

Caractérisation des objets sur des données à THRS par les moments de Zernike couleurs

HABIB MAHI¹, HADRIA FIZAZI IZABATEN², NABILA BENKABLIA¹

¹ Division Observation de la Terre – Centre des Techniques Spatiales
1 avenue de la Palestine, BP 13, 31200 Arzew, Algérie

² Faculté des Sciences Informatiques – Université des Sciences et de la Technologie d’Oran
BP 1505, El M’Naouar, 31000 Oran, Algérie

¹mahihabib@yahoo.fr, benkabilia@gmail.com, ²hadriafizazi@yahoo.fr

Résumé - Dans cet article, nous proposons un nouvel ensemble de descripteurs de forme basés sur les moments de Zernike couleurs. Ces descripteurs encodent à la fois l’information de couleur ainsi que l’information de forme et sont utilisés pour caractériser les objets sur des données satellitaires à très haute résolution spatiale en vue de leur classification. L’étude proposée est composée de trois étapes : 1) Numérisation manuelle des segments d’intérêt, 2) Caractérisation de chaque segment par un vecteur descripteur basé sur les moments de Zernike couleur et 3) Classification de l’ensemble des vecteurs descripteurs par l’algorithme k-ppv. Les résultats expérimentaux menés à la fois sur une image synthétique et des images Quickbird montrent que les descripteurs proposés sont plus efficaces que les moments de Zernike conventionnels et les attributs géométriques simples.

Abstract - In this paper, a color Zernike moments-based descriptor is used as a measure of shape as well as color information for the classification of objects from very high spatial resolution satellite images. The proposed study contains three steps. First, the segments of interest are manually digitized. Second, a color Zernike feature vector is computed for each segment. In the final step, a supervised classification k-nn algorithm is used to classifying those feature vectors. Experimental results conducted on the synthetic image and also on the Quickbird images show that the proposed descriptors are more efficient than the conventional Zernike moments and the simple geometric attributes.

1 Introduction

Les satellites de télédétection actuels fournissent des images de très haute résolution spatiale, facilitant ainsi l’identification à l’œil des objets cartographiques. Cependant, les caractéristiques variables de ces objets, comme, la couleur, la forme, l’orientation et la taille rendent leur caractérisation en vue d’une reconnaissance automatique fastidieuse. A cet effet, la mise en place d’un ensemble de descripteurs pour caractériser ces objets s’avère d’un intérêt capital dans la majorité des applications liées à l’exploitation de ces images. Dans ce contexte, nous proposons dans cet article, un nouveau vecteur descripteur dont les composantes encodent à la fois l’information de couleur et l’information de forme pour caractériser efficacement les objets cartographiques. La construction de ce vecteur s’appuie sur une nouvelle formulation des moments de Zernike en niveau de gris par l’utilisation du formalisme des quaternions associés aux images couleurs. Le choix des moments de Zernike [1] comme descripteurs de forme est motivé par le fait qu’ils surpassent les autres moments en termes d’invariance, de représentation compacte et de robustesse face au bruit et aux distorsions [2][3] et par leurs large application dans de nombreux domaines [4][5][6]. Néanmoins, ils sont peu ou mal adaptés aux images couleurs. En effet, la majorité des travaux utilisent la formulation des moments de Zernike en transformant l’image couleur en niveaux de gris ou bien en calculant ces derniers pour

chaque composante de l’image. Afin de pallier cette carence, nous adoptons le formalisme des quaternions qui consiste à représenter le vecteur couleur associé à un pixel par un quaternion pur. Mentionnons que les quaternions ont été associés avec succès avec des opérateurs relevant du traitement du signal et du traitement d’images comme les opérateurs de filtrage [7], la FFT [8][9][10], la segmentation d’images couleurs [11] ou encore la détection des changements sur des images satellitaires [12].

Le reste de l’article est structuré de la manière suivante : en section 2, nous présentons les aspects théoriques de cette étude. Les résultats expérimentaux obtenus sur des images synthétiques et des images à très haute résolution spatiales sont abordés en section 3. Enfin, en section 4, nous terminons par une brève conclusion.

2 Les moments de Zernike couleurs

Dans cette section, nous présentons brièvement le concept des quaternions puis les moments de Zernike couleurs.

2.1 Les quaternions

Introduit par Sir W.R. Hamilton en 1843, les quaternions sont des nombres hypercomplexes présentant une extension des nombres complexes aux espaces à quatre dimensions. Soit H l’ensemble des

quaternions, un quaternion $q \in \mathbb{H}$ est représenté alors sous sa forme cartésienne par l'équation suivante :

$$q = a + bi + cj + dk \quad (1)$$

où a, b, c et d sont des nombres réels et i, j, k des nombres imaginaires reliés par les équations :

$$\begin{cases} i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1 \\ ij = -ji = k, jk = -kj = i, ki = -ik = j \end{cases} \quad (2)$$

Le conjugué et le module (norme) du quaternion q sont donnés par :

$$\bar{q} = a - bi - cj - dk \quad (3)$$

$$|q| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2} \quad (4)$$

Un quaternion est dit pur si sa partie réelle est nulle ($a=0$).

2.2 Quaternions et images couleurs

Dans le cas d'une image numérique couleur $f(x,y)$, chaque pixel est défini par trois composantes : rouge, vert et bleu. On peut donc représenter ce pixel non pas par un vecteur à trois composantes mais par un quaternion purement imaginaire sous la forme [13]:

$$f(x,y) = f_r(x,y)i + f_v(x,y)j + f_b(x,y)k \quad (5)$$

2.3 Moments de Zernike couleurs

Dans le cas d'une image en niveaux de gris $I(x,y)$, x, y étant les positions d'un pixel, les moments de Zernike d'ordre n et de répétition m notés Z_{nm} sont donnés par :

$$Z_{nm} = \frac{n+1}{\pi} \sum_x \sum_y I(x,y) V_{nm}^*(x,y) \quad (6)$$

Les polynômes de Zernike $V_{nm}^*(x,y)$ sont exprimés en coordonnées polaires par :

$$V_{nm}(x,y) = V_{nm}(\rho, \theta) = R_{nm}(\rho) \exp(-jm\theta) \quad (7)$$

où $R_{nm}(\rho)$ est le polynôme radial orthogonal défini comme suit :

$$R_{nm}(\rho) = \sum_{s=0}^{\frac{n-|m|}{2}} \frac{(-1)^s (n-s)!}{s! \left(\frac{n+|m|}{2}-s\right)! \left(\frac{n-|m|}{2}-s\right)!} \rho^{n-2s} \quad (8)$$

En substituant $I(x,y)$ par $f(x,y)$ dans l'équation 4 et en utilisant l'équation 5, l'équation 4 s'écrit :

$$Z_{nm} = \frac{n+1}{\pi} \sum_x \sum_y f(x,y) R_{nm}(\rho) \exp\left(-\left(\frac{i+j+k}{\sqrt{3}}\right)m\theta\right) \quad (9)$$

Dans le cadre de ce travail, nous calculons les moments de Zernike couleurs jusqu'à l'ordre $n = 20$. Nous obtenons ainsi un vecteur descripteur donné par: $\vec{v} = (|Z_{20}|, |Z_{22}|, |Z_{31}|, |Z_{33}|, \dots, |Z_{2020}|)$.

3 Résultats expérimentaux

Notre première expérimentation vise à réduire la taille du vecteur \vec{v} initialement composé de 119 éléments en sélectionnant que ceux qui maximisent la discrimination entre des objets de même forme et de couleur différente. La méthode consiste à calculer l'écart élément à élément entre le vecteur descripteur de l'objet original (Figure 1.a) et celui de l'objet de même forme mais de couleur différente. Sur la figure 1.b, nous présentons quelques exemples de ces formes. Les composantes dont l'écart est supérieur à un seuil fixé empiriquement à 2 seront sélectionnées. Les résultats obtenus à l'issue des différents tests montrent que les composantes : $|Z_{20}|, |Z_{73}|, |Z_{53}|, |Z_{40}|, |Z_{93}|, |Z_{106}|, |Z_{102}|, |Z_{126}|, |Z_{122}|, |Z_{82}|, |Z_{86}|, |Z_{100}|, |Z_{33}|, |Z_{51}|, |Z_{71}|, |Z_{137}|,$

$|Z_{199}|, |Z_{117}|, |Z_{180}|, |Z_{62}|$ sont les plus discriminantes et constitueront ainsi notre vecteur descripteur optimal \vec{v}_{op} .

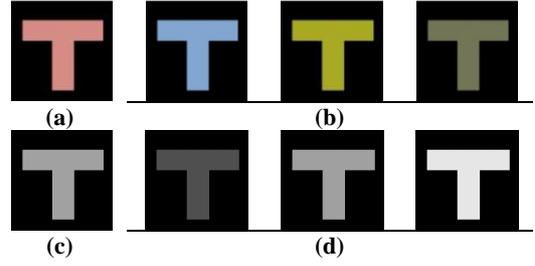


Figure 1 : (a) objet original, (b) objet original avec différentes couleurs, (c) transformation en niveaux de gris de l'objet original et (d) transformation en niveaux de gris de l'ensemble (b)

La deuxième expérimentation consiste à comparer notre vecteur descripteur \vec{v}_{op} avec celui de l'équation 6 (moments de Zernike en niveaux de gris). Nous procédons pour cela au calcul de l'erreur relative moyenne entre le vecteur descripteur de l'objet original et les vecteurs descripteurs des autres objets, et ce pour les deux familles des moments. Les figures 1.c et 1.d illustrent, respectivement, les transformations en niveaux de gris des figures 1.a et 1.b. L'erreur relative moyenne entre deux vecteurs V^1 et V^2 à nb composantes est donnée par :

$$ERM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{nb} |V_i^1 - V_i^2|^2}{nb}} \quad (10)$$

Nous remarquons que la moyenne des ERM calculée sur l'ensemble des images tests est égale à **18.05** pour les moments de Zernike couleurs et **10.12** pour les moments de Zernike en niveaux de gris. A l'issue de cette comparaison, on peut conclure que notre vecteur descripteur assure une meilleure discrimination entre les objets de même forme et de couleur différente. De plus, cet ensemble présente de très bonnes qualités vis-à-vis des transformations géométriques.

La troisième expérimentation est conduite sur des données à très haute résolution spatiale (0.6 m) acquises par le satellite Quickbird (Figure 2).



Figure 2 : donnée Quickbird

Dans un premier temps, un ensemble de 74 objets cartographiques (Figure 3) de formes prononcés ont été vectorisés manuellement (Cette étape peut être obtenue

par un processus de segmentation). L'algorithme k-ppv (k-plus proches voisins) a été appliqué par la suite sur les vecteurs descripteurs relatifs à ces objets. Le nombre de classes a été fixé à 6.

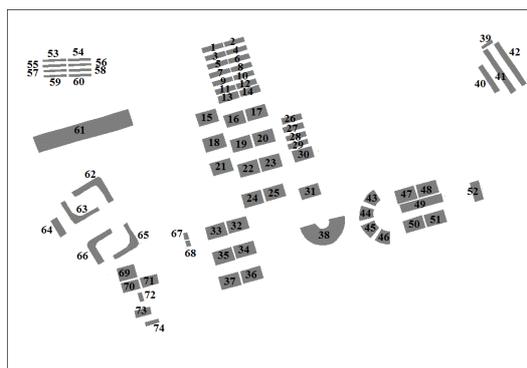


Figure 3 : localisation et étiquetage des objets

La figure 4 présente le résultat de la classification basée sur les moments de Zernike couleurs. Nous remarquons une bonne discrimination entre les objets de même forme et de couleur différente.

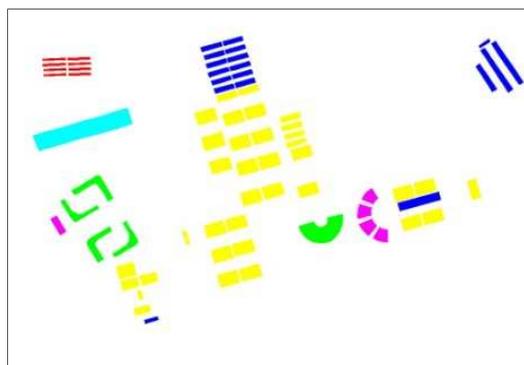


Figure 4 : classification basée moments de Zernike couleurs

Dans la dernière expérimentation, nous souhaitons établir une comparaison entre les performances du vecteur descripteur proposé et celui basé sur les moments de Zernike en niveaux de gris ainsi qu'un ensemble d'attributs géométriques simples. Cet ensemble est formé d'un attribut radiométrique, qu'est la moyenne radiométrique des pixels appartenant à l'objet et cinq attributs de formes, à savoir : la circularité, la rectangularité, l'élongation, la longueur de l'axe mineur et majeur.

Sur la figure 5, nous présentons le résultat de la classification obtenue par les moments de Zernike en niveaux de gris.

On constate quelques confusions entre des objets de même forme mais de couleurs différentes. Ce qui nous conduit à dire que les moments de Zernike conventionnels se révèlent être moins efficace lorsqu'il s'agit de prendre en compte l'information de couleur conjointement avec celle de la forme (cas de l'objet d'étiquette 61 avec les objets d'étiquettes 53, 57 et 59, par exemple).

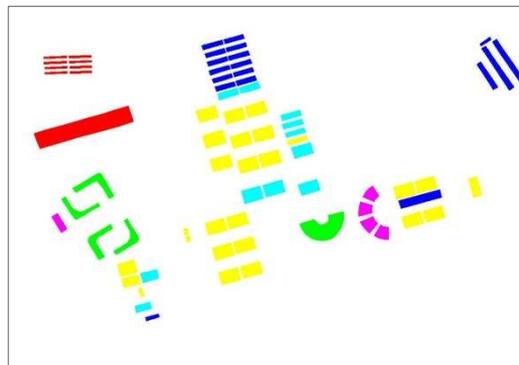


Figure 5 : classification basée moments de Zernike en niveaux de gris

Sur la figure 6, nous présentons le résultat de la classification obtenu par l'ensemble des attributs géométriques simples. Nous constatons que pour le même paramétrage de l'algorithme de classification utilisé, le résultat obtenu est loin de rivaliser avec celui de la classification basée sur les moments de Zernike couleurs (cas des objets d'étiquettes 69, 70 et 71 avec l'objet 63, par exemple).

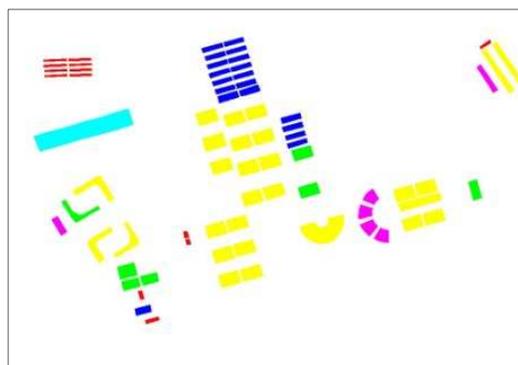


Figure 6 : classification basée sur l'ensemble de descripteurs simples

4 Conclusion

Dans ce papier, nous avons proposé un nouveau vecteur descripteur basé sur les moments de Zernike couleurs pour la caractérisation des objets cartographiques existants dans une image à très haute résolution spatiale. Les résultats obtenus ainsi que les études comparatives réalisés montrent la robustesse de ce nouveau vecteur descripteur et laissent espérer une large application de ce dernier.

Comme perspective, il serait intéressant d'exploiter la partie réelle du quaternion afin d'ajouter une information couleur complémentaire, sachant que les différents capteurs à très haute résolution spatiale opèrent dans quatre bandes spectrales. Cependant, l'utilisation d'un quaternion non pur nécessite une reformulation des moments de Zernike couleurs que celle présentée dans cet article.

Bibliographie

- [1] M.R Teague. Image analysis via the general theory of moments. *Journal of the Optical Society of America*, 70(8): 920-930, 1980.

- [2] D. Zhang and G. Lu. Review of shape representation and description techniques. *Pattern Recognition*, 37: 1–19, 2004.
- [3] M. E. Celebi and Y. A. Aslandogan. A comparative study of three moment-based shape descriptors. In *Proc. IEEE Int. Conf. Information Technology: Coding and Computing (ITCC)*, Las Vegas, NV, 1: 788–793, 2005.
- [4] J. Haddadnia, M. Ahmadi, K. Faez. An Efficient Feature Extraction Method with Pseudo-Zernike Moment in RBF Neural Network-Based Human Face Recognition System. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2003: 890-901, 2003.
- [5] H.S. Kim and H.K. Lee. Invariant image watermark using Zernike moments. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 13(8): 766–775, 2003.
- [6] S. Li, M.C. Lee and C.M. Pun. Complex Zernike moments features for shape-based image retrieval. *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics–Part A: Systems and Humans*, 39(1): 227–237, 2009.
- [7] F.S. Al-Qunaieer and L. Ghouti. Color Iris Recognition Using Hypercomplex Gabor Wavelets. *Symposium on Bio-inspired Learning and Intelligent Systems For Security*, pages 18-19, Edinburgh, UK, 2009.
- [8] P. Bas, N. Le Bihan and J.M. Chassery. Color Image Watermarking Using Quaternion Fourier Transform. *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 3: III-521-524, 2003.
- [9] S.J. Sangwine. The Problem Of Defining The Fourier Transform Of A Colour Image. *International Conference on Image Processing*, 1: 171-175, Chicago, 1998.
- [10] T.A. Ell and S.J. Sangwine. Hypercomplex Fourier Transforms of Color Images. *IEEE Transactions on Image Processing*, 16(1): 22-35, 2007.
- [11] M. Sujaritha and S. Annadurai. Color Texture Segmentation using Quaternion-Wavelet Filters and SOM. *Second International conference on Computing, Communication and Networking Technologies*, India, 2010.
- [12] W. Luo and H. Li. PCA Based Unsupervised Change Detection for Color Satellite Images Under the Quaternion Model. *International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, pages. 1-4, China, 2010.
- [13] N. Le Bihan and S.J. Sangwine. Quaternion Principal Component Analysis of Color Images. *International Conference on Image Processing*, 1: I- 809-812, 2003.