Indexation d'images utilisant une segmentation par ensembles de niveaux

Youssef Chahir, Sophie Schüpp, Liming Chen

▶ **To cite this version:**

Youssef Chahir, Sophie Schüpp, Liming Chen. Indexation d'images utilisant une segmentation par ensembles de niveaux. Extraction et Gestion des Connaissances (EGC'02), 2002, Montpellier, France. pp.387-392. hal-00324866

HAL Id: hal-00324866
https://hal.science/hal-00324866

Submitted on 19 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Indexation d'images utilisant une segmentation par ensembles de niveaux

Y. Chahir[¥], S. Schüpp[¥], et L. Chen[ϒ]

[¥] *GREYC I3 -UMR 6072 CNRS, Université de Caen, 14032 Caen, France*
[¥] *GREYC image -UMR 6072 CNRS, ISMRA, 14050 Caen, France*
[ϒ] *ICTT Ecole Centrale de Lyon, B.P. 163, 69131 Ecully Cedex, France*

RÉSUMÉ. *Dans cet article, nous introduisons une nouvelle méthode automatique de segmentation d'images couleur. Cette méthode combine la classification floue, les contours actifs et des opérateurs morphologiques. On présente aussi d'autres techniques qui caractérisent les objets colorés et leurs relations spatiales pour une recherche efficace de l'image par le contenu.*

La méthode de segmentation commence par une étape d'identification des germes qui sont ensuite classifiés automatiquement en plusieurs classes selon leurs caractéristiques couleurs. Cette étape d'initialisation est suivie d'une phase de propagation simultanée des contours de tous les germes pour venir épouser les contours des objets de l'image. Cette propagation se fait de l'intérieur vers l'extérieur. Un fois que les objets sont délimités, leur signature spatiale est extraite en définissant des relations spatiales entre les objets dominants de l'image. Pour retrouver l'information d'une image par le contenu, nous avons développé un algorithme de recherche par similarité qui est basé sur le principe de pondération de critères.

ABSTRACT. *In this paper, we introduce a novel method of automatically segmenting colour images, which combine fuzzy clustering, active contour models and morphological operators. A several techniques which characterize colour objects and their spatial relationships for efficient content-based image retrieval are presented too.*

The segmentation method starts initially with a stage of identification of the germs which will be classified automatically in several classes according to statistical data's of colour, followed by a phase of simultaneous propagation of all contours of germs which will lead to the definition of contours of the visual objects. All seed regions are propagated outward simultaneously to localize the final contours of all objects in a given image. Once the visual objects are delimited, a spatial signature is extracted to define the spatial relationships between the dominant objects in the image. In order to improve content-based image retrieval, we develop a search algorithm by similarity which will be based on the principle of weighted criteria.

MOTS-CLÉS : *Segmentation d'images, modèle des contours actifs, ensembles de niveaux, classification floue, relation spatiale*

KEYWORDS: *Image segmentation, active contours models, level sets, fuzzy clustering, spatial relationships.*

1. Introduction

Actuellement, de nombreuses recherches sont faites dans le domaine de l'indexation et de la recherche par le contenu dans une image, notamment avec l'explosion du "World Wide Web". Dans les systèmes classiques de base de données, de nombreuses informations sur le contenu de l'image proviennent du contexte ou d'autres sources que l'image elle-même. Tandis que pour la recherche de l'information par le contenu de l'image, on utilise des attributs génériques tels que la couleur, la forme ou la texture [GUD 95][NIB 96] en particulier pour la recherche par l'exemple. Ces systèmes essaient de renvoyer les images qui sont le plus similaires visuellement à l'image demandée dans la requête.

Dans cet article, nous suggérons une approche intégrée, basée sur la combinaison d'une segmentation robuste, et d'une méthode d'indexation qui permet de répondre à des requêtes globales ou locales, pour trouver des objets visuels similaires. Basé sur des relations spatiales de base entre objets visuels, le système cherche dans la base et renvoie une liste d'images rangées par similarité croissante à l'image de la requête.

L'article est organisé comme suit. Nous présentons, dans la partie 2, notre méthode de segmentation automatique, basée sur les méthodes des ensembles de niveaux. Dans la partie 3, nous présentons une technique d'extraction de l'information d'une image. Nous y présentons nos structures de données ainsi que notre méthode de recherche basée sur le principe de pondération de critères. Un conclusion générale est présentée dans la partie 4.

2. Segmentation automatique par ensembles de niveaux

L'approche des ensembles de niveaux [OSH 88] a été appliquée avec succès à une large collection de problèmes en traitement et analyse d'images. En particulier en segmentation, elle a permis d'unifier différentes méthodes de segmentation orientées contour ou région. L'idée de base est de placer une ou plusieurs courbes à l'intérieur où à l'extérieur des objets à extraire dans une image, et à les faire évoluer selon la normale pour venir épouser les contours physiques des objets. Notre méthode commence par une étape d'identification des germes qui sont ensuite classifiés automatiquement en plusieurs classes selon leurs caractéristiques couleurs. Cette étape d'initialisation est suivie d'une phase de propagation simultanée des contours de tous les germes pour venir épouser les contours des objets de l'image. Cette propagation se fait de l'intérieur vers l'extérieur.

2.1. Initialisation automatique

Il s'agit ici de déterminer les germes de départ (courbes initiales) et les classes auxquelles seront rattachées les régions. Notre méthode se compose de deux étapes :

a) Détection d'un ensemble de germes et placement à l'intérieur des objets intéressants dans l'image à l'aide des opérateurs de morphologie mathématique.

Soit I une image de couleur : I : $(x_1,x_2) \rightarrow (I_1,I_2,I_3)$. On commence par calculer l'amplitude du gradient couleur : $\left|\nabla_C I\right| = \sqrt{\left|\nabla I_1\right| + \left|\nabla I_2\right| + \left|\nabla I_3\right|}$

Ensuite, on prend comme germes les h-minima de cette image. Ces h-minima d'une image I_0 sont définis de la manière suivante :

$h_{\min}(I_0) = \left\{P / \left(I_0(P) - \gamma^{(rec)}(I_0, I_0 + h)(P)\right) < 0\right\}$ où $\gamma^{(rec)}(I_0, I_0 + h)$ désigne la reconstruction morphologique par érosion de l'image I_0+h dans l'image I_0.

A la suite de cette opération, les germes sont répartis automatiquement d'une manière symétrique à l'intérieur de tous les objets.

b) Classification de tous les germes en plusieurs classes selon leur couleur, en utilisant une méthode de classification floue non supervisée.

Pour la classification, nous avons utilisé une implémentation de l'algorithme floue (fuzzy *c*-mean algorithm) [BEZ93] pour classer les pixels d'une image en *C* classes en minimisant la fonction suivante :

$$J = \sum_{i=1}^{C}\sum_{j=1}^{N}(u_{ij})^m d^2(x_j, c_i) - \alpha\sum_{i=1}^{C} p_i \log(p_i)\ ;\ \sum_{i=1}^{C} u_{ij} = 1 \quad \forall\ j \in [0, N]\ ;\ p_i = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} u_{ij}$$

u_{ij} est la valeur d'appartenance du pixel j à la classe I, telle que p_i est la probabilité d'appartenance des pixels j à la classe i. c_i est le centre de gravité de la classe i. N est le nombre total des pixels dans l'image. $d^2(x_j, c_i)$ est une distance euclidienne et m est un coefficient de pondération d'appartenance floue (*m=2).*

Dans l'algorithme le nombre de classes C est déterminé automatiquement.

2.2. Localisation

L'évolution simultanée des contours se fait en résolvant l'équation suivante :

$\begin{cases} |\nabla T| = \frac{1}{F(I)} \\ T_{/G_i} = 0 \end{cases}$ F étant une vitesse de propagation. Pour prendre en compte l'information sur les régions et les contours obtenus lors de l'étape de classification, nous avons considéré la fonction suivante :

$$F^i(I)(x,y) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\sum_{k=1}^{3}\left|I_k(x,y) - \mu_i^k\right|^2 + \left|\nabla_C I(x,y)\right|^2\right)\right]$$

I_k *est la* k^{th} composante de l'image couleur. μ_i^k est la moyenne des classes *i* sur la composante *k* et ∇I_C est l'amplitude du gradient couleur.

Pour l'implémentation, nous avons considéré un algorithme à progression rapide GMM (group marching methods) Kim [KIM00]. La figure 1 montre un exemple de segmentation d'une image couleur, et les différentes étapes intermédiaires.

a) b) c) d) e)

Fig. 1 : Segmentation automatique. a) Image couleur. b) 4 classes de germes. c) évolution intermédiaire. d) segmentation finale. e) Régions dominantes.

3. Extraction de signature spatiale et recherche par critères pondérés

La relation spatiale est définie à partir des relations d'Allen qui existent entre deux intervalles et qui se composent de sept relations de base [HUA 97] qu□on peut regrouper en deux classes de base : Avant (Av) et Pendant (P) [CHA01] (cf. Tab. 1).

Classe	**Relation**	**Notation**	**Condition**
Avant		Av	fin(A)≤ début(B)
	Before	A<B	fin(A)<début(B)
	Meet	A\B	fin(A)=début(B)
Pendant		P	début(A)≤ début(B); fin(A)≥fin(B)
	During	A%B	début(A)<début(B); fin(A)>fin(B)
	Finish	A[B	début(A)<début(B); fin(A)=fin(B)
	Start	A]B	début(A)=début(B); fin(A)>fin(B)
	Equal	A=B	début(A)=début(B); fin(A)=fin(B)
Avant ou Pendant			
	Overlap	A/B	début(A)<début(B)< fin(A)<fin(B)

Tableau 1- Regroupement des opérateurs spatiaux en deux classes

Ainsi, on peut caractériser des relations spatiales telles que: Gauche,, Dessous, Contenir, Sud, Ouest, Sud-Ouest et Nord-Ouest. Le tableau 2 récapitule la définition de différentes relations spatiales de base.

Relation	**Notation**	**Condition**
Gauche	A G B	A_x Av B_x
Dessous	A B B	A_y Av B_y
Contenir	A ⊃B	A_x P B_x ; A_y P B_y
Sud	A ↓ B	{A_x P B_x ou B_x P A_x}; A B B
Ouest	A ← B	A G B; {A_y P B_y ou B_y P A_y}
Sud-Ouest	A ↙ B	A G B ; A B B
Nord-Ouest	A ↖ B	A G B ; B B A

Tableau 2 : Définition des relations spatiales de base

Par symétrie, on peut obtenir les autres relations spatiales. En effet, A "à droite de" B est équivalente à B "à gauche de" A. De même pour les relations Dessous, Sud, Ouest, Sud-Ouest, et Nord-Ouest, on détermine respectivement leurs relations inverses Dessus, Nord, Est, Nord-Est et Sud-Est. On associe une relation spatiale Γ à chaque paire d'objets (U,V): U Γ V. Cette relation n'est pas symétrique. Pour indiquer le sens d'une relation inverse on le précise avec un signe - . U Γ V≡V -Γ U. Pour des raisons pratiques, on ne s'intéresse qu'aux 20 premiers objets dominants d'une image. Pour chaque image, on mémorise les relations spatiales entre ses régions qui la composent par ordre d'importance. Par exemple, si l'image est identifiée par le numéro 101, et que nous nous limitons au 5 premières régions dominantes, elles vont être identifiées par 101**01**, 101**05.**

Pour chaque image composée de n régions homogènes, on doit enregistrer N_O relations spatiales (opérateurs) qui est calculée par la formule suivante[CHA00]:

$$N_O = (n-1)+(n-2)+\ldots+1 = \sum_{i=1}^{n}(n-i) = \sum_{i=1}^{n-1} i = \frac{n(n-1)}{2}$$

Connaissant le nombre de relations spatiales entre les régions d'une image, il est possible de déduire le nombre de régions dominantes de celle-ci. En effet, le nombre de régions dominantes N_R (=n) est : $N_R = 1+\sqrt{1+8N_o}\,/2$. Par exemple, si on a N_O= 15 opérateurs, cela veut dire que l'image comporte 6 régions dominantes .Nous ne mémorisons que les opérateurs, assumant implicitement que la comparaison se fait toujours dans l'ordre : première région avec la seconde, puis avec la troisième, , etc. ensuite la deuxième région avec la troisième, puis la quatrième, etc.

Pour des raisons de performance, cette table des relations spatiales a été implémentée par une structure de "fichier inversé". Pour chaque relation spatiale de base (⊃,↓,←,↙,↖), nous avons un fichier séparé à deux colonnes. Chaque région étant indexée par sa couleur caractéristique, les lignes du tableau indiquent alors le

nombre de relations spatiales entre les deux couleurs présent dans image de la base (cf. Tableau 2). Par exemple, la première ligne du tableau indique que la relation spatiale Objet de couleur 101 "Nord de" Objet de couleur 150 se trouve 12 fois dans l□image 11, puis 2 fois dans l□image 111 et enfin 4 fois dans l□image 151. Quant à la relation spatiale symétrique Objet de couleur 101 "Sud de" Objet de couleur 150, a été identifiée 3 fois dans l□image 111 et une fois dans l'image 189.

Paires de couleurs	**Images avec leurs poids**
101,150	11(+12)111(-3+2)151(+4)189(-1)
□	
C_i,C_j	$I_x(u)$, $I_y(v)$, □ , $I_z(w)$

Tableau 2 - Structure du fichier inversé pour la relation spatiale « NORD »

Pour trouver les images de la base, les plus ressemblantes à l□image requête, il s'agit de vérifier pour chaque relation spatiale Γ entre deux régions, soit (C_i,C_j), si elle est également présente dans une image de la base. Si c'est le cas, nous incrémentons un compteur qui représente la mesure de similarité entre l□image requête et l□image candidate. Ce compteur est la somme des occurrences des relations spatiales apparaissant dans l□image candidate. Ainsi, à la fin d'un tel processus les images sont classées par ordre décroissant de compteur . Les images ayant un compteur élevé sont considérées comme étant les plus proches. La procédure de recherche par pondération de critères est comme suit :

Pour chaque relation spatiale Γ entre (C_i,C_k) de l□image de requête Faire :

- Initialisation : On commence par identifier le sens de recherche entre (C_i,C_k)
- Traitement : Chercher la ligne qui contient le couple ;

  Si signe=□+□alors Trouver I avec un poids positif (+V); $Vote_I$= $Vote_I$+V ;

  Sinon Trouver J avec un poids négatif (-W); $Vote_J$= $Vote_J$+W;
- Tri Trier les votes des images par ordre décroissant

5. Conclusion

Nous avons présenté une méthode de segmentation automatique basée sur les ensembles de niveaux. Cette méthode combine les avantages de la segmentation morphologique continue par EDP avec ceux de la classification floue supervisée ou non. Cette méthode est rapide, tant au niveau de l□initialisation où les germes obtenus par des opérateurs morphologiques, ne représentent que 5% des pixels de l□image, qu□au niveau de la localisation où on a utilisé un algorithme fonctionnant en O(N). Après la phase de segmentation, nous avons proposé une approche qui permet de décrire et de rechercher rapidement des images. Cette approche peut être

améliorée en tenant compte du retour des actions des utilisateurs en particulier en utilisant un bouclage de pertinence adapté. Cette approche unifiée a aussi l'avantage de s'appliquer sur une large classe d'images où les objets visuels sont décrits par leurs caractéristiques globales, telles que dans les images médicales.

6. Références

[BEZ 93] Bezdek C., Hall L.O., Clarke L. P., Review of MR image segmentation techniques using pattern recognition, *Med. Phys*, 201 (1993) 1033-1048.

[CHA 00] Chahir Y and Chen L, Searching Images on the basis of color homogeneous objects and their spatial relationship, *JVCIR* 11, 302-326, 2000.

[CHA 01] Chahir Y and Jomni S. , Combining multiple image descriptions for browsing and retrieval, Internet Imaging II, IS&T, Proc. of SPIE Vol. 4311, 24-26 January 2001, San Jose, California USA

[GUD 95] Gudivada, V. N. and Raghavan, V. V. Content-based image retrieval systems. *IEEE Magazine*, September 1995.

[HUA 97] Huang P., "Indexing pictures by key objects for large-scale image databases", *Pat. Rec.*, Vol.30, N. 7 p1229-1237, 1997

[KIM00] Kim S., O(N) Level set, *Math-Report*, University of Kentuckey, (2000).

[NIB 96] Niblack W et al. the QBIC project: Query image by content using color, texture and shape. *Storage and retrieval for image and video databases* 173-187, 1996, SPIE.

[OSH 88] Osher S, Sethian JA, Fronts propagating with curvature-dependent speed : algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations, *J of comp. physics*, 79, 1988, 12-49.

[SET 96] Sethian J., *Level Set Methods : Evolving interfaces in geometry, fluid mechanics, computer vision, and material science*. Cambridge University Press, (1996).