



Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ — Mai 1984 —

METHODE DE CLASSIFICATION MULTIDIMENSIONNELLE (SPECTRALE ET TEXTURALE)
APPLIQUEE A DES IMAGES SATELLITE
A MULTIDIMENSIONAL (SPECTRAL AND TEXTURAL) CLASSIFICATION METHOD
APPLIED TO SATELLITE IMAGES

D. DUCROS-GAMBART et P. RAKARIYATHAM

CENTRE D'ETUDE SPATIALE DES RAYONNEMENTS - C.N.R.S.- UNIVERSITE DE TOULOUSE - B.P. 4346 31029 TOULOUSE CEDEX

RESUME

Les méthodes de classification supervisées multi-spectrales n'offrent pas toujours des résultats satisfaisants. Certaines classes restent spectralement confondues. Une solution apportée à ce problème consiste à introduire dans la classification une information supplémentaire d'ordre textural, ce qui permet de simuler une partie de l'interprétation visuelle. Un objet dans une image se reconnaît à sa couleur mais également à la distribution des tons de gris de son environnement immédiat.

Ainsi, dans la méthode de classification présentée, l'appartenance d'un point à une classe est déterminée en tenant compte d'une part des critères spectraux, d'autre part d'un critère spatial.

La méthode de classification comporte deux étapes. Dans un premier temps, est effectuée une classification multispectrale. Lorsqu'un point appartient à plusieurs classes, la deuxième étape est appliquée afin de décider de l'affectation de ce point à une classe unique en calculant des fréquences conditionnelles des tons de gris du voisinage de ce point. La distribution de fréquences ainsi obtenue est comparée aux distributions de fréquences des différentes classes auxquelles ce point avait été affecté initialement. La méthode étant supervisée, les échantillons permettent de connaître la distribution représentative de chaque classe.

La méthode a été testée sur plusieurs types d'images satellite (SPOT et LANDSAT).

L'établissement des matrices de confusion des classes et l'évaluation a posteriori de la classification montrent que cette méthode apporte une amélioration de la cartographie.

Mots clés : Texture, classification, cartographie.

SUMMARY

Classification results obtained by supervised multispectral method applied to satellite imagery are not always satisfying. In most cases, many classes are spectrally confused. A solution consists in introducing textural characteristics in order to approach the human interpretation of imagery data. An object in the image can be recognized by its colour, but also by the distribution of the gray level of the pixels included in the object.

This paper presents a classification algorithm which combines textural and spectral characteristics. The algorithm is carried out in two steps. First, a pixel is classified spectrally. If a point belongs to several classes then the second step is applied. The relative conditional frequencies of the neighbourhood of this point are calculated, this for each class to which it belongs. The point is affected to the class that has the maximum relative conditional frequency. The method is supervised, i.e., the training set provides the distribution representative of each class.

The method is tested on two types of satellite imagery (SPOT and LANDSAT).

A comparison between the assumed class and the known ground truth shows that this method improves the classification and the cartography.

Keywords : Texture, classification, cartography.



INTRODUCTION

La cartographie automatique des ressources naturelles est un domaine d'application courant du traitement d'images de télédétection. Les traitements automatiques usuels font appel à l'information radiométrique, à des méthodes de classification multispectrales ou multitemporelles. Les résultats apportés par ces méthodes ne sont pas toujours satisfaisants. Ainsi, dans certaines régions où la dynamique des valeurs spectrales est très faible, la discrimination des formations végétales n'est possible que pour un nombre restreint de classes. Les conditions climatiques (couverture nuageuse pratiquement permanente) ne permettent pas dans tous les cas d'avoir des données satellites à des dates suffisamment espacées pour apporter des informations supplémentaires à la classification.

Mais un paysage se reconnaît autant à sa forme et à sa texture qu'à sa couleur. Le photointerprète intègre, souvent de façon inconsciente, ces caractéristiques lorsqu'il analyse une image. Pour simuler une partie de l'interprétation visuelle, la forme, la couleur, des éléments caractérisant la texture doivent intervenir dans un traitement automatique d'analyse d'image.

La texture concerne des disciplines scientifiques très diverses qui ont pour outil le traitement d'image. La notion de texture et son utilisation prennent des aspects très différents suivant le domaine envisagé.

Pour certains, la texture consiste en la distribution spatiale de tons de gris et la description de caractéristiques texturales (Haralick 75). La conception de la texture est souvent fondée sur une répartition stochastique (Pratt 78) ou une propriété texturale est une statistique sur des propriétés locales (Rosenfeld 70). D'autres considèrent des "régions texturales" comme composées de primitives placées dans un certain arrangement spatial. Des différentes définitions proposées se dégagent un point de vue statistique et un point de vue structural (Ducros-Gambart 82).

Pour des images satellites qui sont des représentations d'objets naturels, des primitives, des règles de placement bien définies sont rarement présentes dans l'image. Pourtant des formes, des textures sont observables dans l'image mais celles-ci sont floues et les arrangements des objets sont généralement aléatoires.

La méthode présentée utilise la notion de distribution des tons de gris dans une classe, celle-ci étant considérée comme une entité texturale.

Cette méthode est supervisée, elle nécessite une étude préalable des caractéristiques des échantillons des classes, ce qui permet d'obtenir une distribution des tons de gris représentative d'une classe.

PRESENTATION DE LA METHODE

Prétraitement

Un prétraitement est effectué qui permet d'obtenir d'une part les caractéristiques spectrales des classes et d'autre part la distribution des tons de gris dans une classe, ceci à partir des échantillons représentatifs des classes choisis en fonction de la connaissance du terrain.

L'étendue, le maximum, le minimum des valeurs spectrales, la moyenne, l'écart-type sont calculés pour chaque classe dans chaque canal spectral.

La fréquence conditionnelle qui correspond à la probabilité que la valeur spectrale appartienne à la classe i sachant que la valeur spectrale est j est ensuite calculée pour toutes les valeurs spectrales de chaque classe dans chaque canal spectral. Les fréquences f^i/j sont les éléments d'une matrice de pourcentage qui représente la distribution des valeurs spectrales dans chaque classe.

Exemple (Tableau 1)

Un élément de la matrice représente f^i/j (en %)

$$f^i/j = \frac{\text{nombre de valeurs spectrales } j \text{ dans la classe } i}{\text{nombre total de valeurs } j \text{ dans un canal}}$$

ainsi la probabilité pour que la valeur 9 appartienne à la classe 1 est de 39 %.

ALGORITHME DE LA METHODE DE CLASSIFICATION PROPOSEE

Une méthode de classification multispectrale (Cassirame 77) est d'abord appliquée pour chaque point de l'image (méthode des hypercubes, méthode barycentrique, ou méthode de la distance minimum au centre d'une classe). Pour chaque point, la règle de décision d'appartenance à une classe conduit à affecter ce point soit à une classe, soit à plusieurs classes si celles-ci sont confondues, ou à aucune classe.



METHODE DE CLASSIFICATION MULTIDIMENSIONNELLE (SPECTRALE ET TEXTURALE)
APPLIQUEE A DES IMAGES SATELLITE
A MULTIDIMENSIONAL (SPECTRAL AND TEXTURAL) CLASSIFICATION METHOD APPLIED
TO SATELLITE IMAGES
D. DUCROS-GAMBART, P. RAKARIYATHAM

LANDSAT 2 MSS 4 (0,5 μm - 0,6 μm)

valeur spectrale j classe i								
	7	8	9	10	11	12	13	14....
1	100	85	39	6	1			
2			9	34	31	2	1	
3				4	17	23	8	2
4			4	21	39	37	8	8
5								
.								
.								
.								

Tableau 1

Exemple : Dans le cas d'un canal unique, soit le voisinage 3 x 3 et le point suivant affecté aux classes 1,2,3,4 (Tableau 1)

10 11 10
9 11 10
9 10 10

D'après la matrice de pourcentage donnée dans le Tableau 1, les valeurs suivantes correspondent à chaque point du voisinage :

6 1 6 39 31 34 4 17 4 21 39 21
39 1 6 9 31 34 0 17 4 4 39 21
39 6 6 9 34 34 0 4 4 4 21 21
classe 1 classe 2 classe 3 classe 4

la somme est

égale à : 110 250 54 195

le point est affecté à la classe 2.

- 1 - Si un point est affecté à une seule classe par la règle de décision précédente, la classification de ce point est terminée.
- 2 - Dans les autres cas intervient alors la distribution des tons de gris des classes obtenue dans le prétraitement. Lorsqu'un point est commun à plusieurs classes, la distribution des tons de gris du voisinage de ce point est calculée de façon identique à celle du prétraitement. Cette distribution est comparée à celles des classes auxquelles le point appartient. La classe dont la distribution est la plus proche de celle du voisinage du point lui est alors affectée. Pour réaliser cette comparaison, chaque valeur spectrale j du voisinage du point est remplacée par le pourcentage f^i_j de la matrice correspondant à la valeur spectrale j et à une des classes i à laquelle de point appartient. La somme des pourcentages affectés aux points du voisinage est effectuée. L'opération est reconduite pour les autres canaux spectraux, chaque nouvelle somme étant ajoutée à la précédente. Le point est attribué à la classe dont la somme totale des pourcentages est maximale. Lorsque des sommes correspondant à des classes différentes sont égales alors les distances euclidiennes de ce point au centre des classes sont calculées. Le point est affecté à la classe la plus proche.

- 3 - Lorsqu'un point n'est affecté à aucune classe, la somme des pourcentages est également calculée mais pour toutes les classes. Le point est affecté à la classe correspondant à la somme maximale si un ou plusieurs points du voisinage appartient à cette classe. Dans le cas contraire, le point est non classé. (Le nombre minimum de points exigés varie en fonction de règles imposées par l'utilisateur et la taille du voisinage).

APPLICATION DE LA METHODE ET COMPARAISON AVEC UNE METHODE MULTISPECTRALE

La méthode est appliquée sur deux types d'images satellite différentes du point de vue de la résolution et du paysage. La première scène est extraite d'une simulation SPOT (résolution géométrique de 20 m) dans une zone agricole, la deuxième est une image satellite LANDSAT 2 (résolution géométrique de 80 m) d'une région tropicale montagneuse du nord de la Thaïlande.

Scène extraite de données de simulation SPOT

Cette scène a servi de zone test pour mesurer l'efficacité de la méthode. La simulation a été réalisée sur la vallée de la Garonne le 6 mars 1982. Elle couvre une région agricole de 5 km x 4 km peu boisée dans laquelle se trouve un village. De nombreuses parcelles sont à l'état de sol nu (attente de semis de printemps), d'autres ont différents états de croissance.



METHODE DE CLASSIFICATION MULTIDIMENSIONNELLE (SPECTRALE ET TEXTURALE)
 APPLIQUEE A DES IMAGES SATELLITE
 A MULTIDIMENSIONAL (SPECTRAL AND TEXTURAL) CLASSIFICATION METHOD APPLIED TO SATELLITE
 IMAGES
 D. DUCROS-GAMBART, P. RAKARIYATHAM

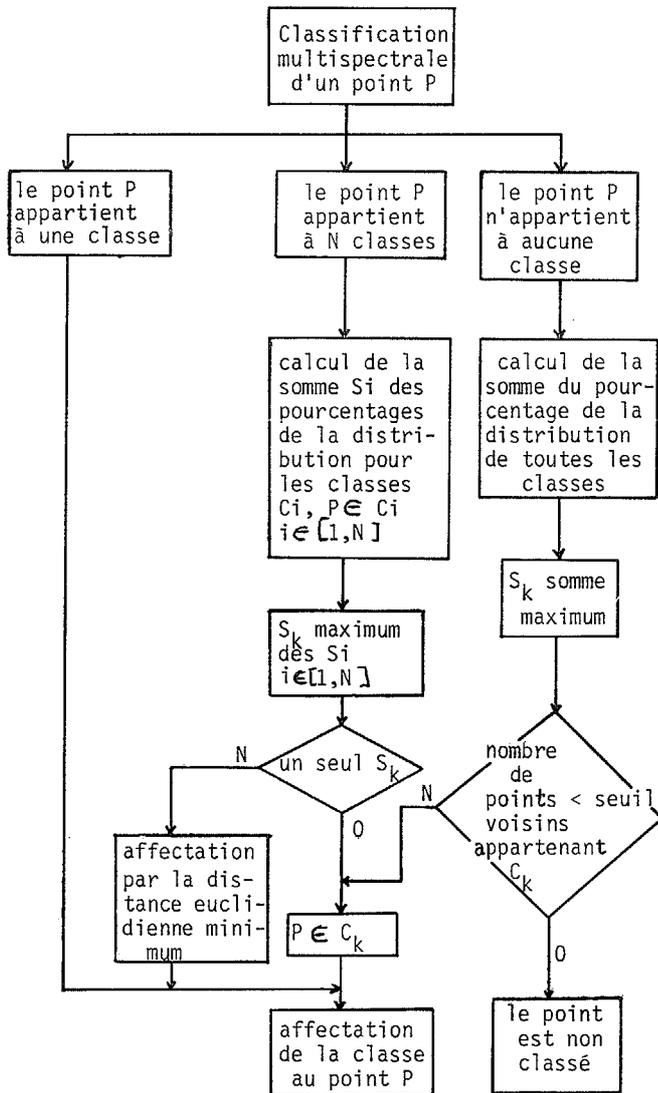


Figure 1 : Schéma de l'algorithme de classification.

Les échantillons ont été choisis par photointerprétation à partir d'une photographie aérienne infrarouge prise à la même date (1/50.000). Ils représentent les classes suivantes : rivière, sol nu, céréale couvrante, céréale 20-30 cm, forêt ouverte, forêt à toit fermé, agglomération, prairie. Une matrice de confusion des classes (Ducros-Gambart 82) a été effectuée. Elle fait apparaître un fort mélange entre la forêt ouverte et la forêt à toit fermé et entre l'agglomération et le sol nu. La classification est réalisée avec une méthode multispectrale classique (type barycentrique), puis avec la méthode présentée. Les images obtenues sont évaluées grâce à une matrice de contingence entre l'image classée

et la vérité terrain (Flouzat 78), qui indique le pourcentage de pixels bien classés ou confondus après vérification terrain.

Le sondage systématique concerne une grille d'échantillonnage de 773 points (soit environ 35 points par km^2).

Ce sondage montre que pour les deux méthodes, la rivière est bien classée (99 %). La méthode proposée offre une amélioration par rapport à la méthode multispectrale dans le cas des classes suivantes : sol nu (8 %), céréales couvrantes (6 %), céréales de 20-30 cm (16 %), forêt ouverte (9 %), agglomération (32 %), prairie (26 %). La forêt à toit fermé par contre est moins bien classée (6 %).

Ces résultats s'expliquent par l'étude des caractéristiques de chaque classe. La forêt ouverte et la forêt à toit fermé ont des réponses spectrales très voisines. De plus, la distribution des tons de gris de ces deux classes sont très semblables. Dans ce cas, cette caractéristique n'apporte pas une information permettant de parfaire la classification. Par contre, dans le cas de l'agglomération dont les réponses spectrales sont très proches du sol nu, la nette différence entre distributions permet l'importante amélioration constatée. Les autres classes ayant également des distributions distinctes, l'introduction de cette caractéristique permet d'obtenir un élément supplémentaire pour la classification.

L'ensemble de ces résultats peut être observé sur les images (fig. 2-3-4). L'amélioration apparaissant dans la figure 4 est particulièrement visible pour l'agglomération. En effet, celle-ci est trop présente dans la figure 3 où elle est confondue avec le sol nu. La figure 4 offre une meilleure répartition de ces deux classes.

Image LANDSAT 2 (3 mars 1975)

La zone test est située dans la chaîne des montagnes à l'ouest de la province de Chiang Maï (Thaïlande). Les paysages se composent de milieux naturels où la végétation varie suivant le relief et de milieux transformés par différents systèmes de culture correspondant à divers groupes ethniques. Les classes étudiées sont : la forêt dense et semi-dense de moyenne montagne, la forêt claire humide avec feuille verte, la forêt claire mixte de piémont et moyenne montagne, la forêt claire sèche sans feuille, la savane, la rizière (en chaume), le sol nu.

METHODE DE CLASSIFICATION MULTIDIMENSIONNELLE (SPECTRALE ET TEXTURALE)
 APPLIQUEE A DES IMAGES SATELLITE
 A MULTIDIMENSIONAL (SPECTRAL AND TEXTURAL) CLASSIFICATION METHOD APPLIED TO
 SATELLITE IMAGES
 D. DUCROS-GAMBART, P. RAKARIYATHAM

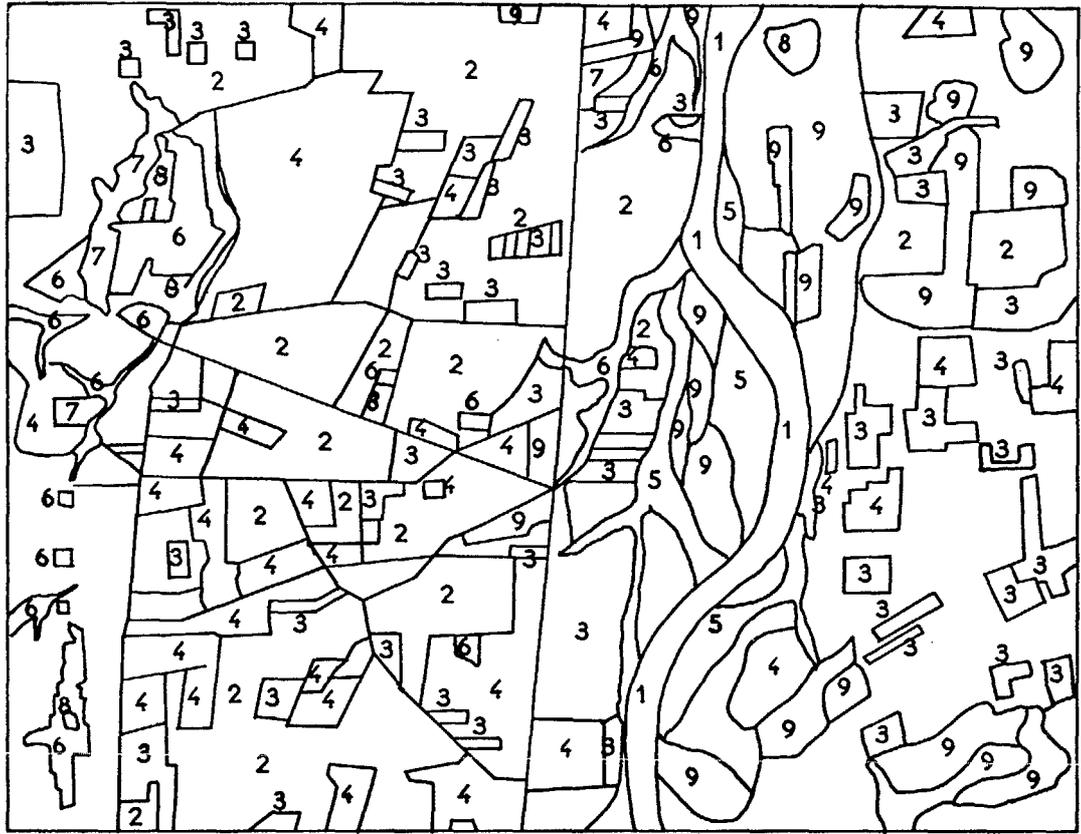


Figure 2 :
 Vérité terrain
 Zone test : vallée
 de la Garonne
 (près de Grenade)

Les numéros corres-
 pondent aux classes
 des figures 3 et 4.

Les échantillons ont été choisis sur la base d'une vérité terrain et de photographies aériennes (1/50000e et 1/25000e) prises à des dates différentes de celle de la photo-satellite. Une difficulté rencontrée lors de la classification multispectrale est la faible dynamique des réponses dans chaque canal spectral. Les confusions observées entre classes sont les suivantes : sol nu et rizière, forêt claire sans feuille et savane, forêt claire mixte et savane, forêt dense et forêt claire à feuille verte.

L'application de la classification par la méthode texturale diminue les confusions entre les classes citées ci-dessus. Dans le cas du sol nu, des zones de défrichement qui n'apparaissaient pas dans l'image classée par la première méthode sont maintenant visualisées. De même, des zones de culture de petites tailles peuvent être distinguées des forêts environnantes qui les masquaient.

CONCLUSION

La méthode proposée a permis de mieux discriminer des classes confondues spectralement. Un seul aspect de la texture a été envisagé : la distribution des tons de gris dans les classes. Mais l'utilisation de cette caractéristique n'est pas efficace pour des classes qui ont des distributions semblables. Une méthode est actuellement mise au point qui permet d'introduire d'autres caractéristiques texturales telles

que l'homogénéité, la taille, la forme, la direction. Cependant, comme un caractère textural peut être représenté dans certaines classes et pas dans d'autres, la méthode permettra d'adapter le choix des caractéristiques texturales pour chacune des classes.

REFERENCES

CASSIRAME P. 1977 : "Méthodes de classification des données multidimensionnelles en télédétection" Thèse 3e cycle, Toulouse.
 DUCROS-GAMBART D. Sept. 1982 : "Application de transformations texturales à la cartographie automatique d'une zone de végétation tropicale" - Actes du Symposium : Toulouse, ISPRS, pp. 39-47.
 DUCROS-GAMBART D. Déc. 1982 : "Texture et télédétection" Rapport CESR.
 FLOUZAT G. Juillet 1978 : "Projet limousin cartographie et statistique de l'occupation des terres de la Haute-Vienne par télédétection spatiale" CR Exp. OPIT Rapport CESR n° 78-828 bis, Toulouse.
 HARALICK R.M. 1975 : "A resolution preserving textural transform for images" (Comp. graph., Pat. rc. and data struc. conf.).
 HARALICK R.M. Nov. 1973 : "Textural features for image classification" I.E.E.E. transactions on systems, man and cybernetics, vol. SMC-3, n° 6.
 PRATT W.K. 1978 : "Quantitative approaches to image feature extraction and segmentation" Congrès AFCET-IRIA.
 ROSENFELD A. et al. 1975 : "A comparative study of texture measure for terrain classification" Proc. of the I.E.E.E. Conf. and Comp. graph., pat. rc. and data structures.
 ZUCKER S.W. 1976 : "Toward a model of texture" Comp. Graph. and image Process. 5 - pp. 190-202.



METHODE DE CLASSIFICATION MULTIDIMENSIONNELLE (SPECTRALE ET TEXTURALE)
 APPLIQUEE A DES IMAGES SATELLITE
 A MULTIDIMENSIONAL (SPECTRAL AND TEXTURAL) CLASSIFICATION METHOD APPLIED TO
 SATELLITE IMAGES
 D. DUCROS-GAMBART, R. RAKARIYATHAM



- 1  RIVIERE
- 2  SOL NU
- 3  CEREALE COUVRANTE
- 4  CEREALE 20-30 CM.
- 5  FORET OUVERTE
- 6  FORET A TOIT FERME

Figure 3 : IMAGE CLASSEE PAR LA METHODE MULTISPECTRALE



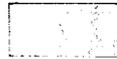
- 7  AGGLOMERATION
- 8  PRAIRIE
- 9  NON CLASSEE

Figure 4 : IMAGE CLASSEE PAR LA METHODE TEXTURALE

Simulation SPOT 06.03.82
 Vallée de la Garonne

0 0.5 1 KM