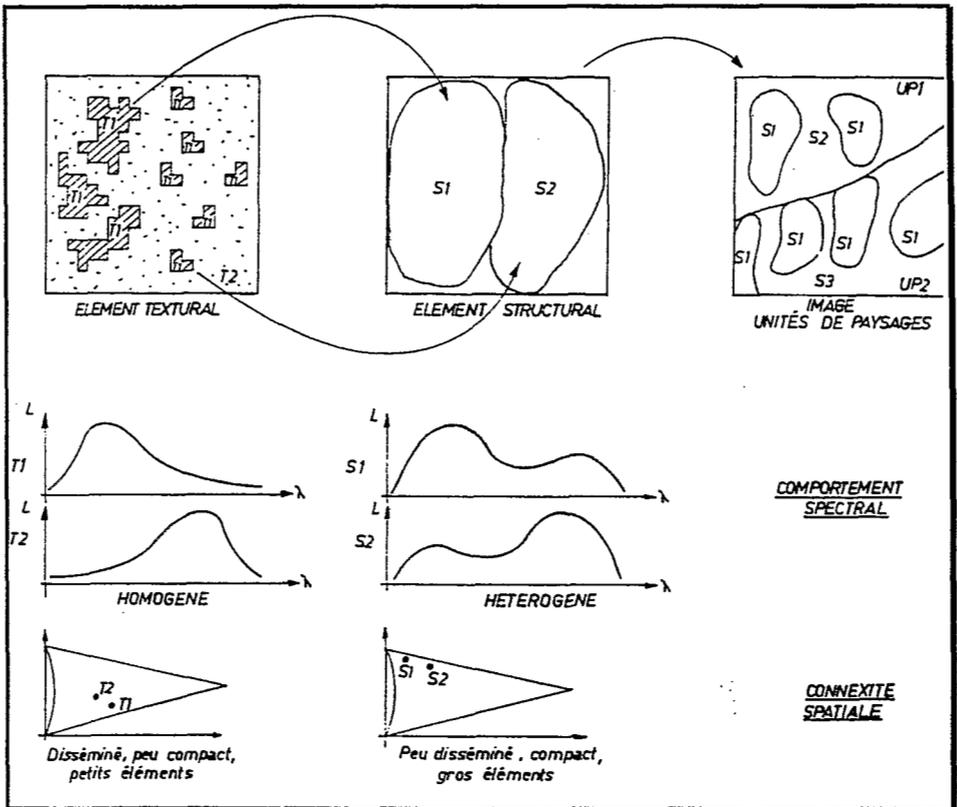


Figure 1 Etude du comportement spectral et de la connexité quand on passe d'une analyse texturale à une analyse structurale

PRINCIPE

Les classifications les plus fréquemment utilisées en traitement des données de télédétection opèrent sur chaque pixel, indépendamment de ceux qui le jouxtent. Ce n'est qu'à l'issue du traitement qu'on analyse, sur l'écran, les voisinages et leur signification.

Pour le thématicien, la proximité des pixels semblables, ou ordonnés, a un sens en matière spatiale. Il y a donc lieu de rechercher des traitements prenant en compte la notion de connexité. (J-M. GILLIOT, 1989).

OASIS va donc être basé sur les points suivants (fig.2) :

- On utilise des images à N canaux (N compris entre 1 et 3).
- Chaque pixel sera caractérisé par une fenêtre de convolution.
- On définira des Motifs conceptuels par l'intermédiaire de fenêtres de Référence, image des concepts.
- Chaque fenêtre de convolution sera affectée à une fenêtre de Référence, au moyen d'une Distance Minimum de Tri.
- Enfin l'affichage est donné sur N canaux.
- Des statistiques sont obtenues sur les classes.

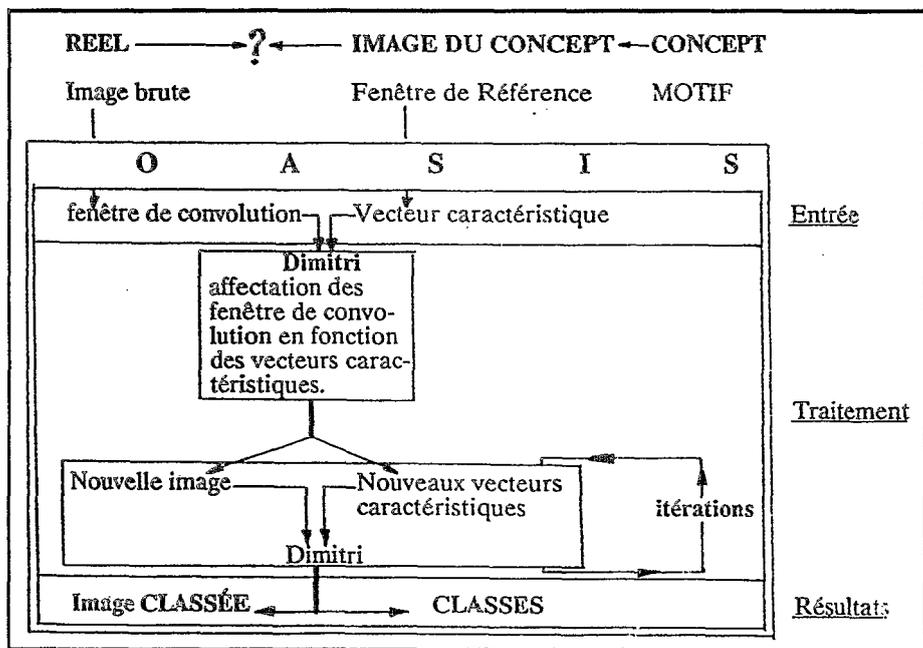


Figure 2 Schéma général du déroulement du traitement par OASIS

L'IMAGE DE DEPART

L'image sur laquelle on travaille avec OASIS, est une image le plus souvent classée. Chaque pixel correspond à une classe d'objet définit c (au maximum $c_{max}=30$ classes) :

- à partir d'un modèle radiométrique, par exemple par seuillage d'histogramme mono- ou bi-dimensionnel ;
- à partir d'une classification antécédente. Le nombre de classe d'objet est donc fini et connu.

On peut éventuellement travailler sur une image non classée. On prend alors l'image brute, et l'algorithme définit, par équipopulation, 10 classes sur chaque canal étudié (RANAIVOSON, 1990). Cette option correspond alors à une approche non assistée, avec tous les risques que cela comporte en matière de caractérisation d'objet.

LA FENETRE DE CONVOLUTION

Chaque pixel est caractérisé par une fenêtre carré de n^2 pixels. Le nombre n varie de 3 à 31. Dans la fenêtre, les n^2 pixels appartiennent aux diverses classes d'objet : c_x .

On a donc : $1 < c_x < c_{max}$

On compte dans la fenêtre le nombre p de pixels de chacune des classes de c_1 à c_x .

On a donc : $p_{c1} + p_{c2} + p_{c3} + \dots + p_{c_x} = n^2$

On définit alors un vecteur caractéristique du pixel central de la fenêtre de convolution n^2 , par un vecteur qui est la somme vectorielle pour chaque classe c , de c_x vecteurs VC_i :

$$\vec{V}_{n^2} = p_{c1} \vec{VC}_1 + p_{c2} \vec{VC}_2 + \dots + p_{c_i} \vec{VC}_i + \dots + p_{c_x} \vec{VC}_x$$

C'est ainsi que l'on a sur la figure 3 :

$$\vec{V}_{49} = 18 \vec{A} + 10 \vec{B} + 12 \vec{C} + 9 \vec{D}$$

où \vec{A} est l'élément textural gris sombre

\vec{B} est l'élément textural gris

\vec{C} est l'élément textural gris clair

\vec{D} est l'élément textural blanc

Lorsque la fenêtre de déplace d'un pixel, on a pour la nouvelle fenêtre de

convolution V'_{49} :

$$\vec{V}'_{49} = 19 A + 9 B + 12 C + 9 D$$

Pour les fenêtres de convolution se situant sur la limite de l'image, les pixels hors de la zone d'étude sont mis à zéro.

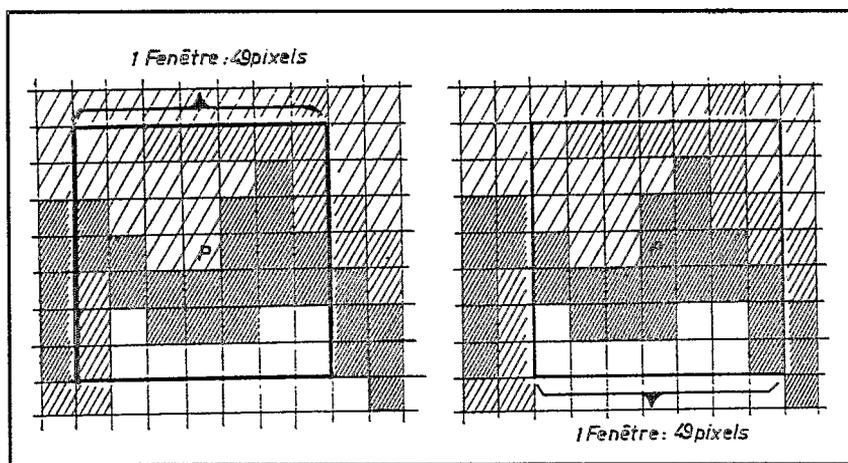


Figure 3 Caractérisation de deux fenêtres de convolutions successives par un vecteur caractéristique.

LE MOTIF

Le thématicien choisit des motifs en fonction des organisations thématiques qu'il recherche. Ces motifs sont définis par des **fenêtres de Référence** dont la composition peut être définie à partir des valeurs des coefficients des différents vecteurs de classe d'objet : V_{Ci} . La composition de ces fenêtres de Référence peut aussi être recherchée directement sur l'écran.

LE TRAITEMENT

On utilise le modèle DIMITRI (GIRARD, 1983, GIRARD et KING, 1988.)

On calcule la distance d'une fenêtre de convolution à chacune des fenêtres de Référence. On affecte la fenêtre de convolution au motif dont la distance à la fenêtre de Référence est la plus faible (Distance minimum). On classe ainsi tous les pixels de l'image à traiter.

Ensuite, on constitue la population statistique de chaque motif à partir des pixels qui lui ont été affectés. En utilisant les valeurs modales pour chaque classe définissant le motif, on redéfinit une nouvelle fenêtre de Référence pour chacun des motifs. Il est possible de rajouter de nouvelles fenêtres de Référence, du moment qu'on en donne une définition. On passe alors à une seconde itération.

A chaque itération on calcule :

- la somme des distances minimums pour l'ensemble des pixels : cette somme diminue avec les itérations,
- la somme des distances des pixels d'un même motif, à la fenêtre de Référence correspondante,
- les distances entre les fenêtres de Référence des différents motifs

On peut effectuer ainsi plusieurs itérations dont le nombre est défini par l'opérateur.

Il peut se faire qu'au cours des itérations, une fenêtre de Référence disparaisse : c'est le cas lorsqu'aucun pixel ne lui est affecté. Cela signifie que chaque pixel a trouvé une autre fenêtre de Référence qui était plus proche. En conséquence il n'est pas très grave de mettre trop de fenêtres de Référence au début du traitement. Les limitations proviennent seulement du système informatique de traitement.

L'IMAGE RESULTANTE

Après l'utilisation de OASIS, dans l'image résultante, chaque pixel est affecté à une plage cartographique. Chacune de ces plages renvoie à une classe : ensemble sémantique de composition hétérogène. Ces classes s'interprètent sous la forme de MOTIFS, dont il faut discuter la validité.

Spatialement, les plages cartographiques sont beaucoup plus compactes que pour les autres systèmes de classement. En particulier il n'en résulte pas une image de type "impressionniste" que l'on obtient avec les classements opérant sur chaque pixel individuellement. L'image apparaît sur N (compris entre 1 et 3) plans. Les différents motifs sont affectés d'une valeur de gris variant de 0 à 255 selon un étalement linéaire :

$$256/M \quad M \text{ étant le nombre de motifs.}$$

Comme on dispose de trois plans couleur sur les systèmes de traitement des données de télédétection satellitaires, on peut visualiser diverses combinaisons.

- On peut comparer trois itérations différentes de la même image, en affectant à chacune des itérations un plan couleur différent. On peut ainsi étudier les mouvements de chaque pixel entre les diverses itérations.
- Si l'on a traité chaque canal (bleu, vert, rouge) séparément par OASIS, on peut superposer les trois plans.
- On peut comparer les résultats de trois classifications (OASIS, maximum de vraisemblance et indice de végétation, par exemple).
- On peut comparer OASIS et les canaux Rouge et Infra Rouge de l'image de départ.

- On peut comparer aussi des classifications par OASIS sur des images diachroniques de la même scène.

LES RESULTATS STATISTIQUES

En sortie de traitement, on peut obtenir l'affichage des coefficients de la somme vectorielle caractérisant la fenêtre de convolution de chaque motif (fig 4).

On obtient aussi le nombre de pixels appartenant à chaque motif. Si on a combiné les trois plans couleurs, on obtient les statistiques de chaque classe pour chaque plan couleur (fig 5).

AFFICHAGE DES VECTEURS DE REFERENCE										
Les vecteurs du plan 1										
Vecteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cl 1=<10	11	20	0	45	30	20	0	0	5	0
Cl 2=<15	19	20	0	10	40	10	0	45	0	0
Cl 3=<23	20	0	30	30	10	50	0	0	0	0
Cl 4=<30	5	0	5	0	0	10	80	0	70	0
Cl 5=<50	40	0	10	5	0	10	0	45	0	0
Cl 6=<58	0	30	0	3	6	0	20	0	5	0
Cl 7=<69	0	5	50	2	2	0	0	0	0	0
Cl 8=<80	5	25	0	4	10	0	0	10	20	0
Cl 9=<84	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0
Cl 10=<110	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Figure 4 Affichage des vecteurs de Référence

CLASSE 000	155 PIXELS
CLASSE 002	307 PIXELS
CLASSE 003	18 PIXELS
CLASSE 004	27 PIXELS
CLASSE 013	29 PIXELS
CLASSE 020	4 PIXELS
• •	• •
• •	• •
CLASSE 213	12333 PIXELS
• •	• •

Par exemple CLASSE 212 est composée de la classe 2 du plan Rouge
la classe 1 du plan Vert
la classe 3 du plan Bleu

Figure 5 Statistique des classes par combinaison

DEVELOPPEMENT ACTUEL DE OASIS

Actuellement OASIS tourne sur PC-AT, 20 MHz, et carte Number Nine (512 x512). Il a été intégré à partir du logiciel DIDACTIM (RANAIVOSON,1990). Les temps d'exécution sont assez longs : avec trois plans image de départ, trois itérations, pour des fenêtres de convolution de 7 x 7, il faut 2 h 30 mn pour traiter une image de 512 x 512, et 16 h 30 mn avec une fenêtre de 31 x 31. Ces modalités pourraient être améliorées.

Le nombre de motifs est limité à 30. Mais dans la plupart des études on constate qu'une dizaine de motifs est suffisant pour traiter les problèmes posés. De même, une fenêtre de 15x15 est souvent suffisante pour exprimer un motif.

On peut choisir directement sur l'image les motifs que l'on désire. Un programme permet alors de définir directement les vecteurs caractéristiques de ces fenêtres de Référence. Ces fenêtres de Référence saisies sur l'image, sont visualisées à l'écran couleur, alors qu'à l'écran monochrome, apparaissent pour chaque fenêtre, les histogrammes pour chacun des trois plans couleurs pris en compte .

Il est possible de faire grandir la taille de la fenêtre : les histogrammes correspondant s'affichent alors automatiquement. Cela permet de mieux choisir la taille des fenêtres de Référence.

CONCLUSION

OASIS est système de classification non hiérarchique pour lequel l'utilisateur définit des motifs constitués d'une composition définie de divers objets. L'image de départ est le plus souvent une image classée. On obtient en sortie un ensemble de plages cartographiques plus compactes qu'avec les autres classifications. En effet le modèle de classification OASIS est basé sur une analyse qui prend en compte le voisinage de chaque pixel pour l'affecter à tel ou tel motif.

Cette analyse structurale de l'image permet de définir des classes, caractérisées par une organisation de divers objets. Ces classes correspondent à des *unités de paysage* plus ou moins complexes.

On obtient en conséquence, une image avec un nombre limité d'unités et dont les contours sont plus du type de ceux qu'on trouve sur une carte thématique. Les images ainsi traitées peuvent ainsi être entrées en mode vecteur dans un Système d'Information Géographique.

BIBLIOGRAPHIE

- GILLIOT J-M (1989) - Analyse thématique d'image par multidensité : ATIM. DESS Paris 5-INA PG, 56p, Grignon.
- GIRARD M-C. (1983) - Recherche d'une modélisation en vue d'une représentation spatiale de la couverture pédologique. SOLS n° 12.,430p, Grignon.
- GIRARD M-C , GIRARD C-M (1989) - Télédétection appliquée. Zones tempérées et intertropicales. Masson Editeur, 260pp, Paris.
- GIRARD M-C , KING D. (1988) - Un algorithme interactif pour la classification des horizons de la couverture pédologique : DIMITRI. Sci. du Sol, Vol 26, 2, pp 81-102, Plaisir.
- RANAIVOSON A.(1990) - Organisation et analyse de la structure des informations spatiales. DESS Paris 5-INA PG, 36 p + annexes, Grignon.