

COLLOQUE NATIONAL SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 26 au 30 AVRIL 1977

EXTRACTION D'UNE FORME VISUELLE D'UN BRUIT ALEATOIRE

S. CASTAN - J. LELOUP

Laboratoire C.E.R.F.I.A. - I.U.T. Informatique - Avenue de Rangueil - 31077 TOULOUSE CEDEX

RESUME

Lorsqu'on est en présence d'une forme visuelle noyée dans un bruit interne, il est la plupart du temps nécessaire d'extraire cette forme du bruit avant de la traiter.

Nous nous proposons de réaliser cette extraction, non pas en utilisant les méthodes classiques utilisées en traitement du signal, mais en utilisant un traitement local parallèle des différents points de l'image discrétisée.

Ce traitement local variable consiste après avoir défini la notion de voisinage d'un point, à réaliser des opérations logiques sur certains points de ces voisinages.

Par ce traitement, on peut soit extraire une forme sur laquelle on a des connaissances à priori (connexité) indépendamment de la taille de la forme, soit extraire une forme de taille déterminée (connexe ou non).

On donne en application une extraction d'une molécule de D.N.A. d'une photo prise au microscope électronique.

SUMMARY

Extracting a visual shape from a random noise. When dealing with a visual shape blurred by an internal noise, it is most of the time necessary to extract this shape from the noise before processing it.

We intend to carry out this extraction not by the classical methods used in signal processing but through the use of a parallel local processing of the different points of the numerical image.

This variable local treatment consists, once the notion of neighbourhood of one point has been defined, in carrying out logical operations upon certain points of these neighbourhoods.

By means of this treatment one can either extract a shape on which one has a priori information (connectivity) notwithstanding the size of the shape or extract a shape of definite size (connex or not).

The given application is an extraction of a D.N.A. molecule from a photograph taken by electronic microscope.



1. INTRODUCTION

Il arrive souvent que l'image à analyser soit noyée dans un bruit ambiant intense. Il est alors nécessaire d'effectuer une restauration de cette image dégradée avant d'effectuer tout autre traitement. Généralement, le but de la restauration est donc de reconstruire une image en inversant le phénomène de dégradation. Les techniques de restauration exigent alors une connaissance de ce phénomène de dégradation.

Cette connaissance peut être sous forme analytique, sous forme de modèles statistiques en relation avec des connaissances sur la structure de l'image.

Les sources de dégradation peuvent être ponctuelles, spatiales, temporelles, chromatiques, ou n'importe quelles combinaisons de celle-ci.

Les techniques de restauration peuvent faire appel aux techniques utilisées en traitement du signal, ou en calcul numérique en utilisant des informations a priori et à posteriori sur l'image.

Ces techniques de filtrage nécessitent le calcul de la fonction de transfert du système, calcul qui est quelques fois impossible, souvent long et difficile en raison du volume d'informations à traiter.

Très souvent, lorsque la dégradation est due à un bruit aléatoire de distribution indéterminée important sur toute l'image, l'image elle-même pouvant avoir trous et coupures parasites, des opérations locales telles que lissage spatial peuvent extraire l'image de ce bruit ambiant. Nous allons envisager des algorithmes opérant par des séries de tests locaux sur des voisinages variables pour des images binaires.

2. DEFINITIONS

Nous utilisons des notions de "voisinage" et d'"ordre" qui ont été utilisées (1), (2), (3), (4) pour l'extraction du squelette d'une image binaire et nous allons tout d'abord rappeler les principales définitions.

2.1. Images binaires

Les images traitées sont discrétisées suivant un réseau rectangulaire, l'image est alors représentée par un tableau (a_{ij}) à deux dimensions, a_{ij} ne prend que les valeurs 0 ou 1. On désignera par \mathcal{F} l'ensemble des 1 de l'image que nous appelons forme et par $\bar{\mathcal{F}}$ l'ensemble des 0.

2.2. Voisins d'un point

On appelle voisins d'un point de coordonnées (i, j) situé dans \mathcal{F} (resp. $\bar{\mathcal{F}}$) les 8 points $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ (resp. les 4 points a_0, a_1, a_2, a_3) que nous appelons (8) voisins (resp. (4) voisins)

$$\begin{array}{c} a_3 \ a_2 \ a_1 \\ a_4 \times \ a_0 \\ a_5 \ a_6 \ a_7 \end{array}$$

Composantes connexes

Deux points de coordonnées (i_0, j_0) et (i_m, j_m) appartenant à E sous ensemble de \mathcal{F} (resp. $\bar{\mathcal{F}}$) sont dits connectés dans E ssi il existe un ensemble de points appelé "chemin" $(i_0, j_0) \dots (i_m, j_m)$ tel que (i_1, j_1) situé dans E et (i_1, j_1) (8) voisins (resp. (4) voisins) ou confondu avec (i_{r-1}, j_{r-1}) ceci pour tout r tel que l'on ait $1 \leq r \leq m$.

La relation "connectée dans E" est une relation d'é-

quivalence. Les classes d'équivalences de cette relation sont appelées "composantes connexes de E".

2.3. Distance utilisée

Nous utilisons la distance correspondant aux (8) voisins, soit $d[(i, j), (k, l)] = \max(|i-k|, |j-l|)$.

2.4. Voisinage d'un point

Nous considérons les points de la forme, nous envisageons les deux types de voisinages suivant :

2.4.1. Voisinage réel

Nous appelons "voisinage réel" d'ordre $2m-1$ du point P, l'ensemble :

$$V_{2m-1}(P) = \{a \in (a_{i,j}) \mid d(P, a) \leq m-1\} \quad \forall m = 1, 2, 3, \dots$$

2.4.2. Voisinage virtuel

Nous appelons "voisinage virtuel" d'ordre $2m$ du point P, l'ensemble

$$V_{2m}(P) = \{a \in (a_{i,j}) \mid d(P, a) \leq m - \frac{1}{2}\} \quad \forall m = 1, 2, 3, \dots$$

Les voisinages d'ordre n d'un point P sont des carrés de n points par côté, centrés sur le point P si n est impair et sur le point P_v si n est pair.

2.4.3. Couronne d'un voisinage

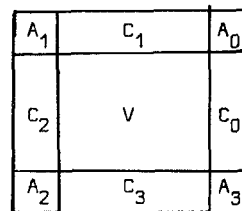
Définition

On appelle couronne d'un voisinage $V_n(P)$ l'ensemble

$$C(V_n(P)) = V_{n+2}(P) - V_n(P).$$

On dira qu'un point Q est sur le côté d'un voisinage si $Q \in C(V)$ et est (4) voisin de V.

On dira qu'un point Q est sur l'angle d'un voisinage si $Q \in C(V)$ et n'est pas (4) voisin de V.



$$C(V) = \bigcup_{i=0}^3 [C_i \cup A_i] \quad (V)$$

2.5. Ordre et voisinage associés à un point

On dira que le point P est d'ordre n dans F si

$$V_n(P) \in F \text{ et } V_{n+1}(P) \cap \bar{F} \neq \emptyset$$

On appelle voisinage associé au point P d'ordre n le voisinage $VA(P) = V_n(P)$.

On remarque que $C(VA(P)) \cap \bar{F} \neq \emptyset$ pour tous les points de la forme.

3. ALGORITHMES DE CALCUL DES ORDRES

3.1. Calcul parallèle

Soit un point P quelconque $\in F$. On examine les voisinages d'ordre n de P pour n croissant à partir de 1 jusqu'à ce que $V_{n+1}(P) \cap \bar{F} \neq \emptyset$, l'ordre du point est alors égal à n.

Remarque : Pour passer du voisinage d'ordre n au voisinage d'ordre n+1, il suffit d'examiner une ligne et une colonne de (n+1) points. Le temps de calcul est fonction de l'épaisseur de la forme.

3.2. Calcul séquentiel

On utilise la transitivité de la notion de voisin.

Le calcul de l'ordre de tous les points de la forme est réalisé en deux balayages.

Pour un balayage direct de gauche à droite et de haut en bas, on applique la fonction

$$f_1(a_{ij}) = \min(a_{i,j-1}, a_{i-1,j-1}, a_{i-1,j}, a_{i-1,j+1}) + 1$$

si $a_{ij} \neq 0$

= 0 sinon.

Puis, pour un balayage rétrograde, la fonction :

$$f_2 = f_4 \circ f_3 \text{ avec}$$

$$f_3(a_{ij}) = \min(a_{ij-1}, a_{i,j+1}, a_{i+1,j+1}, a_{i+1,j}, a_{i+1,j-1}) + 1$$

si $a_{ij} \neq 0$

= 0 sinon

et

$$f_4(a_{ij}) = 2 a_{ij} \text{ si } 2a_{ij} - \min(a_{i,j+1}, a_{i+1,j+1}, a_{i+1,j}) < 2$$

pour les $a_{ij} \neq 0$

= $2 a_{ij} - 1$ sinon

4. RESTAURATION PAR EXAMEN DES COURONNES DES VOISINAGES ASSOCIES AUX POINTS DE L'IMAGE

Les parasites bruitant une image binaire se traduisent souvent par des irrégularités locales telles que des trous ou des coupures, des points isolés ou des branches parasites. Dans la mesure où ces défauts sont de taille inférieure aux éléments significatifs de la forme, il est intéressant de pouvoir les supprimer par un traitement local.

4.1. Principe

Nous savons que pour tous les points P de F (resp. \bar{F}) : $C[VA(P)] \wedge \bar{F} \neq \emptyset$ (resp. $C[VA(P)] \wedge F \neq \emptyset$). L'examen de la position du point de \bar{F} (resp. F) sur la couronne permet de dire si le voisinage associé appartient ou non à un élément parasite de la forme et supprimer tout ou partie de ce voisinage.

Si l'on se place dans F, on supprimera des points en les mettant à la valeur zéro, si l'on se place dans \bar{F} on supprimera des points en les mettant à la valeur un.

4.2. Algorithmes

- A1 : Correction des branches et tâches de la forme

Pour tous les points P \in F d'ordre $\leq N$ si $C[VA(P)]$ vérifie la condition α_1 , alors supprimer VA(P).

Condition α_1 :

$C[VA(P)]$ a des zéros situés sur deux côtés opposés VA(P).

-A1 bis : Correction des coupures et trous de la forme

Pour tous les points Z \in \bar{F} d'ordre $\leq N$ si $C[VA(Z)]$

vérifie la condition α'_1 : alors supprimer VA(Z).

Condition α'_1 :

$C[VA(Z)]$ a des "un" situés sur deux côtés opposés de VA(Z).

- A2 : Correction des branches et irrégularités locales en respectant le nombre de composantes connexes

Pour les points P \in F d'ordre $\leq N$

si $C[VA(P)]$ vérifie $\alpha_1 \wedge \alpha_2$

alors supprimer VA(P).

condition α_2 :

$C[VA(P)] \wedge \bar{F}$ est connexe et ne constitue pas une courbe fermée.

- A2 bis : Correction des coupures et irrégularités en le nombre des composantes connexes

Pour tous les points Z \in \bar{F} d'ordre $\leq N$

si $C[VA(P)]$ vérifie $\alpha'_1 \wedge \alpha'_2$

alors supprimer VA(Z).

condition α'_2

$C[VA(Z)] \wedge F$ est connexe et ne constitue pas une courbe fermée.

- A3 : Conservation des composantes connexes comportant des boucles fermées

Pour tous les points P \in F

si $C[VA(P)]$ vérifie $\alpha_1 \wedge \alpha_3$

alors supprimer VA(P).

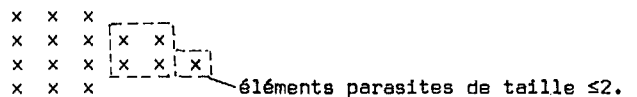
Condition α_3 :

$C[VA(P)] \wedge \bar{F}$ est connexe.

4.3. Commentaires

Pour ces algorithmes on a choisi de caractériser les voisinages appartenant à des parasites par le fait qu'il existe des points du type complémentaire sur deux côtés opposés du voisinage.

Exemple :



Ce critère n'est pas le seul envisageable. Par exemple on peut faire intervenir une statistique sur les points de la couronne et dire que le voisinage appartient à un élément parasite si le nombre de zéro (resp. de uns) dépasse un pourcentage des points de la couronne etc...

On peut d'autre part ne supprimer qu'une partie des voisinages associés, en fonction des zéros (resp. des uns) présents sur la couronne etc...

Pour les algorithmes A1 et A2, la taille des parasites traités est donnée par la valeur de N.

L'image ne sera complètement déparasitée que par l'application successive des deux algorithmes. Le résultat dépend de l'ordre d'application. On peut faire intervenir ici la connaissance a priori de la forme traitée; par exemple, si elle est fine on a intérêt à boucher d'abord les trous et coupures.

5. CONCLUSION

Le déparasitage réalisé par les algorithmes A1 donne des résultats à peu près équivalents à ceux que l'on obtient par "dilatation / rétraction" (2), (3), (6). Mais ils ont l'avantage de ne faire intervenir qu'un seul balayage de l'image. D'autre part, ils permettent un traitement plus fin car on peut définir la taille des parasites à un pas de discrétisation près alors qu'elle est définie pour une dilatation rétraction à deux pas près.



EXTRACTION D'UNE FORME VISUELLE D'UN BRUIT ALEATOIRE

S. CASTAN - J. LELOUP

Cette approche du problème permet de plus un traitement beaucoup plus évolué (algorithmes A2, A3). En effet, l'examen de la couronne des voisinages associé permet de ne retirer des éléments de la forme que si ils ne modifient pas les propriétés de connexité de la forme. Ceci correspond simplement au fait que la couronne est connexe (cas d'extrémités de la forme) et ne constitue pas une courbe fermée (cas d'une composante réduite au voisinage associé).

Dans ce cas, il faut noter que l'on doit exécuter plusieurs balayages de l'image. On peut néanmoins accélérer le processus par un balayage calculé, ou bien au contraire, limiter l'érosion de la forme par un nombre fini de balayages (figures a).

L'algorithme A3 est adaptée à un type particulier l'images pour lesquelles la forme cherchée est composée de boucles fermées.

On peut limiter la taille des composantes connexes supprimées en limitant l'ordre des voisinages examinés.

Cet algorithme a été appliqué avec succès à l'extraction de molécules d'A.D.N. à partir d'une photo prise au microscope électronique (figures 2).

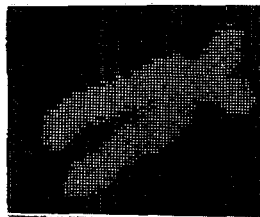


Fig. 1.a

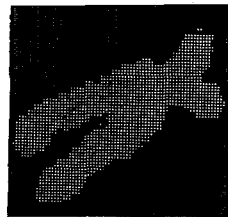


Fig. 1.b

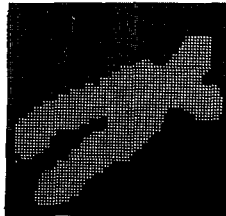


Fig. 1.c

- a) forme initiale
 b) } après traitements
 c)

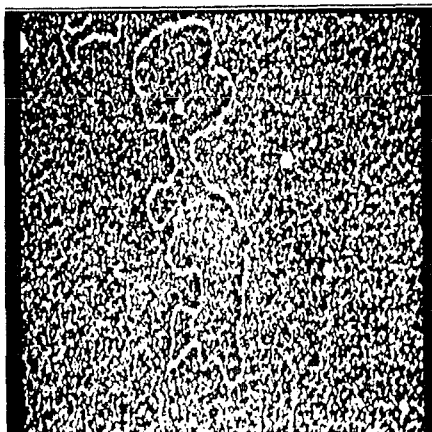


Fig. 2.a

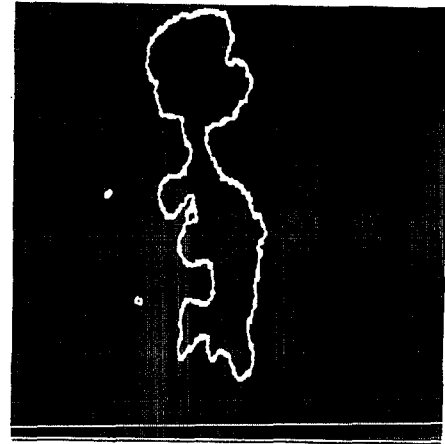


Fig. 2.b

- a) Photo initiale
 b) Après algorithme A3 (conservation des composantes connexes comportant des boucles fermées.)

BIBLIOGRAPHIE

- (1) S. CASTAN - A. NABONNE
 Un algorithme de squelettisation opérant par tests locaux sur des suites de voisinages successifs. Colloque national sur le traitement du signal et de ses applications. Nice 16-21 Juin 1975.
- (2) S. CASTAN - J. LELOUP
 Analyse d'images, recherches de paramètres. Rapport contrat D.R.M.E. 75/124 - Septembre 1976.
- (3) J. LELOUP
 Traitement interactif d'images, application à l'amélioration et la squelettisation d'images binaires. D.E.A. Université Paul Sabatier Toulouse - Juin 1976.
- (4) A. NABONNE
 Traitement des images digitales binaires. Application à la représentation automatique de réseaux de distribution. Thèse de 3ème cycle - 12 Juillet 1975.
- (5) A. ROSENFELD
 Picture processing by computer
 Academic Press (1969)
- (6) A. ROSENFELD - J.S. WESZKA
 Picture Recognition
 Communication and Cybernetics 10 digital pattern recognition (1976).