



COMPRESSION NUMERIQUE DES IMAGES ASTRONOMIQUES
A L'AIDE DE TRANSFORMATIONS MORPHOLOGIQUES

Huang Li et Bijaoui Albert

Obsevatoire de Nice, B.P. 139 F06003 Nice Cedex, France

RESUME

Nous présentons dans cet article une méthode de compression numérique des images astronomiques à l'aide de transformations morphologiques. Cette méthode est bien adaptée à la texture de ces images. Nous montrons que l'efficacité de cette méthode pour une telle image est près de 1.5 fois celle du codage des contours. Actuellement, nous poursuivons dans cette direction en examinant les transformations morphologiques à trois dimensions, la troisième dimension étant fournie par l'intensité de pixel.

SUMMARY

In this paper, we present a compression method of astronomical images by morphological transformations. This method is very well adapted to their textures. The compression ratio is about 1.5 times the one of contour coding method. To go further in this direction, these morphological transformations may be applied to tridimensional images, the third dimension being the intensity of pixel.



1. Introduction

Malgré les progrès continus des capacités de stockage et de transmission des informations, le besoin de compresser numériquement les images devient de plus en plus aigu en astronomie, ceci afin:

— de pouvoir transmettre le plus rapidement possible des images, ce qui est d'autant plus nécessaire que les observations à distance sont appelées à se développer.

— de traiter d'images ou de réaliser des simulations numériques 2D ou 3D sur les ordinateurs les plus puissants.

— d'archiver les grandes images astronomiques, dont la taille atteint 30000×30000 pixels sur au moins 12 bits.

C'est principalement pour résoudre ces problèmes que nous devons développer de nouvelles méthodes efficaces de compression.

Les grandes images astronomiques ont une texture particulière, caractérisée par l'existence d'un ensemble d'objets quasi-ponctuels sur un fond lentement variable. Le nombre d'objets varie entre 10^5 et 10^6 , selon l'instrument et le temps d'exposition.

Pour appliquer les méthodes de réduction à l'image astronomique, nous commençons par déterminer une carte du fond de ciel, en utilisant la répartition locale des intensités. L'algorithme tient compte d'une part du fond et du bruit sous la forme d'une distribution gaussienne et d'autre part, des objets dont la contribution est modélisée par une loi de Laplace. Après soustraction de cette carte du fond et un lissage permettant de réduire le bruit sans trop affecter l'information reçue, on détermine un seuil de détection à partir de la distribution des intensités résiduelles[3].

L'image ainsi seuillée est constituée d'une image des objets avec ses intensités sur un fond égal à zéro.

Parmi les méthodes classiques de compression, nous avons celles faisant appel à la théorie de traitement numérique des signaux basées sur la corrélation entre pixels voisins. Les intensités de pixels adjacents d'une image ont des valeurs très voisines. Mais ce n'est pas le cas en astronomie, parce que une image astronomique seuillée a des objets séparés sur un fond

égal à zéro. La différence d'intensité entre des pixels voisins peut être très grande (surtout dans la frontière d'objet). L'autre voie pour compresser l'image est la méthode du contour. Nous devons d'abord détecter les contours et coder ensuite chacun de leurs points par un code (code de Freeman etc.). L'extraction des contours et la restitution des objets originaux à partir de leurs points des contours sont des problèmes complexes. Nous ne pouvons donc utiliser cette approche dans le cas de transmission en temps réel.

2. Méthode de Compression à L'aide des Transformations Morphologiques

Une image est considérée comme un ensemble en morphologie mathématique qui utilise la théorie d'ensemble. Par l'interaction de deux ensembles nous pouvons réaliser la transformation d'un ensemble. Cette opération a tendance à simplifier les données d'une image, tout en préservant les caractères essentiels d'une forme. L'érosion et la dilatation sont les deux transformations morphologiques[1].

L'érosion d'un ensemble A par un élément structurant B est suivante:

Pour chaque point a, on pose la question suivante: est-ce que B_a est complètement inclus dans A? L'ensemble des positions {a} correspondant à une réponse positive forme un ensemble $A \ominus B$ appelé érodé de A par B. Cet ensemble satisfait à l'équation:

$$A \ominus B = \{a : B_a \in A\}$$

Par exemple:

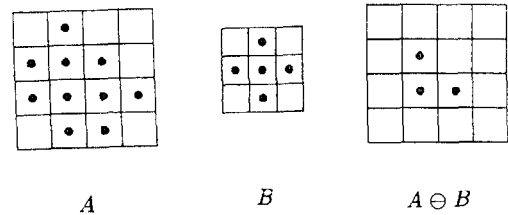


Figure 1. L'érosion de A par B

La dilatation se définit d'une manière analogue. En prenant le même élément structurant B, on pose, pour chaque point de A, la question: B_a touche-t-il l'ensemble A, c'est-à-dire:

$$B_a \cap A \neq \emptyset$$

L'ensemble $A \oplus B$ satisfait à l'équation:

$$A \oplus B = \{a : B_a \cap A \neq \emptyset\}$$

Par exemple:

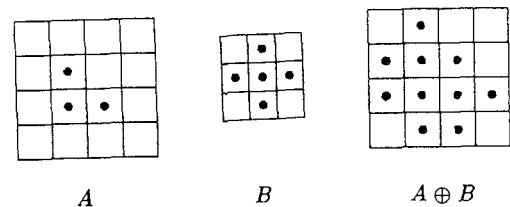


Figure 2. La dilatation de A par B

Les exemples au-dessus montrent que l'érosion peut éliminer les points d'un ensemble. Si nous itérons cette opération, nous pouvons obtenir un nouvel ensemble qui a moins de points que l'ensemble original.

Par exemple:

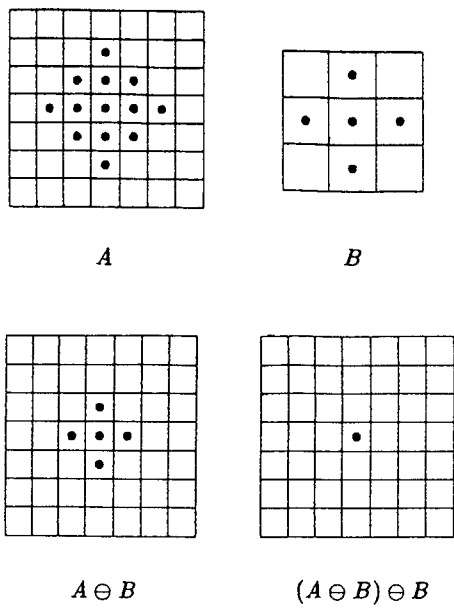


Figure 3. L'érosion itérative de A par B

Après avoir érodé A deux fois par B, nous avons seulement un point, très facile à coder. La position de ce point avec la valeur de son étape d'érosion permet restituer la forme originale sans aucune dégradation.

Ceci est à base de la méthode de compression par transformations morphologiques. Mais en pratique, l'objet n'est pas souvent identique à la figure 3. Il est plus complexe.

Par exemple:

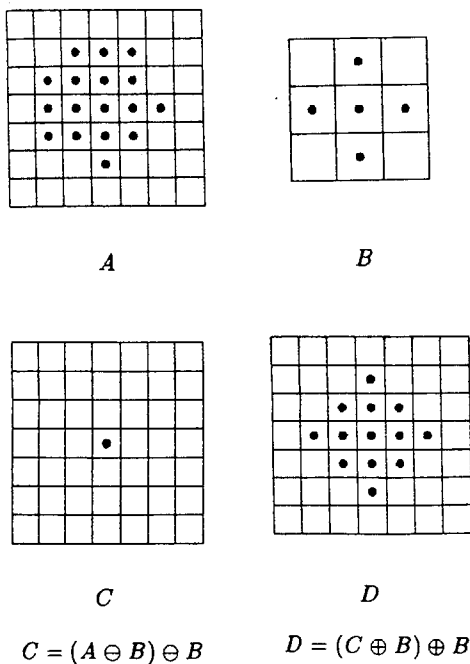


Figure 4. La non-extensibilité de $(A \ominus B) \oplus B$

Il y a une différence entre l'objet original A et l'objet restitué D. Ceci est causé par la non-extensibilité de $(A \ominus B) \oplus B$. Nous devons donc préserver les points qui ne peuvent pas être restitués par la dilatation suivante et les valeurs d'étapes d'érosion.

Par exemple:

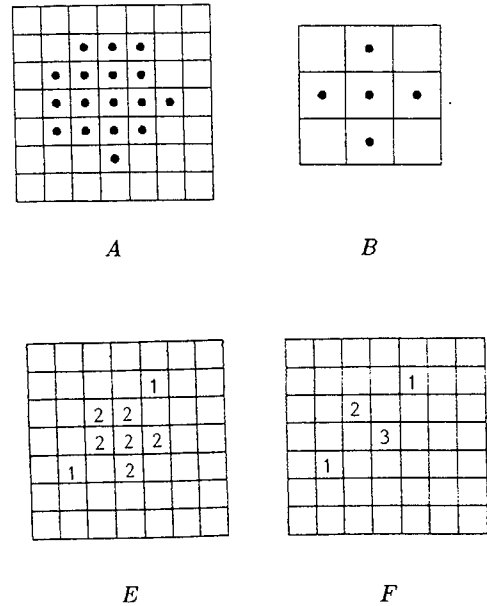


Figure 5. L'image comprimé

L'image F a toute l'information nécessaire pour restituer l'image originale A. Elle a beaucoup moins de redondance que A, et a d'ailleurs moins de points que les points du contour.

3. Une Application en Astronomie

L'image astronomique seuillée est une image binaire avec l'ensemble des intensités des pixels détectés. Pour cette image binaire, nous pouvons appliquer la méthode de compression par transformations morphologiques, i.e. en utilisant une suite de transformation morphologique érosion et dilatation. On procède par itération en identifiant après une érosion suivie d'une dilatation les pixels éliminés par cette double opération. Les points restants peuvent être traités comme des germes. L'ensemble des germes à toutes les étapes forme les squelettes des domaines binaires[4]. Le stockage de l'image se réduit à noter la position des germes à chaque itération. Une seule carte binaire contient cette information avec un tableau des étapes de formation de chaque germe. Cette carte binaire est elle-même stockée sous la forme d'une suite de 4-bits, provenant d'une décomposition hiérarchique du type quadtree[2].

L'image astronomique seuillée que nous utilisons est de 1024×1024 pixels.

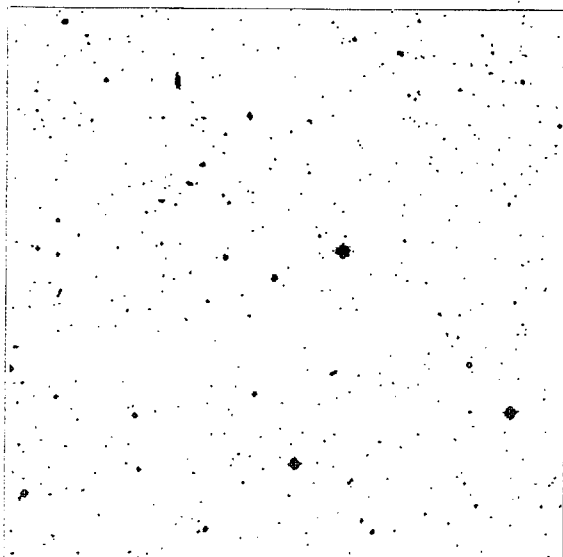


Figure 6. L'image astronomique seuillée

Les résultats sont les suivants:

1/ Le nombre des points de l'image seuillée est: 8275

2/ Le nombre des points de l'image de germe est: 1448

Le nombre des bits total pour coder (2) est: 2316

3/ Le nombre des 4-bits codes est: 3943

Le nombre des bits total pour coder (3) est: 15772

Le taux de compression:

$$R_c = \frac{1024 \times 1024}{2316 + 15772} = 58$$

Nous pouvons comparer ces résultats avec la méthode du contour:

Le nombre des points de départ: 547

Le nombre des points des contours: 3636

Le longueur maximum des contours: 95

Le taux de compression:

$$R_c = \frac{1024 \times 1024}{547 \times (20+7) + 3636 \times 3} = 40$$

L'efficacité de la compression dans ce cas est près de 1,5 fois celle du codage des contours de l'image seuillée.

4. Conclusion

Nous avons appliqué la méthode de compression par transformations morphologiques à des images astronomiques. Cette méthode est bien adaptée à la texture de ces images et les résultats sont intéressants. Actuellement, nous poursuivons dans cette direction en examinant les transformations morphologiques à trois dimensions, la troisième dimension étant fournie par l'intensité de pixel.

5. Références

- [1] Serra J., *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Ed. Academic Press, 1982.

- [2] Huang L. and Bijaoui A., "Image Data Compression Without Distortion," *Proc. Signal Processing IV: Theories and Applications*, pp. 83-84: Sep, 1988.
- [3] Bijaoui A. et al. "The CDCA Package: Past, Present and Future," in: V. Digesu et al. ed., *Data Analysis in Astronomy*, pp. 223-225: 1972.
- [4] Maragos P.A., Schafer R.W., "Morphological Skeleton Representation and Coding of Binary Images", *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vol. ASSP-34, pp.1228, 1986