



Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ - Mai 1984 -

DETECTION AUTOMATISEE DE DIFFERENTS ORGANES EN COUPES SCANNER

AUTOMATED DETECTION OF DIFFERENT ORGANS ON X-RAY TOMOGRAPHS

Françoise PRETEUX

Centre de Géostatistique et de Morphologie Mathématique de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris
35 Rue Saint-Honoré 77305 FONTAINEBLEAU CEDEX

RESUME

Dans cette étude, on trouvera une méthode originale de traitement des images scanographiques par la morphologie mathématique en vue d'extraire automatiquement des coupes abdominales ou thoraciques la seule image du corps vertébral.

Après élimination des images parasites, la méthode consiste à réduire progressivement la fenêtre d'étude permettant ainsi l'application de transformations morphologiques de plus en plus sophistiquées en épargnant au maximum le temps machine. Les images vertébrales ainsi obtenues peuvent être traitées ultérieurement par une détection automatique des lésions cancéreuses.

SUMMARY

In this study, an original method of computerized tomography images processing by mathematical morphology will be proposed the aim of which is the automatic extraction of the sole vertebral body image from the abdominal thoracical C.T. scans.

After eliminating parasite images, the method consists in progressively reducing the image window thus allowing the application of more and more sophisticated morphological transformations, and maximum of computer time saving.

The vertebral images obtained this way can be processed then by automatic detection of oncologic abnormalities.



DETECTION AUTOMATISEE DE DIFFERENTS ORGANES EN COUPES SCANNER
AUTOMATED DETECTION OF DIFFERENT ORGANS ON X-RAY TOMOGRAPHS
Françoise PRETEUX

Pourquoi nous a-t-il paru nécessaire de mettre au point un système de détection automatique de différents organes apparaissant dans les coupes scanographiques ?

La réponse à cette question procède d'un certain nombre de constatations et d'espoirs.

- 1 - La richesse des informations fournies par ces coupes est telle que leur exploitation optimale demande de plus en plus de temps de la part des radiologues.
- 2 - La finesse de certaines informations risque de les faire passer inaperçues alors qu'elles sont pourtant significatives d'anomalies pathologiques comme une étude récente (1) conduite au Laboratoire de Radiologie Expérimentale de Paris VII l'a établi.
- 3 - L'intérêt des malades appelle des diagnostics aussi précoces que possible.
- 4 - Le coût des examens scanographiques et le trop petit nombre des appareils en service imposent que ces examens soient systématisés au maximum.
- 5 - L'isolement automatique de tel ou tel organe permettra de répondre à une demande des radiologues de mieux focaliser leurs observations.
- 6 - Ultérieurement, on pourra également, pour chaque organe ainsi isolé, établir des systèmes de détection automatique de certaines lésions, en particulier de lymphomes.

Dans cet article, nous présentons les méthodes d'analyse des images scanographiques permettant d'isoler automatiquement le corps vertébral.

Matériel et méthode

Nous disposons de 100 coupes scanographiques stockées sur bandes magnétiques. Ces coupes de 10 mm d'épaisseur, obtenues sur le CE 10000 (C.G.R.) du service de radiologie de l'Hôpital Saint-Louis (Pr. LAVAL-JANTET), ont été reconstruites sur des matrices 256 x 256. Elles sont définies sur 12 bits.

La collection comporte 50 scanners de vertèbres dorsales ou lombaires de patients souffrant de maladies aiguës n'affectant pas les tissus ossifiés et de 50 de malades atteints de lymphomes ou de cancers viscéraux.

Toutes ces coupes ont été traitées au Centre de Morphologie Mathématique de l'Ecole des Mines, sur un VAX 11/780 (D.E.C.) couplé à un lecteur de bandes et une console de visualisation (V.T.E.) et équipé d'un logiciel d'analyse d'images (2).

Le support théorique de cette étude nous a été fourni par la morphologie mathématique (3,4), théorie ensembliste analysant les relations entre un objet et son environnement immédiat à partir d'éléments structurants, i.e. d'ensembles géométriques de taille et de forme données, définis a priori.

Dans le cadre de ce volume, le présent travail est à rapprocher de la référence (5) qu'elle illustre à maints égards.

DETECTION AUTOMATISEE DE DIFFERENTS ORGANES EN COUPES SCANNER
 AUTOMATED DETECTION OF DIFFERENT ORGANS ON X-RAY TOMOGRAPHS
 Françoise PRETEUX

Méthode d'isolement automatique du corps vertébral

1 - Elimination des images parasites

Outre la coupe anatomique, une image scanographique présente toujours un certain nombre de détails parasites (fig. 1) qu'une analyse automatique doit commencer par faire disparaître.

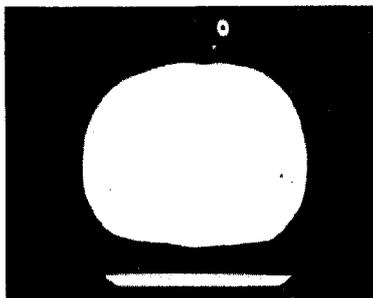
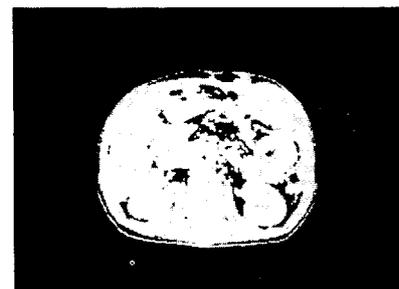


Fig. 1
 coupe scanographique
 comportant des détails parasites :
 lit, coussin, couverture ...

Certains de ces détails (coussin, couverture ...) connexes à la coupe s'en distinguent par leur faible densité. On les élimine donc par une anamorphose discontinue créant une nouvelle répartition des teintes de gris sur quatre niveaux (fig. 2)

Fig. 2
 anamorphose par critère de densité, élimination des parasites de densité faible



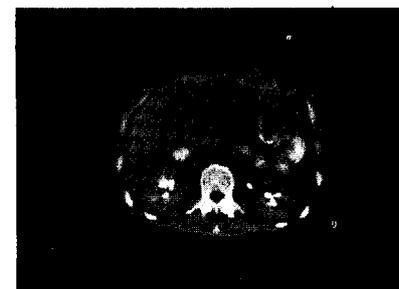
Parallèlement, nous extrayons par binarisation de cette image quaternaire les masques des éléments de densité maximale (fig. 3) qui serviront ultérieurement de marqueurs vertébraux.



Fig. 3
 Extraction des éléments de forte densité

L'élimination des images parasites de densités moyennes comme le lit, caractérisées par moins de vingt pixels d'épaisseur, s'effectue donc sur un critère de forme par ouverture linéaire de taille 10 sur les composantes simplement connexes du masque de l'image quaternaire. On isole ainsi la seule section anatomique (fig. 4).

Fig. 4
 Isolement de la section anatomique par critère de forme



2 - Détermination d'un site vertébral et de marqueurs vertébraux

En nous appuyant sur des raisons de constances anatomiques, nous déterminons un site vertébral par des critères géométriques (fig. 5) : $5/9$ de la hauteur, $2/5$ de la largeur en se positionnant aux $3/10$.

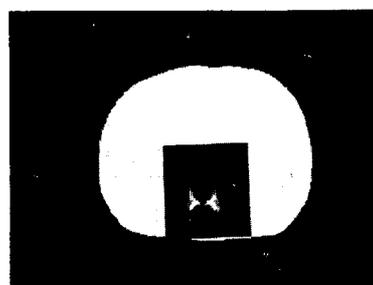
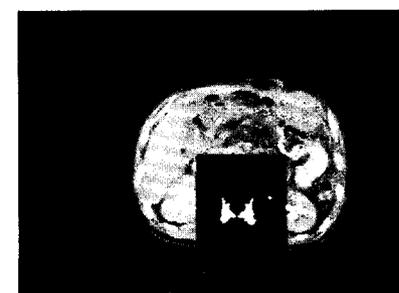


Fig. 5
 Site vertébral

Parallèlement nous restreignons à cette même fenêtre les masques des éléments de densité maximale (fig. 6) cette image binaire est alors composée de marqueurs correspondant à la vertèbre (massif apophysaire, pédicules, fragments de corticale...) mais aussi de structures parasites qui dépendent du plan de coupe et/ou de la présence éventuelle de produit de contraste.

Fig. 6
 Marqueurs vertébraux





DETECTION AUTOMATISEE DE DIFFERENTS ORGANES EN COUPES SCANNER
 AUTOMATED DETECTION OF DIFFERENT ORGANS ON X-RAY TOMOGRAPHS
 Françoise PRETEUX

A ce stade d'analyse, une alarme par soft se déclenche si l'ensemble des marqueurs est vide (vertèbre déjetée par exemple).

3 - Traitement des marqueurs vertébraux

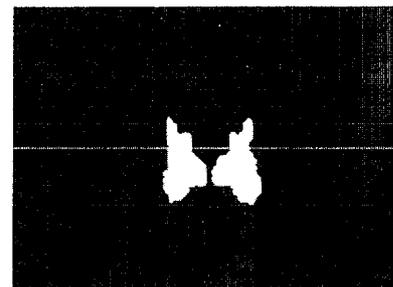
Sur l'image binaire composée des marqueurs vertébraux et de parasites (fig. 7), nous effectuons un filtrage mixte (6).



Fig. 7
Fenêtre des marqueurs vertébraux

Par érosion hexagonale sur les composantes simplement connexes combinée à une dilatation linéaire des composantes connexes extraites ce filtrage nous permet d'obtenir le marquage du massif apophysaire et du spongieux vertébral (fig. 8)

Fig. 8
marqueur traité par filtrage mixte



4 - Focalisation sur la vertèbre

Elle est obtenue en deux étapes à partir du site vertébral (fig. 9)

4a - Troncature du relief densitométrique à l'aide d'une ouverture hexagonale de taille 10

Préservant les densités élevées, elle isole bien la vertèbre mais celle-ci se trouve accompagnée de "parasites" bien visibles sur le masque binaire associé (fig. 10)



Fig. 9
Site vertébral

Fig. 10
Masque binaire de la troncature du relief tomodynamométrique



4b - Elimination des parasites

Nous déterminons un masque minimal préservant la vertèbre par un filtrage mixte suivi d'une reconstruction de particules à partir des marqueurs vertébraux prétraités. (fig. 11)

On aboutit ainsi dans 75 % des cas à réduire la fenêtre du site vertébral de 50 % et dans près de 66 % des cas, seul le masque vertébral y demeure. Toutefois pour des coupes thoraciques, la réduction de la fenêtre reste faible (10 à 20 %) car certaines masses musculaires de densités voisines de celles du spongieux vertébral subsistent.

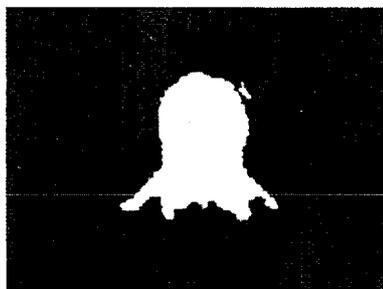


Fig. 11
Masque vertébral minimal

DETECTION AUTOMATISEE DE DIFFERENTS ORGANES EN COUPES SCANNER
AUTOMATED DETECTION OF DIFFERENT ORGANS ON X-RAY TOMOGRAPHS
Françoise PRETEUX

5 - Isolement du corps vertébral

Pour éliminer ces masses musculaires, nous détectons automatiquement par un algorithme de recherche de minima régionaux la cavité médullaire et nous ne retenons que la partie au-dessus de la ligne médiane de celle-ci (fig. 12)

L'image à traiter alors est de très faibles dimensions (30 x 30) et des procédures décimales plus sophistiquées peuvent lui être appliquées sans trop grever le temps calcul.

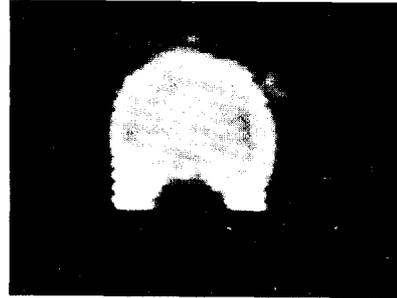


Fig. 12
Troncature par le centre de la cavité médullaire

Après élimination du bruit par un filtrage par ouverture-fermeture, les contours de l'objet sont détectés par un algorithme de gradient (fig. 13)

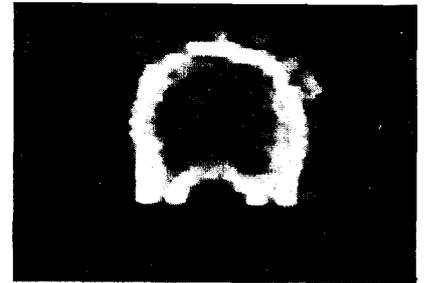


Fig. 13
extraction des contours par gradient

Puis on effectue une squelettisation numérique jusqu'à convergence de la procédure. Cette transformation extrait les lignes de crêtes qui délimitent alors des plateaux uniformes de faibles densités (fig. 14)

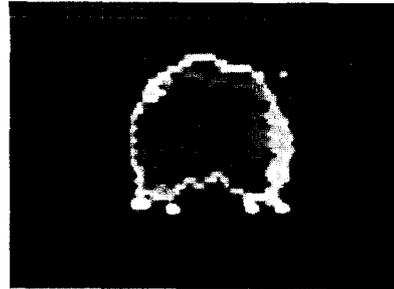


Fig. 14
squelette ébarbié décimal

Par un algorithme de rehaussement de contraste, on isole alors la corticale et donc le seul corps vertébral (fig. 15)



Fig. 15
Isolement du corps vertébral



DETECTION AUTOMATISEE DE DIFFERENTS ORGANES EN COUPES SCANNER
AUTOMATED DETECTION OF DIFFERENT ORGANS ON X-RAY TOMOGRAPHS

Françoise PRETEUX

Discussion

La première question qui se pose au sujet de l'extraction automatique d'une image d'organe est de savoir quel est le degré de robustesse de la méthode employée.

Dans le cas des vertèbres, eu égard à la diversité morphologique de celles-ci suivant les hauteurs anatomiques de coupes (thoraciques, abdominales) et suivant le plan de section de la vertèbre elle-même, notons que le contour du corps vertébral a été rigoureusement extrait dans 95 % des images traitées. Les 5 % de contours imparfaits se rencontrent dans les disques vertébraux.

Toutefois, comme l'extraction automatique de l'image vertébrale n'est que le prélude à la détection des lymphomes, celle-ci reste encore possible dans 3 % des cas. Il n'y a donc que 2 % des cas où l'extraction automatique se solde par un échec. Ce pourcentage devient tout à fait négligeable si l'on considère que, pour chaque patient, un examen scanographique comporte une vingtaine de coupes. On peut donc conclure à une très bonne robustesse de la méthode proposée.

La deuxième question que nous devons examiner est relative à la rapidité d'obtention des images du corps vertébral.

Pour rendre ces extractions aussi performantes que possibles, nous avons procédé par réductions successives de la fenêtre d'étude, passant de l'image scanographique à la coupe anatomique, puis au site vertébral, à la vertèbre, et enfin au seul corps vertébral. A mesure que nous réduisons la surface à traiter nous avons pu mettre en oeuvre des procédures de plus en plus sophistiquées sans augmenter notablement le temps machine.

Comme celui-ci dépend également des performances du matériel utilisé, on peut estimer qu'avec un processeur à teintes de gris, l'extraction du corps vertébral pourra être réalisée en moins d'une minute.

L'originalité de notre méthode réside également dans l'application des transformations morphologiques tantôt directement sur les images à teintes de gris, tantôt après binarisation de celles-ci mais en préservant toujours l'information contenue initialement dans la partie utile de l'image.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - M. LAVAL-JEANTER, L. PAXTON, J. FRIJA, F. PRETEUX : Observer variation at bone lesion detection in thoraco-abdominal visceral C.T. images, *Europ J. Radiol.* 1984 (in press)
- 2- B. LAY et Ch. LANTUEJOL : "Morpholog : un logiciel de morphologie sur le VAX. Rapport interne du Centre de Morphologie Mathématique, Fontainebleau, France, 1982.
- 3 - G. MATHERON : *Random Sets and Integral Geometry.* Wiley, New-York, 1975.
- 4 - J. SERRA : *Image Analysis and Mathematical Morphology.* Academic Press, London, 1982.
- 5 - J. SERRA : Méthodes syntaxiques en Morphologie Mathématique, Colloque Image GRETSI-CESTA, 1984, 10 p.
- 6 - J. SERRA : Quelques semi-groupes de filtrages morphologiques, rap. int. Ecole des Mines de Paris, Avril 1983, 30 p.