

## LA SEGMENTATION D'IMAGES COULEUR A PARTIR D'UN NOUVEAU DETECTEUR DE CONTOURS

M.CHAPRON, J.P.COCQUEREZ

ENSEA-ETIS, Allée des Chênes pourpres, 95014 Cergy-Pontoise

### RÉSUMÉ

*Le travail présenté propose une généralisation de la segmentation aux images couleur dans le cadre de l'approche frontière. Un nouveau détecteur de contours chromatique est proposé.*

### ABSTRACT

*We present a method for segmenting colored images based on a new chromatic edge detector.*

### I- INTRODUCTION

Le traitement images couleur qui est très peu utilisé actuellement devrait se développer à cause des progrès technologiques (caméras, mémoires, ordinateurs rapides) et de la richesse d'informations supplémentaires qu'il apporte par rapport au traitement d'images en niveau de gris.

Les représentations colorimétriques seront rapidement décrites, puis les méthodes classiques de segmentation couleur seront rappelées et enfin notre méthode de segmentation fondée sur l'approche contours sera exposée.

### II-REPRESENTATIONS COLORIMETRIQUES

Les règles essentielles de colorimétrie ont été définies par Grassman en 1853. Ces règles sont:

- toute couleur peut être reproduite par une base de trois couleurs.
- si deux couleurs sont équivalentes, elles seront équivalentes après multiplication ou division de leur luminance par un même nombre
- la luminance d'un mélange de couleurs est égale à la somme des luminances de chaque couleur.

La Commission Internationale de l'Eclairage (1931) <1> a défini la base colorimétrique à l'aide des longueurs d'onde suivantes  $\lambda_r=700\text{nm}$  (pour le rouge),  $\lambda_v=546\text{nm}$  (pour le vert),  $\lambda_b=425\text{nm}$  (pour le bleu). C'est cette base qui est usuellement utilisée. Cette Commission propose également des transformations linéaires et non linéaires définies à partir de cette base. Soient R la luminance rouge, V la luminance verte, B la luminance bleue d'un pixel quelconque de l'image.

La représentation normalisée suivante est simple:

$$r = \frac{R}{R+V+B} \quad v = \frac{V}{R+V+B} \quad b = \frac{B}{R+V+B} \quad (1)$$

Deux paramètres parmi les trois paramètres r, v, b sont suffisants puisque:

$$r + v + b = 1$$

Une autre représentation colorimétrique suit:

$$\begin{aligned} X &= 2,7689R + 1,7517 V + 1,1302 B \\ Y &= R + 4,5907 V + 0,0601 B \\ Z &= 0,0565 V + 5,5943 B \end{aligned} \quad (2)$$

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

$$x + y + z = 1$$

Le pixel tel que  $x=y=z=\frac{1}{3}$  représente les pixels non teints. Macadam <1> remarque que ce diagramme ne représente pas uniformément toutes les teintes. Afin de prendre en compte ce défaut, il propose la transformation suivante :

$$u' = \frac{4x}{-2x+12y+3} \quad v' = \frac{9y}{-2x+12y+3} \quad (3)$$

L'ensemble (luminance, teinte, saturation) est adéquate pour représenter la perception visuelle humaine.

$$L = \frac{R + V + B}{3}$$



$$T = \arctg\left(\frac{\sqrt{3} (V-B)}{2R-V-B}\right) \quad (4)$$

$$S = 1 - 3 \frac{\min(R,V,B)}{R+V+B}$$

Ce système n'est pas très intéressant en traitement d'images couleur car il y a des discontinuités dans son diagramme de représentation <2>. Beaucoup d'autres systèmes de représentation colorimétriques ont été élaborés comme celui par exemple d'Otha <3> mais ces systèmes sont beaucoup plus sensibles aux variations d'éclairage que les systèmes colorimétriques (1), (2) et (3)..

### III- METHODES CLASSIQUES DE SEGMENTATION D'IMAGES COULEUR

La segmentation couleur a pour but de trouver les régions de l'image qui ont la même couleur. Différentes méthodes permettent d'effectuer ce traitement:

#### - Méthodes de classification:

Les pixels de l'image sont affectés à différentes classes, chaque classe étant composée de pixels ayant les mêmes caractéristiques colorimétriques. Un exemple de ces méthodes peut être trouvé dans <4>.

#### - Les méthodes "split and merge":

Ces méthodes consistent à diviser les parties de l'image n'ayant pas la même couleur et à fusionner les parties adjacentes ayant la même couleur. La description de ces méthodes peut être trouvée dans les références <5,6>. Ces méthodes procédurales qui sont appliquées pour des images en niveau de gris sont appliquées sur des images couleur. L'inconvénient de ces méthodes est qu'elles délocalisent, dans certaines configurations, le contour <6>. Une méthode récente <7> qui combine la fusion de régions et l'utilisation des histogrammes locaux donnent de bons résultats mais les calculs sont assez longs.

#### - Méthode proposée: segmentation à partir des contours:

Beaucoup de travaux traitent de détection de contours, on peut mentionner quelques articles de synthèse sur le sujet écrits par Davis<8>, Fu et Mui<9>. Une manière simple de détecter les contours est d'appliquer un gradient sur chacune des composantes chromatiques et d'affecter au gradient résultat la somme ou le maximum des modules des gradients calculés sur les images rouge, verte, bleue. Nous avons préférés utiliser un cadre théorique pour

définir un nouveau gradient couleur. A partir des résultats de géométrie différentielle ( tenseurs ), R. Machuca et K. Philips <10> ont élaboré un gradient dans le cas d'images multidimensionnelles . Di Zenzo <11> s'appuie sur ces travaux et propose une combinaison des trois gradients chromatiques obtenus sur chaque image pour utiliser un gradient global. Avec les notations de Di Zenzo, on a:

Soient  $x$  un pixel quelconque,  $f$  la fonction luminance globale sur les trois images, on pose:

$$x = (x^1, x^2)$$

$$f = (f^1, f^2, f^3)$$

$$y = f(x) = (f^1(x), f^2(x), f^3(x)) = (y^1, y^2, y^3)$$

Le Jacobien  $\frac{\partial f^i}{\partial x^h}$  est supposé de rang 2 partout dans l'image,  $h=1,2$  et

$$f_h(x) = \left( \frac{\partial f^1}{\partial x^h}, \dots, \frac{\partial f^3}{\partial x^h} \right)$$

Nous supposons que  $f_h(x)$  et ses premières dérivées sont continues.

Soit  $X$  le produit scalaire dans  $R^3$ . Pour  $h,k=1,2$

$$g_{hk}(x) = f_h(x) \cdot f_k(x)$$

Notons que  $\{f_h(x)\}_{h=1,2}$  est une base de l'espace vectoriel à 2 dimensions, tangent à  $V_2 = \left\{ \frac{f(x)}{x} \in R^2 \right\}$ .

Les 4 nombres  $g_{kk}(x)$  sont les composants du tenseur symétrique  $g(x) = g(x^1, x^2)$  de rang 2.

Nous avons à maximiser

$$df^2 = \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^2 g_{hk} dx^h dx^k$$

sous la contrainte :

$$\sum_{h=1}^2 dx^h dx^k = 1$$

Ce problème peut être reformulé comme le problème de détermination de la valeur  $\theta$  qui maximise la forme:

$$F(\theta) = g_{11} \cos^2(\theta) + 2g_{12} \cos(\theta)\sin(\theta) + g_{22} \sin^2(\theta)$$

Le maximum est obtenu quand  $\frac{dF}{d\theta}$  est égale à 0. Il vient:

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{2g_{12}}{(g_{11} - g_{22})}$$

$\theta$  et  $\theta \pm \frac{\pi}{2}$  sont solutions, nous gardons celle qui donne  $F(\theta)$  maximum, ce maximum donne le module du gradient chromatique et l'angle  $\theta$  du gradient correspond à ce maximum.  $g_{11}$ ,  $g_{12}$  et  $g_{22}$  peuvent être exprimées pour le traitement d'images couleur comme suit:

$$u = \frac{\partial R}{\partial x} r + \frac{\partial V}{\partial x} v + \frac{\partial B}{\partial x} b$$

$$v = \frac{\partial R}{\partial y} r + \frac{\partial V}{\partial y} v + \frac{\partial B}{\partial y} b$$

$$g_{11} = u \cdot u = \left| \frac{\partial R}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial V}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial B}{\partial x} \right|^2$$

$$g_{22} = v \cdot v = \left| \frac{\partial R}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial V}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial B}{\partial y} \right|^2$$

$$g_{12} = u \cdot v = \frac{\partial R}{\partial x} \frac{\partial R}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial B}{\partial x} \frac{\partial B}{\partial y}$$

Les 4 nombres  $g_{hk}(x)$ ,  $h,k=1,2$  sont les composantes du tenseur symétrique  $g(x) = g(x^1, x^2)$  de rang 2.

Le détecteur de Deriche <12> est implémenté de façon récursive. Plusieurs passages sur l'image sont nécessaires.

Un seuillage par hystérésis est appliquée sur le module du gradient global. Une méthode développée par J.P. Cocquerez <13> permet de fermer les contours et d'étiqueter les régions situées à l'intérieur des contours fermés. La fermeture des contours amincis s'effectue par recherche d'un meilleur chemin dans l'image de la norme du gradient chromatique.

#### IV- RESULTATS

Les résultats sont illustrées sur les photos 1,2,3,4,5,6. La photo 1 correspond à l'image couleur originale, la photo 2 présente les contours obtenus sur l'image en niveau de gris par la méthode de Deriche, la photo 3 montre les contours extraits par l'extracteur de DI ZENZO et la photo 4 les contours extraits par notre méthode. La photo 5 est une autre image originale, la photo 6 montre les contours extraits, la photo 6 correspond à l'étiquetage des régions.

#### V- CONCLUSION

La méthode de segmentation proposée donne de bons résultats même lorsque les images sont bruitées par un bruit gaussien. Elle offre également la possibilité de détecter les contours en multirésolution. La comparaison des photos 2 et 4 montrent l'utilité de faire du traitement d'images couleur.

#### Références:

<1> D.L.MACADAM, Color measurement, Springer Verlag, 1981.

<2> J.R.KENDER, Saturation, Hue and Normalized color, technical report, department of computer science, CMU 1976.

<3> Y.OHTA, Knowledge-based Interpretation of outdoor natural color scenes, Pitman, 1985.

<4> L.LIANG, Contribution à la segmentation chromatique des images, Thèse de Docteur-Ingenieur, INPT, Toulouse, 1987.

<5> F.CHEEVASUVIT, H.MAITRE, D.VIDAL-MADJAR, A robust method for picture segmentation based on split and merge procedure, technical report 84C006, ENST, Paris.

<6> T.PAVLIDIS, Structural pattern recognition, Springer-Verlag, 1977.

<7> J.ROSS BEVERIDGE and al, Segmenting images using localized histograms and regions merging, International Journal of Computer Vision, 2, p.311-647, 1989.

<8> L. S. DAVIS, A survey of edge detection techniques, CGIP 4, p 248-270, 1975.

<9> K. S. FU, J.K. MUI, A survey on image segmentation, Pattern Recognition 13, p3-16, 1981.

<10> R. MACHUCA, K. PHILIPS, Applications of vector fields to image processing, IEEE PAMI 5, p 316-329, 1983.

<11> S.DI ZENZO, A note on the gradient of a multi-image, CGVIP, v 33, p 116-125, 1986.

<12> R DERICHE, Fast algorithms for low-level vision, IEEE PAMI 12, p78-87, 1990.

<13> J.P.COCQUEREZ, R.DERICHE, G.ALMOUZI, An efficient method to built early image description, 9<sup>th</sup> International conference on pattern recognition, Rome, nov.14-17, 1988.

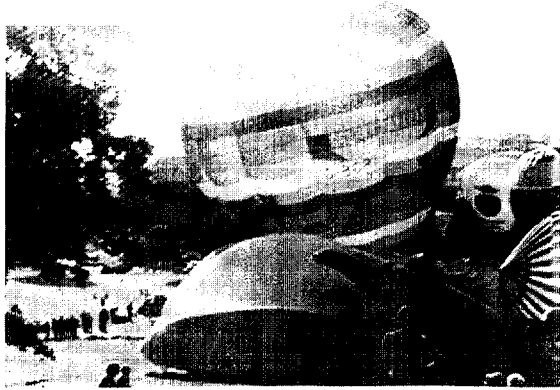


Photo 1 - Image originale

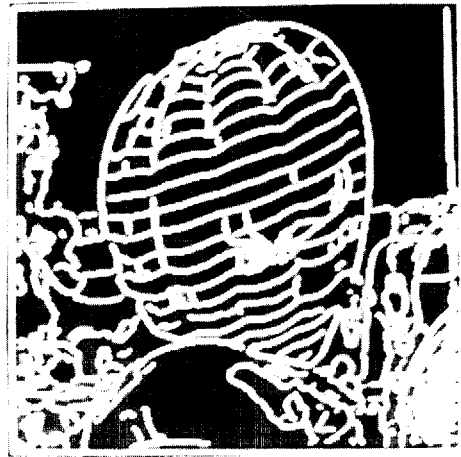


Photo 4 - Contours obtenus par notre méthode



Photo 2 - Contours obtenus par la méthode de Deriche ( Image de départ en niveau de gris )

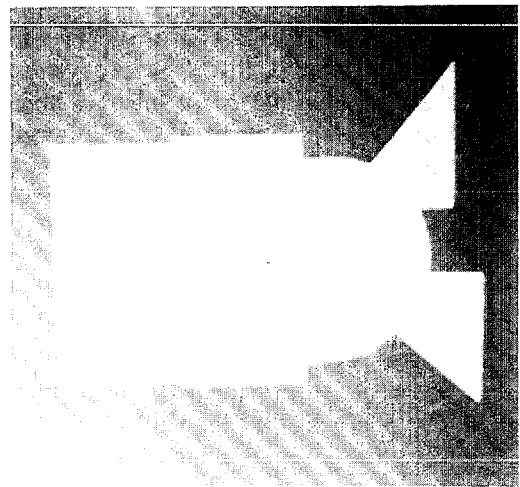


Photo 5 - Image originale



Photo 3 - Contours extraits par la méthode de Di Zenzo



Photo 6 - Image étiquetée