

A NEW COMPUTER-VISION ALGORITHM FOR AUTOMATIC INTERPRETATION OF CARTOGRAPHIC INFORMATION

Anne M. Landraud and Suk Oh Yum

Laboratoire d'Informatique et d'Imagerie Industrielle, Université de La Rochelle, 17000, France

Abstract

This paper is in keeping with the general pattern of automatic acquisition and interpretation of geographic digital data. Maps of the Institut Géographique National of France are built up with four «mother» maps which are called after four colours. The green one deals with the vegetation. In a green plate, woods, bushes, orchards, vines, rice, fields, hedges and boundaries of domainial forests or nature reserves are represented by different synthetic textures. We present here an original method of texture analysis applied to the automatic interpretation of vegetation belts. The classical texture-based methods of segmentation, which perform a multichannel filtering, analyse only the modulus information and do not consider the phasis information as a useful texture characteristic. Our approach is different from the other ones because it uses the phasis information associated with the application of complex Gabor spatial filters holding both frequency and orientation selectivities.

1 Introduction

Cet article s'inscrit dans le contexte général de l'automatisation de la saisie et de l'interprétation des données géographiques. Les cartes réalisées à l'Institut Géographique National de France, imprimées sur papier, résultent d'un travail manuel de plusieurs décennies. Elles sont fabriquées à partir de quatre cartes mères, chacune étant désignée par un nom de couleur:

- La verte représente la végétation: bois, broussailles, vergers, rizières, haies, et les limites des forêts domaniales ou des parcs naturels.
- La carte bleue concerne l'hydrographie, soit l'ensemble des éléments en rapport avec l'eau.
- La noire permet de représenter toutes les voies de communication, les constructions et la toponymie.
- Sur l'orange, consacrée à l'orographie, les reliefs sont représentés par des courbes de niveau.

En vue d'une analyse automatique des cartes, on effectue une saisie des données numériques des images par scanner. L'analyse des cartes ainsi numérisées est en effet plus facile que l'analyse des photographies aériennes. Cette analyse fournit une première base de données cartographiques stockées en mémoire en vue de l'étude des photographies aériennes et de la mise à jour des cartes.

L'analyse d'une planche de vert est essentiellement un problème d'analyse de texture. Les textures synthétiques qui représentent les différentes zones de végétation sont pratiquement périodiques. Beaucoup d'approches, parmi les plus populaires qui ont été développées en analyse des textures, utilisent des filtres de Gabor et donnent des résultats satisfaisants dans la plupart des cas. Généralement, ces méthodes caractérisent les textures par des mesures d'énergie. Pour les cas où les textures sont indiscernables par les méthodes classiques, nous avons élaboré une méthode mettant en œuvre des filtres de Gabor complexes possédant une sélectivité en fréquences et en orientations et échantillonnés de façon à satisfaire les conditions du théorème de Shannon. Notre méthode utilise des filtres

représentés mathématiquement par des fonctions complexes ce qui permet de caractériser chaque texture par un vecteur signature dont les composantes ne sont plus des mesures d'énergie mais les valeurs de la dérivée de la phase locale dans l'image filtrée.

2 Etat de l'art

Les textures synthétiques de l'image d'une planche de vert sont régulières et souvent quasi-périodiques. Leurs variations en intensité, en orientation, etc., sont limitées de façon à ce que les règles de la présentation cartographique soient respectées. Cependant, selon la date à laquelle les cartes ont été réalisées, les textures choisies pour fabriquer les différentes planches de vert ne sont pas toujours les mêmes. Il est donc nécessaire de trouver une méthode générique qui puisse être appliquée aux différentes cartes existantes.

Les principales catégories de végétation représentées sur une planche de vert sont la vigne, les vergers, les bois et les broussailles. La texture correspondant à une zone de vergers est formée de petits cercles élémentaires. Celle de la vigne est composée de petites barres verticales. Dans les deux cas les motifs de base de la texture sont régulièrement espacés. Les images des textures de bois et de broussailles comportent un fond hachuré, la direction des hachures étant différente lorsqu'on passe de l'une à l'autre. Des symboles particuliers sont superposés aux hachures. Toutes ces textures peuvent être caractérisées par des critères comme la périodicité, la directionnalité, la régularité. Ces propriétés des textures, observées dans le domaine spatial, se traduisent dans le domaine spectral par des répartitions différentes des fréquences et des orientations. Il existe également des zones dépourvues de végétation et donc sans aucune texture comme, par exemple, une route qui traverse un bois. Nous appelons ces régions des «zones blanches» parce qu'elles sont caractérisées par une répartition homogène de pixels dont le niveau de gris est très élevé. En effet, par convention, le niveau 255 est attribué au blanc, tandis que le niveau 0 correspond au noir.

Les approches par filtrage spatial à multicanaux utilisant les filtres de Gabor conviennent bien à l'étude de ce type de textures. Les principaux problèmes à résoudre sont: trouver la forme mathématique des filtres la mieux adaptée au problème, décider le type de relation - de dépendance ou d'indépendance, rigoureuse ou non - qui doit exister entre les différents canaux et déterminer leur nombre. Dans notre système, nous avons choisi un filtre à deux dimensions, séparable en orientations et en fréquences qui, exprimé en coordonnées polaires, est de la forme [1, 2]:

$$F_{\rho_{m_i}, \theta_{m_j}}(\rho, \theta) = F_{\rho_{m_i}}(\rho) F_{\theta_{m_j}}(\theta), \quad (1)$$

où ρ_{m_i} est la fréquence radiale préférentielle et θ_{m_j} l'orientation préférentielle d'un filtre (i, j) du banc de filtres utilisé, avec $0 \leq i \leq M-1$ et $0 \leq j \leq N-1$, M étant le nombre de fréquences préférentielles, N le nombre d'orientations préférentielles considérés et $P = M \times N$. Le filtre choisi pour les orientations est une gaussienne:

$$F_{\theta_{m_j}}(\theta) = \exp\left[-\frac{(\theta - \theta_{m_j})^2}{2\sigma_\theta^2}\right] \quad (2)$$

où σ_θ détermine la largeur de la bande passante.

Nous avons montré qu'une bonne approximation en coordonnées cartésiennes de ce filtre pour l'orientation $\theta_{m_j} = 0$ au voisinage de la fréquence préférentielle u_{m_i} s'écrit:

$$F_{v_{m_0}}(v) = \exp \frac{-v^2}{2\sigma_v^2} \quad (3)$$

avec l'expression suivante de l'écart-type σ_v , en fonction de la bande passante B_0 en orientations et de la fréquence préférentielle u_{m_0} :

$$\sigma_v = \frac{u_{m_0} \lg \left(\frac{B_0}{2} \right)}{\sqrt{2 \lg_e(2)}} \quad (4)$$

La transformée de Fourier inverse du filtre décrit dans le plan de Fourier par l'Eq.(3) s'écrit dans le domaine spatial:

$$f_{v_{m_0}}(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y^2}} \exp \left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right) \quad (5)$$

où $\sigma_y = 1/(2\pi\sigma_v)$.

Cette approximation permet d'exprimer le filtre 2D en coordonnées cartésiennes séparables dans le plan de Fourier comme dans le domaine spatial. Dans ce dernier nous avons choisi, pour traiter les fréquences, le filtre de Gabor complexe suivant:

$$f_{u_{m_1}}(x) = \sqrt{\frac{1}{2\pi\sigma_1^2}} \exp \left(\frac{-x^2}{2\sigma_1^2} \right) \exp(j2\pi u_{m_1} x) \quad (6)$$

σ_1 étant l'écart-type du filtre qui répond préférentiellement à la fréquence u_{m_1} . Sa transformée de Fourier est la gaussienne:

$$F_{u_{m_1}}(u) = \exp \left[\frac{-(u - u_{m_1})^2}{2K_1^2} \right] \quad (7)$$

où $K_1 = 1/(2\pi\sigma_1)$.

Le filtre fréquentiel complexe, décrit mathématiquement par l'équation (6), permet de traiter l'information de phase dans le domaine spatial. L'idée de base est qu'une importante variation de phase correspond généralement à une zone de discontinuité due à la rencontre de deux régions dont les textures sont différentes ou simplement décalées. Certains auteurs ont déjà utilisé l'information de phase pour segmenter des images texturées [3, 4] mais ils n'ont testé leur méthode que sur des images synthétiques très simples, ou bien sur des images dont les répartitions d'énergie sont identiques, et les filtres utilisés ne donnent des résultats positifs que pour les deux seules orientations verticale et horizontale. Notre méthode évite la procédure complexe dite de «déballage de phase» et permet d'utiliser des filtres d'orientations quelconques. Elle s'applique avantagement à tous les cas de textures naturelles ou artificielles. Chacun de ces filtres s'obtient par simple rotation du filtre décrit dans le domaine spatial par l'équation (5) et dans l'espace de Fourier par l'équation (3).

Nous avons effectué de nombreuses expériences montrant la pertinence de l'information de phase aussi bien en classification des textures qu'en segmentation [2]. Le présent travail applique la méthode avec

succès à la segmentation des images de planches de vert. Une brève description des principales étapes de l'algorithme fait l'objet de la section suivante.

3 Algorithme

L'algorithme d'analyse d'une planche de vert se déroule en cinq étapes:

3.1 Filtrage

Le filtrage est réalisé dans le domaine spectral au moyen du produit simple entre la Transformée de Fourier $I_0(u,v)$ de l'image d'entrée $i_0(x,y)$ et celle du filtre. Après une opération de T.F. inverse, l'information de phase est traitée dans l'image filtrée complexe obtenue: $i_1(x,y) = \text{Re}(x,y) + \text{Im}(x,y)$, équivalente à la convolution de $i_0(x,y)$ par le filtre complexe, produit des fonctions (5) et (6).

3.2 Calcul des caractéristiques

La phase, définie par l'opérateur arc tangente, ne constitue pas une information exploitable en raison des discontinuités qu'elle présente en des endroits difficiles à prévoir. Les valeurs obtenues par simple inversion de la tangente appartiennent à l'intervalle $[-\pi, \pm \pi]$ de sorte que l'obtention d'une répartition continue nécessiterait une procédure de «déballeage» de la phase. Celle-ci est d'autant plus ardue que le nombre de «points zéro» - correspondant à une partie réelle et à une partie imaginaire simultanément égales à zéro - est important. Nous évitons cette difficulté en calculant les dérivées $\phi_x(x,y)$ et $\phi_y(x,y)$ de la phase par rapport aux coordonnées x et y . La dérivée de la phase selon l'orientation θ s'écrit:

$$D_\theta[f(x,y)] = \phi_x(x,y)\cos\theta + \phi_y(x,y)\sin\theta. \quad (8)$$

L'orientation θ choisie est celle du filtre appliqué. On mesure la valeur absolue de la dérivée (8) en tout point (x,y) de l'image filtrée.

3.3 Construction des vecteurs signature

On répète l'opération 3.2 avec tous les canaux de filtrage. Cela permet d'obtenir un vecteur de caractéristiques pour chacun des pixels.

3.4 Regroupement des pixels en régions

Nous utilisons un critère de distance euclidienne pour regrouper les pixels selon un maximum de K classes. K est le nombre de textures possibles utilisées dans les cartes considérées. Ce nombre est toujours supérieur au nombre de régions trouvées.

3.5 Introduction de l'information spatiale

Le nombre de groupes est encore réduit par l'introduction de l'information spatiale. La probabilité est en effet très forte que des pixels voisins appartiennent à la même région.

4 Résultats

Les expériences ont été effectuées sur des planches de vert de deux régions de France: Saint-Chinian, dans l'Hérault, et Noves, en Provence, fournies par l'Institut Géographique National. L'information de couleur est importante en général pour l'analyse d'une carte. Cependant, les images que nous avons à traiter étant des planches de vert, nous les avons numérisées avec 256 niveaux de gris. Les dimensions des images-test sont 512×512 pixels. Il s'est avéré que l'utilisation de quatre filtres seulement était suffisante pour obtenir des résultats satisfaisants. La valeur de K a été choisie égale à 10.



Fig. 1. Extrait d'une planche de vert du Sud de la France dans la région de Noves (Provence) à 13 Km d'Avignon. L'image obtenue est segmentée en broussailles, bois et zones blanches.



Fig. 2. Extrait d'une planche de vert de la région de Saint-Chinian dans le département de l'Hérault, près de Béziers. On distingue nettement les zones de bois, vergers, broussailles et les zones blanches.

Références

- [1] A. M. Landraud et O. Jamet, 1989. Modélisation de la perception visuelle par un banc de filtres sélectifs aux fréquences-orientations et classification des textures naturelles. Communication orale et Actes du 7^e Congrès de Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (R. F. I. A.), pp. 1273-1282, Paris.
- [2] S. Yum, A. M. Landraud et G. Stamon, 1994. Une méthode de classification des textures utilisant l'information dérivée de la phase dans un système de filtrage multicanaux. Communication orale et Actes du Colloque d'Automatique et Génie Informatique AGI'94, pp. 349-352, Poitiers, France.
- [3] J. M. Du Buf, 1990. Gabor phase in texture discrimination. *Signal Proc.*, vol. 21, pp. 221-240.
- [4] A. C. Bovik, M. Clark and W. S. Geisler, 1990. Multichannel texture analysis using localized spatial filters. *IEEE PAMI*, vol. 12, pp. 55-73.