



# Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ - Mai 1984 -

METHODE DE SUIVI SEQUENTIEL DE CONTOUR  
D'OBJETS DANS UNE IMAGE BRUTEE  
METHOD OF SEQUENTIAL EDGE FOLLOW-UP  
OBJECTS IN A NOISY IMAGE

M. BOUAZZAOUI, S. ARAMMETAPONGSA  
M. ABIGNOLI

CENTRE DE RECHERCHE EN AUTOMATIQUE DE NANCY  
2, rue de la Citadelle, B.P. 850, 54011 NANCY CEDEX

## RESUME

La méthode de suivi de contour d'objets étudiée s'inspire des travaux d'Elliott et Srinivasan.

A partir d'un point donné de l'image, on définit une matrice de pixels limitée. Dans cette matrice, on peut se déplacer selon plusieurs chemins possibles pouvant être des frontières possibles de l'objet avec diverses probabilités. Pour chacun d'eux, on calcule un critère fonction de différents paramètres de l'image (contraste, forme, intensités de l'objet et du fond, bruit, etc...). Le chemin choisi est celui qui maximalise le critère. A partir du point de sortie de la matrice, on définit une nouvelle matrice dans laquelle on recommence l'opération.

Dans la méthode proposée, on fait intervenir l'élément contraste en plus des éléments de formes et d'intensités d'objet et de fond utilisés par Elliott.

L'objet principal de cette étude est d'appliquer cette méthode ainsi modifiée à des cas pratiques en favorisant au maximum la convergence des algorithmes et leur bon résultat.

Pour cela, les différentes constantes intervenant dans les calculs sont déterminées au préalable par différents traitements. Par exemple, on mesure l'histogramme d'intensité selon un méridien de l'objet pour calculer certains paramètres de l'objet et du fond de celui-ci. D'autres paramètres peuvent être introduits de façon interactive par l'opérateur. Des résultats sont donnés sur des radiographies cardiaques (mesure du volume d'éjection ventriculaire).

## SUMMARY

The studied method of edge follow-up is derived from works of Elliott and Srinivasan.

From a given source pixel of image, a pixel matrix of limited dimension will be determined. Inside this matrix, one can move along one of possible paths defining the boundary of object with various probabilities. For each path, a criterion may be defined in function of different parameters such as contrast, shape intensity of object, background, and the noise variance. The chosen path for follow-up will be the one whose the criterion is maximal, relating the source pixel to the corresponding one. From the latter, another matrix will be formed and the whole process will be repeated.

In addition to the shape element and intensity of image and background as described by Elliott, contrast is added to the proposed method.

The principal aim of this study consist in applying the modified approach to practical cases where the maximum of algorithm convergence and excellent results may be obtained.

In practice, different constants which are used in the calculation are determined from various treatments. For exemple, certain parameters of object and its background are obtained from an object meridian which is applied to the intensity histogram. Insertion of other parameters one performed by interactive process. The results will be given basing upon cardiac radiographies (the measurement of ventricular ejection's volume).



1. INTRODUCTION

La détection de contour en traitement d'image se fait par différentes méthodes liées à des catégories d'objet données.

Lorsque cela est possible on travaille sur une image binaire après seuillage de l'image originale, les méthodes utilisées peuvent être assez rapides.

Dans les autres cas on utilise une image à plusieurs niveaux de gris avec éventuellement un prétraitement simple pour éliminer certains bruits, c'est le cas de la méthode utilisée.

Dans ce domaine on rencontre différents types de traitements basés sur la minimisation de critères comme par exemple le suivi de contour basé sur la différence de luminosité de deux pixels adjacents. Ce peut être aussi la maximisation d'un critère en utilisant un modèle de bruit gaussien et en définissant la luminosité de l'objet et du fond dans une matrice.  $M(h, 2k-2)$  avec un calcul progressif de  $h = 2$  jusqu'à  $k$  choisi ceci en donnant priorité à certaine distance à l'aide d'une matrice de probabilité de transition. La méthode que nous proposons s'apparente aux deux familles.

2. Estimation du contour par segments

2.1 Définition des segments

La figure 1 représente le contour d'un objet décrit dans un quadrillage dont chaque carré est un pixel de coordonnées  $(i, j)$  et d'intensité  $g(i, j)$ : Le contour est une succession de vecteurs  $t_m$  pour  $m = 1, M$ , couplés à partir d'une origine, qu'on notera

$\{t_m\}_{m=1}$ . Chaque vecteur  $t_m$  est défini par trois éléments  $t_m = [i_m, j_m, d_m]^T$ , avec  $(i_m, j_m)$  les coordonnées du pixel situé à l'intérieur du contour et  $d_m$  l'orientation du vecteur  $t_m$ .  $d_m \in \{0, 1, 2, 3\}$  selon sa direction définie par la figure 2.

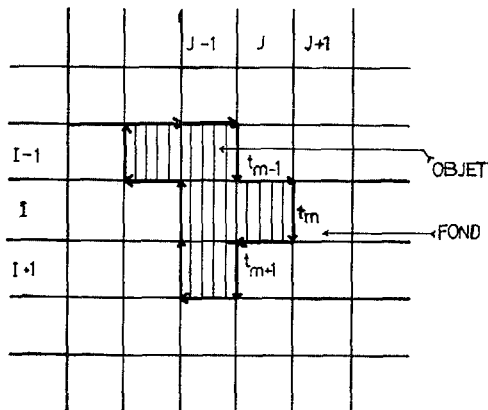


Fig. 1 Exemple de représentation du contour d'objet

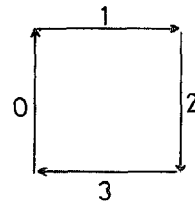


Fig. 2 Les quatres orientations possibles

2.2. Matrice de Travail

Le chemin global va être optimisé par groupe de segments limités. A partir d'un segment  $t$ , choisi comme origine on crée une matrice  $\mathcal{N}(k, l)$  où  $k$  est la hauteur et  $l$  la largeur. La direction  $d_1 = 0$  est celle du vecteur  $t$ , de départ. D'après la figure 3 qui représente une matrice  $\mathcal{N}(4, 4)$   $S$  est le point d'entrée dans la matrice,  $S_1$  et  $S_{11}$  représentent les points de sorties possibles de la matrice, pour une matrice  $\mathcal{N}(k, l)$  le nombre  $P$  de points de sorties est donné par la relation  $P = 2(k+1) - 5$ , pour chaque point de sortie  $S_p$  on fait correspondre le vecteur  $S_p$  dont les  $p$  éléments sont les chemins venant de  $S$  et aboutissant à  $S_p$  dont chacun sera noté  $S_p(q)$

$$\vec{S}_p = [S_p(1), \dots, S_p(q), \dots, S_p(Q)]^T$$

dont  $Q$  est une variable qui dépend de  $k, l$  et  $p$ . La figure 3 représente trois chemins possibles pour aller de  $S$  à  $S_1$ .

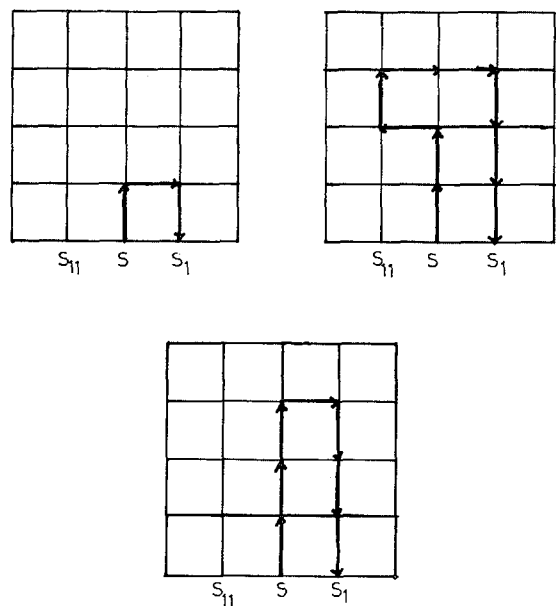


Fig. 3 Exemples de quelques chemins possibles pour aller au point  $S_1$

3. Estimation sur le contraste

Soit une matrice  $M(k, l)$  par exemple  $M(3, 4)$  comme sur la figure 4.

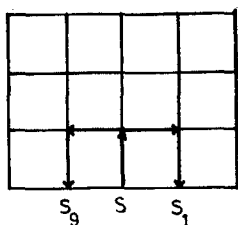


Fig. 4 Deux chemins représentant les quatre directions possibles

Soient deux chemins allant l'un de S à S<sub>1</sub>, l'autre de S à S<sub>0</sub>. Dans le premier cas le chemin S<sub>1</sub> (1) se compose de trois vecteurs  $t_{m1}^3$  de direction 0, 1, 2. Dans le deuxième cas le chemin S<sub>0</sub>(3) en trois de direction 0, 3, 2.

Pour un vecteur  $t_m$  séparant deux pixels de coordonnées (i, j) à sa droite et (i, j - 1) à sa gauche on définit tous les pixels adjacents de (i, j).

$$\{(i, j-1), (i, j+1), (i-1, j), (i+1, j)\} \text{ et}$$

$$A_{r1} = |g(i, j) - g(i, j-1)|$$

$$A_{r2} = |g(i, j) - g(i-1, j)|$$

On appelle  $\hat{C}$  la valeur maximale de  $A_{r1}$  et  $A_{r2}$  sur toute la matrice de points  $M(k, l)$ .

A chaque chemin possible on attribue une estimation du coût du contraste qu'on définit de la manière suivante

$$\text{soit } \mathcal{C} = \{(t_m/t_m \text{ Frontière} : g(i_m, j_m) \in M(k, l))\}$$

$$\text{soit } C_m \text{ de module de } t_m \quad C_m = |t_m|$$

$$\mathcal{C} = \{C_m/C_m = t_m \text{ et } t_m \in \mathcal{C}\}$$

$$\text{pour } d_m = 0 \quad C_m = g(i_m, j_m) - g(i_m + 1, j_m)$$

$$\text{pour } d_m = 1 \quad C_m = g(i_m, j_m) - g(i_m - 1, j_m)$$

$$\text{pour } d_m = 2 \quad C_m = g(i_m, j_m) - g(i_m, j_m + 1)$$

$$\text{pour } d_m = 3 \quad C_m = g(i_m, j_m) - g(i_m, j_m - 1)$$

On définit alors le coût  $C_p(q)$  d'un chemin  $S_p(q)$  par rapport au contraste par :

$$C_p(q) = \frac{1}{W} \sum_{\mathcal{C}} (\hat{C} - c_m) \quad (1)$$

$$\text{avec } W = \sum_1^R \sum_{\mathcal{C}_R} (\hat{C} - C_m)$$

R est le nombre de chemin existant à l'intérieur de la matrice (k, l) pour (4, 3) R = 27

4. Estimation en tenant compte de l'objet du fond et de la variance du bruit

Soit l'objet dont on veut reconnaître le contour, il existe des points de l'image qui font partie avec certitude de l'objet et d'autres qui font partie du fond. Grâce à cette information supplémentaire on va ajouter des paramètres améliorant les performances de l'algorithme par rapport au bruit. On définit :

- a) le niveau de gris de l'objet  $g(i, j) = r_{int} + b(i, j)$  où  $r_{int}$  est la luminance de l'objet sans bruit et  $b(i, j)$  le bruit introduit par la mesure où les conditions de prises de vue.
- b) le niveau de gris de fond  $g(i, j) = r_{ext} + b(i, j)$  où  $r_{ext}$  est la luminance du fond, le bruit est supposé avoir une valeur moyenne nulle et une variance .

Pour le calcul des chemins on considérera comme objet tout ce qui est à l'intérieur du contour considéré et comme fond tout ce qui est à l'extérieur ; exemple figure 5.

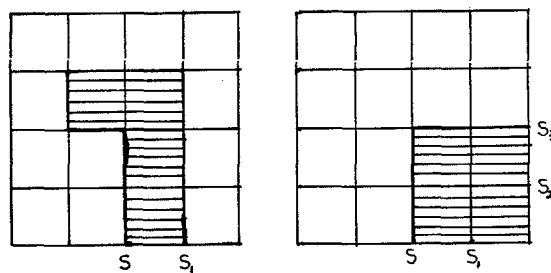


Fig. 5 Exemple de chemin possible

En prenant le même formalisme que

$$\text{soit } I_{ob}(k, l) = \{(i, j) : \text{Pixel } (i, j) \text{ objet}, g(i, j) \in M(k, l)\}$$

$$I_{fo}(k, l) = \{(i, j) : \text{Pixel } (i, j) \text{ fond}, g(i, j) \in M(k, l)\}$$

soit  $O_p(q)$  le coût du chemin  $S_p(q)$  par cette méthode

$$O_p(q) = \prod_{(i,j) \in I_{ob}(k,l)} |g(i, j) - r_{int}| \prod_{(i,j) \in I_{fo}(h,l)} |g(i, j) - r_{ext}|$$

pour l'introduction du bruit on utilisera un modèle de bruit Gaussien

$$f(y) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \times \exp(-y^2 / 2\sigma^2)$$

$$O_p(q) = \left(\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}}\right)^{k \times l} \exp\left(-\sum_{(i,j) \in I_{ob}(k,l)} \frac{(g(i,j) - r_{int})^2}{2\sigma^2} - \sum_{(i,j) \in I_{fo}(k,l)} \frac{(g(i,j) - r_{ext})^2}{2\sigma^2}\right)$$



5. Estimation sur la forme

On définit une matrice de probabilité de transition dont les coefficients affectés à chacun des chemins favorisent certains chemins par rapport à d'autres. Par exemple dans le cas d'une matrice  $\mathcal{N}(3, 4)$  on a neuf points dont chacun possède trois chemins

$S_p = [S_p(1), S_p(2), S_p(3)]^T$  la matrice de probabilité de transition sera  $P_{3,4}$ , figure 5.

$$P_{3,4} = \begin{bmatrix} P_{T1}(1) & P_{T1}(2) & P_{T1}(3) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{Tp}(1) & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{T9}(1) & P_{T9}(2) & P_{T9}(3) \end{bmatrix}$$

Fig. 6 Matrice de probabilité de transition  $P_{3,4}$

avec  $\sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q P_{Tp}(q) = 1$

selon la probabilité affectée au chemin on aura ou bien une matrice favorisant la droite (carré) ou la diagonale (cercle) où deux matrices dans le cas d'une ellipse

6. Estimation générale

Dans la matrice  $\mathcal{N}(k, l)$  on définit une estimation générale dont les paramètres sont les lumineuses de l'objet et du fond, la variance de bruit, ainsi que le coefficient de puissance  $n$  appliqué à l'estimation du contour par la méthode du contraste.

On a affecté a  $n$  une valeur très grande dans le cas d'images bien contrastées et très faible voire nulle dans le cas contraire. La formule (1) devient

$$C_p(q) = \frac{1}{W} \left[ \sum_c (\hat{c} - c_m)^n \right] \quad W = \sum_i \left[ \sum_c (\hat{c} - c_m)^n \right]$$

On définit  $L(S_p(q))$  le logarithme de la probabilité pour que  $S$  soit le chemin recherché dans la matrice  $(k, l)$ .

$$L(S_p(q)/S) = L(C_p(q)) + L(O_p(q)) + L(P_{Tp}(q)) + L(P(S)) \quad (4)$$

$S_p$  étant le point d'entrée dans la matrice  $\mathcal{N}(k, l)$ . On suppose pour chaque matrice que  $L(P(S)) = 0$  puisque l'on considère le point d'entrée comme définitif dans l'estimation du contour

$$L(S_p(q)/S) = L(C_p(q)) + L(O_p(q)) + L(P_{Tp}(q)) \quad (5)$$

pour chaque chemin  $S_p(q)$  on a :

$$L(P_{Tp}(q)) = L_n(P_{Tp}(q)) \quad (6)$$

$$L(C_p(q)) = n \times L_n \left( \sum_c (\hat{c} - c_m) \right) - L_n W(7)$$

$$L(O_p(q)) = \frac{k \times l}{2} L_n \frac{1}{2\pi\sigma^2} - \sum_{I_{ob}(k,l)} \frac{(g(i,j) - r_{int})^2}{2\sigma^2} - \sum_{I_{fo}(k,l)} \frac{(g(i,j) - r_{ext})^2}{2\sigma^2}$$

ceci sera simplifié sous la forme :

$$L(O_p(q)) = \alpha - \sum_{I_{ob}(k,l)} \frac{(g(i,j) - r_{int})^2}{2\sigma^2} - \sum_{I_{fo}(k,l)} \frac{(g(i,j) - r_{ext})^2}{2\sigma^2}$$

avec un paramètre indépendant du chemin.

D'où la formule générale de coût de chaque chemin

$$L(S_p(q)/S) = \alpha - \sum_{I_{ob}} \frac{(g(i,j) - r_{int})^2}{2\sigma^2} + L(C_p(q)) - \sum_{I_{fo}} \frac{(g(i,j) - r_{ext})^2}{2\sigma^2} + L_n(P_{tp}(q))$$

Une fois tous les  $L(S_p(p))$  calculé on cherchera le chemin possédant le coût maximal

$$\max_{S_p(q)} L(S_p(q)) = \max_{S_p(q)} (L(O_p(q)) + L(C_p(q)) + L_n(P_{Tp}(q)))$$

6. Automatisation du processus

Etant donné que les paramètres  $r_{int}$ ,  $r_{ext}$  et dépendent de l'image, on se propose soit de les introduire et après avoir fait une étude de l'image soit qu'ils soient calculés automatiquement par un programme d'identification numérique d'une courbe d'une luminance passant par l'objet le fond.

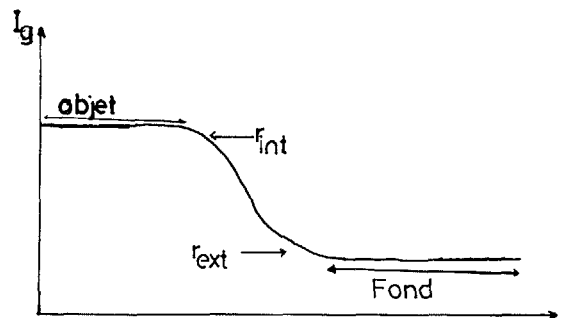


Fig.7 Courbe de luminance d'une ligne.

La figure 7 nous montre la variation lissée par rapport au bruit d'intensité, sur la frontière entre l'objet et le fond. On se propose d'estimer cette région par une courbe de la forme :

Les constantes  $a, b, c$ , seront calculées par la méthode des moindres carrés pour plusieurs lignes et on choisira les valeurs moyennes, à partir de cela on déterminera les valeurs de  $r_{int}$  et  $r_{ext}$ . La valeur de la variance du bruit est donnée par la relation :

$$S/B = (r_{int} - r_{ext}) / \sigma$$

Méthode de suivi séquentiel de contour d'objets dans une image bruitée  
 Method of sequential edge follow-up objects in a noisy image  
 M. BOUAZZAOUI, S. ARAMMETAPONGSA, M. ABIGNOLI

S/B étant le rapport signal bruit.

### 8. Résultats

Les photographies 1 et 2 représentent deux radioscopiques cardiaques après introduction dans le sang d'un liquide opacifiant. Les diapositives de ces radioscopiques ont été numérisées et sont les images numériques  $256 \times 256$  à 64 niveaux de gris qui sont visualisées sur un écran T.V. Par incrustation d'une image binaire apparaît en superposition le contour déterminé par les méthodes que nous avons employées.

La photo 1 représente un coeur juste avant l'éjection ventriculaire. Les niveaux caractéristiques  $r_{int} = 40$ ,  $r_{ext} = 20$ .

Les coefficients sont, contraste  $n = 6$ , forme  $a = 6$ .  
 Le rapport signal sur bruit est pris égal à 4 ( $\gamma = 5$ ).

La photo 2 représente un autre coeur au début d'éjection ventriculaire (artère gonflée difficile à distinguer du coeur) avec les caractéristiques

$$r_{int} \times 35, r_{ext} = 25$$

contraste :  $n = 5$  ; forme  $a = 5$

Le rapport signal sur bruit est de 2 ( $\gamma = 5$ ).

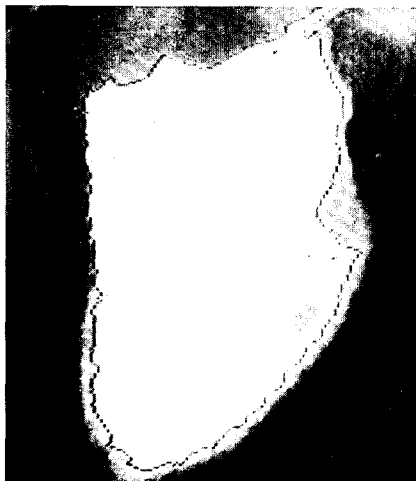


Photo 1



Photo 2

### Conclusion

Les résultats obtenus n'ont pu l'être avec l'estimation par le contraste seulement. La méthode utilisée de façon interactive par des praticiens médicaux devient très souple d'emploi pour une catégorie d'image donnée. Les différents coefficients permettent par l'ajustement d'adaptation à des reconnaissances de contour sur des images très variées. Les calculs effectués peuvent l'être plus rapidement par l'utilisation d'approximation de certaines fonctions, ou leur tabulation et grâce à des unités de calcul spécialisées.

### Bibliographie

- /1/ L.L. Scharfand H. Elliott, Aspects of Dynamic programming in signal and image Processing. Colorado State University Tech. Rep. No Dec. 79-2 December 1979.
- /2/ GD. Forney, Maximum likelihood sequence estimation of digital sequences in the presence of intersymbol interference I.E.E.E. Trans. Inform. Theory I.T.-18 1972, 363-377.
- /3/ B.B. Cooper Maximum likelihood estimation of Markov process b/ob boundries in noisy images, I.E.E. Trans. Pattern Anal. Mach. Intell PAMI-I 1979, 373-384.
- /4/ J.K. Aggarwal, Richard O. Duda, Azriel Rosenfeld, Computer Methods in Image Analysis, I.E.E.E. Press
- /5/ A. Rosenfeld, A. Thurston, M. and Lee, Y-H Edge and curve detection further experiments, I.E.E.E. Trans. on Computers C-21, 7 July 1972, 677-715



Méthode de suivi séquentiel de contour d'objets dans une image bruitée  
Method of sequential edge follow-up objects in a noisy image  
M. BOUAZZAOUI, S. ARAMMETAPONGSA, M. ABIGNOLI

---

- /6/ Martelli, A. Contour detection in noisy pictures using heuristic search methods. Proc. 1st Int. Joint Conf. on Pattern Recognition, Washington, 1973, pp. 375-388.
- /7/ Montanari, U. On the optimal detection of curves in noisy pictures. Comm. ACM 14, 5 (May 1971), 335-345.
- /8/ H. Elliott and L. Srinivasan. An application of dynamic programming to sequential boundary estimation. Colorado state university, computer graphics and image processing, 17, 291-314 (1981).