

Etude de contours haute-échelle : application à la coopération de méthodes de segmentation

Florence HUET et Sylvie PHILIPP

ETIS, URA CNRS 2235,
ENSEA - Université de Cergy-Pontoise,
6 av. du Ponceau, 95014 Cergy-Pontoise, France.
Tel: (33) 01 30 73 62 83 / E-mail: huet@ensea.fr, philipp@ensea.fr

RÉSUMÉ

Cet article présente des attributs caractérisant les contours extraits par les détecteurs haute-échelle, dans des situations de natures différentes : texture, bruit ou contours divers. Les attributs sont géométriques, topologiques ou relatifs à la texture, et sont calculés sur les contours ou leurs zones d'influence. Ils permettent la création de cartes des différentes zones de texture/bruit sur l'image. Les contours haute-échelle sont conservés à l'intérieur des régions non bruitées et non texturées ; ce qui permet d'obtenir une très bonne localisation des contours dans ces zones. Dans les régions bruitées ou texturées, les contours haute-échelle sont supprimés ; ce qui permet de s'affranchir de la sur-segmentation et offre la possibilité d'appliquer un détecteur différent pour une coopération de plusieurs méthodes de segmentation, adaptées à la nature des zones.

Mots-clefs : contour haute-échelle, attribut, carte de texture, segmentation, coopération, densité de contours.

ABSTRACT

Features characterizing the edges extracted by high-scale detectors in different situations, such as texture, noise or various contours, are presented. The features are geometrical, topological or related to the texture, and are computed upon the edges and their zones of influence. They allow to create maps of textured/noisy areas in the image. The high-scale edges are kept inside non-textured and non-noisy areas, providing a very good localization of the contours in these regions. In the textured or noisy areas, the high-scale edges are suppressed, therefore eliminating the over-segmentation and allowing the application of a different detector for a cooperation of segmentation methods, adapted to the area characteristic.

Key-words : high-scale edge, feature, texture map, segmentation, cooperation, edge density.

1 Introduction

Les détecteurs de contours issus de l'approche de Canny [2][6][11] et utilisés à haute-résolution (haute-échelle) fournissent des contours ayant la particularité d'être bien localisés dans les zones non bruitées et non texturées d'une image, et d'être très nombreux dans le cas contraire. Le but de cet article est de présenter les attributs caractérisant les contours haute-échelle extraits par un tel détecteur, dans des situations variées telles que texture, bruit, contours divers... Ces attributs sont ensuite employés pour discriminer les zones de texture ou de bruit des autres zones.

Le principe adopté consiste à dissocier parmi les points de contours extraits par le détecteur, ceux qui sont effectivement dus à une transition dans l'image de ceux qui sont dus au bruit ou à la texture. La méthode classique qui consiste à appliquer un seuillage par hystérésis rentre dans ce cadre et permet la suppression des contours dus à de faibles transitions, correspondant souvent à du bruit sur l'image et éventuellement à la présence de texture de faible contraste. Le problème subsiste lorsque la texture est plus contrastée ou qu'un objet à segmenter dans l'image est peu démarqué.

Pour évaluer la pertinence d'un contour, nous proposons de trouver des critères plus sélectifs que la valeur de la

norme du gradient. La méthode repose sur l'idée qu'il est possible de créer une carte des zones bruitées ou texturées de l'image à partir de l'étude de la distribution spatiale des contours, au travers d'attributs calculés sur les contours et leurs régions d'influence. Des algorithmes sont ensuite présentés pour élaborer des cartes de texture/bruit, qui peuvent servir pour une coopération de méthodes de segmentation.

2 Contours haute-échelle et zones d'influence

L'étude de contours haute-échelle dans des situations variées montre que dans une partie texturée ou bruitée d'une image et en l'absence de transition, les contours extraits à haute-échelle possèdent des topologies particulières, différentes de celles des contours correspondant aux transitions et différentes entre elles. Dans les zones non texturées et non bruitées d'une image, un détecteur de contours haute-échelle donne des contours plutôt longs, isolés et bien localisés, alors que dans les zones texturées ou bruitées, il fournit de nombreux contours, courts ou longs et ramifiés, proches les uns des autres, présentant une structure régulière dépendant du bruit ou de la texture. Pour formuler ces caractéristiques, nous avons

défini des attributs sur les contours et sur leurs voisinages, car cette régularité s'y retrouve dans une moindre mesure.

Les voisinages sont définis par le diagramme de Voronoï construit à partir des contours. On appelle **région d'influence** (zone d'influence) d'un objet (contour) θ de Θ , l'ensemble des points du plan plus proches de θ que de tout autre objet de Θ . Le graphe formé par ces régions, appelé diagramme de Voronoï [10][1], est donc un graphe d'adjacence de régions. Chacune de ces régions contient un contour haute-échelle et un seul, éventuellement fermé. Par la suite, on parlera indifféremment de voisinages et de zones ou régions d'influence.

Un exemple de contours haute-échelle, extraits de la figure 1-a par le détecteur de Shen-Castan et paramétré avec $\beta = 0.6$, et de leurs zones d'influence est donné par les figures 1-b et 1-c.

Dans les zones bruitées ou texturées, les régions engendrées sont soit petites, soit grandes avec de nombreux pixels de contours. Dans une partie non texturée et non bruitée, les contours correspondant à des transitions réelles (bords d'objets) dans l'image sont isolés et (selon la nature de l'objet) plutôt longs et peu ramifiés. Ce comportement est conforme au troisième critère discret de Canny pour l'extraction de contours de type échelon, avec un bruit additif gaussien [3][5][8][4]. Ces transitions se trouvent donc dans des régions de Voronoï larges avec peu de pixels de contours.

3 Attributs sur les contours et les zones d'influence

Les remarques faites précédemment montrent que, dans les zones bruitées ou texturées et en l'absence de transitions, les contours extraits à haute-échelle possèdent des topologies particulières, différentes de celles des contours correspondant aux transitions et différentes entre elles. Par exemple, les contours sont parfois de forme complexe, avec différentes branches. Pour étudier cette complexité, nous utiliserons les "points d'embranchement" qui sont les points de contour ayant plus de deux points de contour pour voisins.

Afin de discriminer les contours dus à la texture ou au bruit des vrais contours et de discriminer les textures entre elles, nous avons retenus des attributs portant sur :

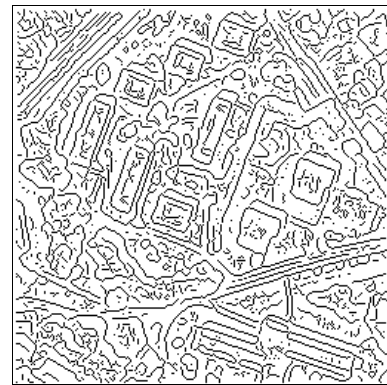
- le contour lui-même au travers de différentes caractéristiques ;
- l'agencement local des contours au travers d'attributs calculés sur leurs voisinages ou régions d'influence.

Trois types d'attributs sont définis : les attributs relatifs aux contours, relatifs aux régions d'influence engendrées et conjoints aux contours et aux régions. Les attributs sont calculés pour chaque composante connexe de contour, que nous désignerons simplement par "contour" et sa zone d'influence. Les attributs que nous avons retenus sont les suivants :

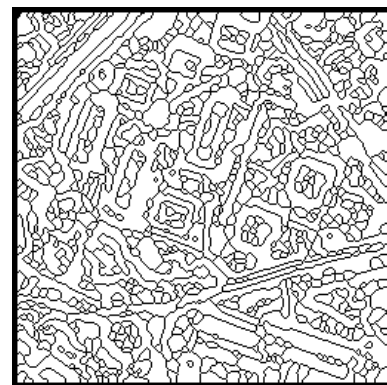
- **Attributs sur les contours :**
 - longueur L (nombre de pixels du contour) ;
 - complexité $C = \frac{X}{L}$ où X est le nombre de points d'embranchement ;



a. Image initiale



b. Contours haute-échelle



c. Zones d'influence

FIG. 1 — Contours haute-échelle et leurs zones d'influence pour une image aérienne.

- orientation principale (angle formé par le premier axe d’inertie du contour avec l’axe horizontal, en degrés dans le repère trigonométrique).
- **Attributs sur les régions :**
 - surface S ;
 - périmètre P ;
 - compacité $Cp = \frac{4.\pi. S}{P^2}$ ($\in]0, 1[$) ;
 - orientation principale (angle formé par le premier axe d’inertie de la région avec l’axe horizontal, en degrés dans le repère trigonométrique) ;
 - moyenne des niveaux de gris ;
 - écart-type des niveaux de gris ;
 - nombre de régions adjacentes.
- **Attributs conjoints :**
 - densité $D = \frac{L}{S}$;
 - distances entre textures, telles celles proposées par P. Zamperoni [12]. Elles sont basées sur les distances entre deux distributions de N niveaux de gris. Elles permettent de décider si le contour (ou la branche) correspond à une transition dans l’image (distributions différentes de part et d’autre du contour) ou s’il s’agit d’un artefact dû à la texture (distributions similaires de part et d’autre) [9]. Soit $U = (u_1, u_2, \dots, u_N)$ l’ensemble ordonné des N niveaux de gris des pixels d’un côté et $V = (v_1, v_2, \dots, v_N)$ l’ensemble correspondant pour l’autre côté. La distance de Minkowski est définie par :
$$d_M(U, V) = \left[\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N |u_i - v_i|^r \right]^{\frac{1}{r}}$$
 Quand $r = 1$: d_M est la distance ‘city-block’, quand $r = 2$: d_M est la distance Euclidienne et quand $r \rightarrow +\infty$: d_M est la distance ‘chessboard’.

4 Cartes de texture/bruit

À partir des régions d’influence du graphe d’adjacence, on procède à la fusion géométrique (regroupement de pixels) des régions adjacentes relatives aux zones bruitées ou texturées en fonction d’attributs de contours, de régions ou conjoints cités précédemment. On choisit comme critère : fusion si

- surface \leq seuil-surface
- ou complexité \geq seuil-complexité
- ou densité \leq seuil-densité (ce qui permet de supprimer d’éventuels pics de bruit).

Les régions non fusionnées sont laissées intactes, mais se voient toutefois attribuer la même étiquette. Les autres régions sont regroupées en composantes connexes (regroupement simple ou suivant des attributs communs si une carte plus détaillée est souhaitée). Le résultat de la fusion est une carte texture/bruit, où apparaissent en blanc les régions non bruitées et non texturées et en gris les autres.

La figure 2-a présente la carte obtenue à partir des images de contours et de zones de la figure 1 .

Comme nous venons de le voir, la méthode demande deux seuils (éventuellement trois). Cependant, ceux-ci traduisent la géométrie des contours et des régions, qui est fortement liée à une perception visuelle simple. Ces seuils sont donc plus faciles à déterminer que des seuils sur les niveaux de gris ou sur la norme du gradient, comme c’est le cas dans le seuillage par hystérésis.

5 Coopération de méthodes de segmentation

Les cartes texture/bruit générées dictent la conservation des contours, obtenus par le détecteur haute-échelle, dans les zones non texturées et non bruitées. Le problème de la segmentation des autres zones peut alors se poser. Dans ce cas, les cartes vont tout naturellement servir à une coopération de méthodes.

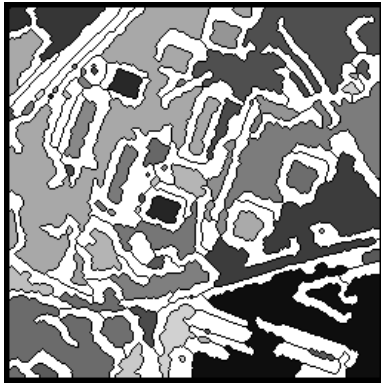
Dans les zones non texturées et non bruitées, données par la carte, les contours du détecteur haute-échelle initial sont conservés. Ils présentent en effet l’avantage d’être précisément positionnés sur les transitions, à cause de la haute-échelle. Dans les autres zones, on applique un détecteur plus adapté, selon la nature de la région.

La figure 2 donne un exemple de coopération de méthodes pour l’image aérienne de la figure 1-a. Le détecteur haute-échelle est celui de Shen-Castan, paramétré avec $\beta = 0.6$ (Cf. fig. 1-b) ; il permet d’obtenir des objets très bien localisés (les bâtiments par exemple). Les contours haute-échelle conservés sont ceux appartenant aux régions non-texturées et non bruitées (Cf. la carte texture/bruit donnée par la figure 2-a). Ils sont présentés par la figure 2-b. Le second détecteur est issu d’une méthode région basée sur des seuillages en niveaux de gris, qui extrait bien les contours des objets sombres bien que texturés : par exemple, les bosquets ou les ombres parmi la pelouse (Cf. fig. 2-c). Seuls les contours inclus dans les zones texturées ou bruitées participeront à la coopération. Le résultat de la coopération des deux opérateurs est donné par la figure 2-d.

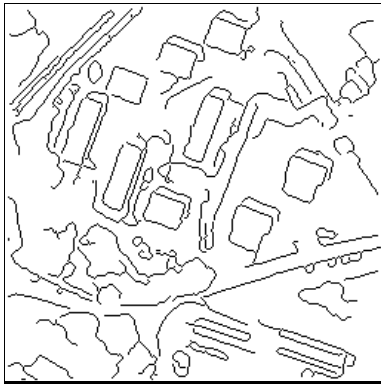
La coopération est d’autant plus efficace que les méthodes sont complémentaires.

6 Conclusion

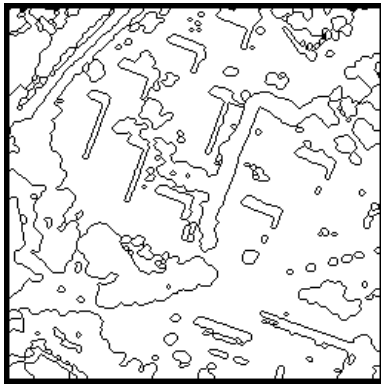
L’étude de la distribution spatiale des contours haute-échelle est particulièrement riche. Nous avons vu comment cette distribution est différente d’une zone bruitée ou texturée à une zone qui ne l’est pas : des attributs numériques sont donnés pour caractériser ces différentes situations, ils permettent l’élaboration de cartes de ces zones et la mise en oeuvre de processus de coopération de méthodes de segmentation. Ils permettent également la discrimination de textures [7]. Les distances entre textures de part et d’autres des contours peuvent être utilisées par un post traitement consistant à supprimer une branche située à l’intérieur d’une texture, ou à prolonger un contour en maximisant la distance.



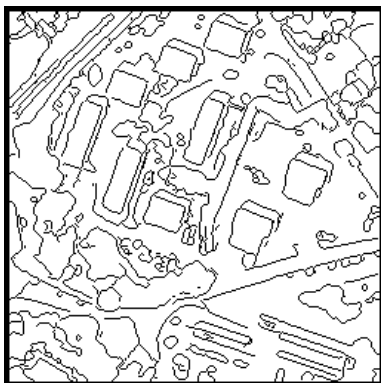
a. Carte texture/bruit (les zones en blanc sont non bruitées et non texturées)



b. Contours conservés



c. Contours 2ème méthode



d. Coopération

Références

- [1] D. Attali et A. Montanvert. Semi-continuous skeletons for 2d et 3d shapes. *2ème International Workshop on Visual Form*, Capri (Italy), Plenum Press, New-York, 1994.
- [2] J. F. Canny. A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. on PAMI*, volume 8, pages 679–698, 1986.
- [3] J. P. Cocquerez et S. Philipp, éditeurs. *Analyse d'images : filtrage et segmentation*. Masson, 1995.
- [4] M. Cord, F. Huet, et S. Philipp. Optimal adjusting of edge detectors to extract at best close contours, *SCIA'97*, 1997.
- [5] D. Demigny, F.G. Lorca, et L. Kessal. Evaluation of edge detectors performances with a discrete expression of Canny's criteria, *IEEE ICIP-95*, volume 2, pages 169–, Oct. 1995.
- [6] R. Deriche. Using Canny's criteria to derive a recursively implemented optimal edge detector. *International Journal of Computer Vision*, volume 1, n 2, pages 167–187, 1987.
- [7] F. Huet et S. Philipp. Etude de contours haute-échelle pour la segmentation et la fermeture de contours en présence de zones texturées et/ou bruitées. *Rapport interne ETIS97-01*, ENSEA Cergy-Pontoise, 1997.
- [8] T. Kamle. *Implantation d'algorithmes de traitement de signaux bidimensionnels en flot de données sur Asics reconfigurables*, Thèse, Université Paris-Sud Orsay, 1994.
- [9] S. Philipp et P. Zamperoni. Segmentation et contour closing of textured et non-textured images using distances between textures, *IEEE ICIP-96*, pages 125–128, 1996.
- [10] J. Serra. *Image analysis et Mathematical morphology*. Academic Press, London, 1982.
- [11] J. Shen et S. Castan. An optimal linear operator for step edge detection. *CVGIP*, volume 54, pages 112–113, 1992.
- [12] P. Zamperoni. Model-free texture segmentation based on distances between first-order statistics. *Digital Signal Processing* 5, pages 197–225, 1995.

FIG. 2 — Coopération de méthodes de segmentation pour une image aérienne.